

Збірник тез доповідей
II-ї Міжнародної науково-технічної конференції
«Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2021»

Abstracts of papers presented at
II-th International scientific and technical conference
“Prospects for the development of mechanical engineering and
transport – 2021”

**II-ї Міжнародна науково-технічна конференція «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2021» присвячена 80-річчю від дня народження доктора технічних наук, професора, Заслуженого діяча науки та техніки України
В. А. Огороднікова**

II-th International scientific and technical conference «Prospects for the development of mechanical engineering and transport – 2021» dedicated to the 80th anniversary of birth Dr. Sc. (Eng.), Prof. Vitalii A. Ohorodnikov



**ВІТАЛІЙ АНТОНОВИЧ ОГОРОДНІКОВ
(VITALII A. OHORODNIKOV)
(29.05.1941 – 09.11.2020)**

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Дунайський університет Кремс
Донбаська державна машинобудівна академія
Західночеський університет
Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України
Люблінський технічний університет
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
Національний університет «Львівська політехніка»
Національний Центр зі співробітництва з ЄС у сфері науки та технологій
Політехнічний університет Мадриду
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України
Яський технічний університет

**Збірник тез доповідей
II-ї Міжнародної науково-технічної конференції
“Перспективи розвитку машинобудування
та транспорту – 2021”**

13 – 15 травня 2021 р.

**Abstracts of papers presented at
II-th International scientific and technical conference
«Prospects for the development of mechanical engineering
and transport – 2021»**

13 – 15 May 2021

Вінниця – 2021 – Vinnytsia

УДК 004+378+537+615+621+629

3-41

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 43/21 від 31 травня 2021 року)

Редакційна колегія:

В. Біліченко, Р. Іскович-Лотоцький, Ю. Булига, О. Грушко,
Л. Козлов, С. Павлов, А. Поляков, В. Савуляк,

За загальною редакцією Леоніда Поліщука

Збірник тез доповідей II-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2021»: Збірник тез [Електронний ресурс]. – Вінниця: ВНТУ. – 2021. – 536 с.

ISBN 978-966-641-864-0 (PDF)

В тезах доповідей представлені сучасні наукові, технічні та інженерні досягнення провідних вчених України і зарубіжних країн в напрямку розвитку динаміки та міцності машин і споруд, теоретичних та прикладних задач обробки металів тиском і автотехнічних експертиз, галузі штучних імплантів в механічній біоінженерії та підготовки фахівців в концепції реалізації проекту bioart, транспортних системах і технологіях, довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій, використання вібрацій в техніці та технологіях, технології та системах автоматизації машинобудування, інноваційних технологій в галузі підготовки фахівців технічних спеціальностей.

Для наукових працівників, аспірантів, викладачів вищих навчальних закладів, інженерів та студентів.

УДК 004+378+537+615+621+629

ISBN 978-966-641-864-0 (PDF)

© Вінницький національний технічний університет, укладання, 2021

ЗМІСТ

ПЛЕНАРНІ ДОПОВІДІ

- 1. Олександр Грушко** (д.т.н., професор, зав. кафедри опору матеріалів та прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця) **«ЕНЕРГІЯ-ДЕФОРМАЦІЇ-РУЙНУВАННЯ». ДО 80-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ В. А. ОГОРОДНІКОВА»** 1
- 2. Анатолій Зінковський** (доктор технічних наук, професор, заступник директора Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України з наукової роботи), **Валентин Матвеев** (академік НАН України, головний науковий співробітник Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України) **НАУКОВІ ЗАСАДИ МЕТОДІВ ВІБРОДІАГНОСТИКИ ЛОКАЛЬНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ПОШКОДЖЕНЬ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН**..... 5
- 3. Іван Назаренко** (д.т.н., професор, завідувач кафедри машин і обладнання технологічних процесів Київського національного університету будівництва і архітектури) **РОЗВИТОК ТЕОРІЇ ВІБРАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН І ПРОЦЕСІВ БУДІНДУСТРІЇ** 8
- 4. Юрій Сенюк** (академік УАН України, голова правління Міжнародного індустріального парку та асоціації ділового партнерства «Київ-Пекін», старший радник Всекитайської асоціації заводського інжинірингу та консалтингу, національний координатор Мережі громадського здоров'я України стосовно системи громадського здоров'я) **BIOECONOMICS OF HEALTH AS A GLOBAL INNOVATION CHALLENGE AND THE MAIN TREND OF INSTITUTIONAL TRANSFORMATION OF THE POST-PANDEMIC ECONOMY** 10
- 5. Володимир Михалевич** (доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри вищої математики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця), **Віктор Матвійчук** (доктор технічних наук, професор, декан інженерно-технологічного факультету, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця). **РОЛЬ, МІСЦЕ ТА ІСТОРИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЯ В. ОГОРОДНІКОВА В СТАНОВЛЕННІ ТЕОРІЇ ДЕФОРМОВНОСТІ**..... 17
- 6. Віктор Біліченко** (доктор технічних наук, професор, ректор Вінницького національного технічного університету), **Сергій Цимбал** (кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент» Вінницького національного технічного університету) **РОЗВИТОК СИСТЕМИ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ**..... 20

Секція 1. ПРОБЛЕМИ ДИНАМІКИ ТА МІЦНОСТІ МАШИН І СПОРУД

- 1. Богдан Сокіл** (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна), **Андрій Сенік, Марія Сокіл, Андрій Андрухів** (Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна). **МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ КОЛИВАНЬ ПРУЖНИХ ТІЛ** 23
- 2. Андрій Андрухів**, (Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна) **Надія Гузик, Богдан Сокіл** (Національна академія сухопутних військ, Львів, Україна), **Марія Сокіл** (Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна). **ПРО ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЗАХИЩЕНОСТІ СПЕЦІАЛЬНИХ СПОРУД ВІД УДАРНИХ ДІЙ** 25

3. <i>Геннадій Філімоніхін, Юлія Білик, Любов Олійніченко</i> (Центральноукраїнського національного технічного університету, Кропивницький Україна) СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВИЧАЙНОЇ І АЕРОДИНАМІЧНОЇ НЕЗРІВНОВАЖЕНОСТЕЙ ПОВІТРЯНОГО ГВИНТА	27
4. <i>Леонід Поліщук, Владислав Луцик, Олег Піонткевич, Денис Продан</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна) ГІДРОСИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ ШВИДКОСТІ КОНВЕЄРА З АДАПТИВНИМ ПРИВОДОМ	29
5. <i>Володимир Шатохін, Борис Гранько</i> (Харківський національний університет будівництва і архітектури, м. Харків, Україна). <i>Євген Яковлев, Зоя Гончарова</i> (Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна) ДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ В НЕГОЛОНОМНІЙ МОДЕЛІ КУЛЬОВОГО МЛИНА	31
6. <i>Володимир Гурей, Ігор Кузьо</i> (Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна). МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ФРИКЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ	33
7. <i>Ігор Паламарчук</i> (Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна), <i>Валентина Верхоланцева</i> (Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, Україна). ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВІБРОХВИЛЬОВОЇ ФЛОДИЗАЦІЙНОЇ МАШИНИ	35
8. <i>Володимир Шатохін, Володимир Соболев</i> (Харківський національний університет будівництва і архітектури, м. Харків, Україна). <i>Євген Яковлев, Зоя Гончарова</i> (Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна). МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ПЕРИСТАЛЬТИЧНОМУ НАСОСІ ДЛЯ БІНГАМОВСЬКОЇ РІДИНИ	38
9. <i>Лідія Дзюба</i> (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності м. Львів, Україна), <i>Ігор Березнюк, Марія Пилипчук</i> (Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна), <i>Оксана Чмир</i> (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності м. Львів, Україна). ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ СИЛИ НАТЯГУ СТРИЧКОВОЇ ПИЛКИ	40
10. <i>Георгій Слинько, Олександр Стаднік</i> (Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна). ВПЛИВ ТЕРТЯ НА КОНТАКТНУ ВИТРИВАЛІСТЬ ВИСОКОНАВАНТАЖЕНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ГТД	43
11. <i>Ольга Ярошевич, Олександр Шовкомуд, Микола Ярошевич</i> (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна). ПОВІЛЬНІ КОЛИВАННЯ ІНЕРЦІЙНИХ ВІБРОБУДНІКІВ У ВІБРАЦІЙНИХ МАШИНАХ З КІЛЬКОМА СТУПЕНЯМИ ВІЛЬНОСТІ	45
12. <i>Володимир Кучерук</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ВИМІРЮВАННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ РОТОРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН В ДИНАМІЧНОМУ РЕЖИМІ	48
13. <i>Ірина Берник</i> (Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна). ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ СИСТЕМИ «КАВІТАТОР - ТЕХНОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ»	50
14. <i>Олександр Васілевський, Марина Коваль</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ НЕПЕВНОСТІ ВІБРОПЕРЕТВОРЮВАЧА	52
15. <i>Іван Коц, Олег Горюн</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ІМПУЛЬСНОГО НАСИЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ	54

16. Олександр Гаврюков (Донбаська національна академія будівництва і архітектури, Україна). ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СТРІЧКИ ТРУБЧАСТОГО КОНВЕЄРА	56
17. Олександр Гаврюков (Донбаська національна академія будівництва і архітектури, Україна). ДОСЛІДЖЕННЯ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ ЗІ ЗМІННОЮ ДОВЖИНОЮ ТРАНСПОРТУВАННЯ	58
18. Олександр Гаврюков (Донбаська національна академія будівництва і архітектури, Україна). ДОСЛІДЖЕННЯ СХОДУ СТРІЧКИ З БАРАБАНА, ЩО МАЄ КРИВОЛІНІЙНУ ТВІРНУ	60
19. Олег Піонткевич, Леонід Козлов, Ольга Сердюк, Сергій Котик (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ В ГІДРОПРИВОДІ СТРИЛИ З ВРІВНОВАЖУВАЛЬНИМ КЛАПАНОМ	62
20. Володимир Малащенко (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна), Володимир Семенюк (державний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна). ДИНАМІЧНІ ЯВИЩА В ПРИВОДАХ З КУЛЬКОВИМИ ОБГІННИМИ МУФТАМИ	64
21. Євген Харченко, Володимир Віра (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). РОЗРАХУНОК НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ БУРОВИХ УСТАНОВОК	68

Секція 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ЗАДАЧІ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ І АВТОТЕХНІЧНИХ ЕКСПЕРТИЗ

1. Інна Кириця (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ВПЛИВ ОБ'ЄМНОСТІ СХЕМИ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ НА ОЦІНКУ ВИКОРИСТАНОГО РЕСУРСУ ПЛАСТИЧНОСТІ ПРИ ХОЛОДНОМУ ПЛАСТИЧНОМУ ДЕФОРМУВАННІ	70
2. Ян Бейгельзімер (Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О.Галкіна НАН України, м.Київ, Україна), Роман Кулагін (Інститут нанотехнологій, Технологічний інститут Карлсруе, м.Карлсруе, Німеччина), Юрій Естріп (Університет Західної Австралії, Перт, Австралія), Олександр Давиденко, Вікторія Дмитренко (Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О.Галкіна НАН України, м.Київ, Україна). МЕХАНІЧНЕ ЗМІШУВАННЯ МЕТАЛІВ ПРИ КРУЧЕННІ ПІД ВИСОКИМ ТИСКОМ	73
3. Руслан Пузырь (Коледж Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна), Роман Арзат, Черненко Сергій, Андрій Черниш, Роман Гайков (Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна) Сира Юлія (Коледж Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна), Віктор Агарков (Науково-виробниче об'єднання Держстандартметрологія, м. Харків, Україна). УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОЗДАЧІ КІНЦІВ ПОРОЖНИСТИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ	76
4. Віталій Чухліб, Олександр Дуванський (НТУ «ХПІ», м. Харків, Україна), Nikolay Viba (Temple Court, 107 Oxford Road, Oxford, OX4 2ER, U.K.). МОДЕЛЮВАННЯ КУВАННЯ ЦИЛІНДРА З НАСКРІЗНИМ ОТВОРОМ	79

5. <i>Віталій Чухліб, Володимир Палієнко</i> (НТУ “ХПІ”, м. Харків, <i>Україна</i>), <i>Nikolay Viba</i> (Temple Court, 107 Oxford Road, Oxford, OX4 2ER, U.K.). ФОРМУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО УСТУПУ ПУСТОТЛИХ ПОКОВОК ЄМНОСТЕЙ ВИСОКОГО ТИСКУ	81
6. <i>Миронова Тетяна, Ашкелянець Антон</i> (Національна металургійна академія України, Дніпро, <i>Україна</i>). ВИКОРИСТАННЯ ЕФЕКТУ ДАКТИЛОВАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ КОМПОЗИЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ В БЛИХ ЧАВУНАХ ПРИ ОБРОБЦІ ТИСКОМ	83
7. <i>Играмотдин Алиев</i> (Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, <i>Україна</i>), <i>Левченко Владимир</i> (Институт радиофизики та електроніки ім. О.Я. Усикова Національної академії наук України, Харків, <i>Україна</i>), <i>Лейла Алієва, Дмитро Картамишев</i> , (Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, <i>Україна</i>). ВІПЛИВ ГЕОМЕТРІЇ ТРИКУТНОГО КІНАМАТИЧНОГО МОДУЛЯ З КРИВОЛІНІЙНОЮ СТОРОНОЮ НА ПИТОМИЙ ТИСК	86
8. <i>Анна Бень</i> Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, <i>Україна</i>), ОСОБЛИВОСТІ ФОРМОУТВОРЕННЯ БІМЕТАЛЕВИХ ЗАГОТОВОК МЕТОДАМИ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ	88
9. <i>Владислав Глазко, Володимир Кухар</i> (Приазовський державний технічний університет, г. Мариуполь, <i>Україна</i>). ДВОРІВНЕВІ ЕЛАСТОМІРНІ КОМПЕНСАТОРИ СИСТЕМИ «ПРЕС-ШТАМП»	90
10. <i>Андрій Губанов</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, <i>Україна</i>), ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КРИТЕРІЙНОШУВАННЯ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН	92
11. <i>Антон Матюхін</i> Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, <i>Україна</i>), ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ КУВАННЯ ПОКОВОК ВИСОКОЛЕГОВАНИХ МАРОК СТАЛЕЙ НА ГІДРАВЛІЧНИХ ПРЕСАХ	94
12. <i>Ірина Деревенко</i> (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, <i>Україна</i>). ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНО-ДОПУСТИМОГО ДІАМЕТРА ФЛАНЦЯ ПРИ РАДІАЛЬНОМУ ВИДАВЛЮВАННІ	96
13. <i>Мозговий Олександр</i> (Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Вінниця, <i>Україна</i>). ВИКОРИСТАННЯ ОБЕРНЕНИХ ЗАДАЧ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ РОЗСПОНАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	98
14. <i>Валерій Чигиринський</i> (Рудненський індустріальний інститут, м. Рудний, <i>Україна</i>), <i>Елена Науменко</i> (Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», г. Днепр, <i>Україна</i>), НОВІ ПІДХОДИ К ДОСЛІДЖЕННЮ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ АВТОМОБІЛЯ	100
15. <i>Віктор Матвійчук</i> (Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, <i>Україна</i>), <i>Володимир Михалевич</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, <i>Україна</i>), <i>Микола Колісник</i> (Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, <i>Україна</i>). ОЦІНКА ДЕФОРМОВНОСТІ МАТЕРІАЛУ ЗАГОТОВОК ПРИ ПРЯМОМУ І ЗВОРОТНОМУ ВИТИСКУВАННІ МЕТОДОМ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ	102
16. <i>Ігор Шепеленко, Юрій Пеханов, Яків Немировський, Володимир Мірзак, Василь Гуцул</i> (Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, <i>Україна</i>). ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАСТИЧНОСТІ ЧАВУНУВ УМОВАХ ВСЕБІЧНОГО СТИСКАННЯ	106

17. <i>Алієва Лейла</i> (Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина), <i>Левченко Владимир</i> (Институт радіофізики та електроніки ім. О.Я. Ускова Національної академії наук України, Харків, Украина), <i>Дмитро Картамишев, Марія Корденко</i> (Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина). МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КОМБІНОВАНОГО ПРЯМОГО ВИДАВЛЮВАННЯ З РОЗДАЧЕЮ МЕТОДОМ ВЕРХНЬОЇ ОЦІНКИ	108
18. <i>Играмотдин Алиев, Дмитро Картамишев, Христина Малій, Любов Таган</i> (Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина). КОМБІНОВАНЕ ВИДАВЛЮВАННЯ ПОРОЖНИСТИХ ДЕТАЛЕЙ З ФЛАНЦЕМ	110
19. <i>Играмотдин Алиев, Олег Чучин, Иван Савчинський, Анна Моїсеєва</i> (Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск, Украина). ФОРМОУТВОРЕННЯ ПОРОЖНИСТИХ ДЕТАЛЕЙ ЗВОРотно-ПРЯМИМ (З РОЗДАЧЕЮ) ВИДАВЛЮВАННЯМ	112
20. <i>Роман Сивак, Залізняк Роман</i> (Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна). АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРИ РЕВЕРСИВНИХ СПОСОБАХ ПЛАСТИЧНОГО ФОРМОЗМІНЕННЯ	114
21. <i>Роман Сивак, Володимир Рекечинський</i> (Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна). СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ ФОРМИ ПОПЕРЕДНЬО ДЕФОРМОВАНОЇ ЛИСТОВОЇ ЗАГОТОВКИ	116
22. <i>Тетяна Архіпова</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). КРИТЕРІЇ ДЕФОРМОВНОСТІ ТА ЯКІСТЬ ВИРОБІВ, ОТРИМАНИХ ОБРОБКОЮ ТИСКОМ	118
23. <i>Тетяна Архіпова</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна), <i>Олексій Архіпов, Анна Архіпова</i> (ТОВ Сармат, м. Вінниця, Україна). КОНСТРУКТИВНА МІЦНІСТЬ СПОРУД ДЛЯ КРУГОВОГО ОГЛЯДУ	122
24. <i>Микола Колісник, Андрій Штуць</i> , (Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна). РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ШИРОКИХ ФЛАНЦІВ НА ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВКАХ МЕТОДОМ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ	124
25. <i>Сергій Шейкін, Сергій Студенець</i> (ІНМ НАН України, м. Київ, Україна), <i>В'ячеслав Дьомін</i> (ТОВ «Тітан-Мед», м. Київ, Україна). ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕСУРСУ ТА ЯКОСТІ КОМПОНЕНТІВ МЕДИЧНИХ ПАР ТЕРТЯ ЗІ СПЛАВУ ВТ6, ОТРИМАНИХ 3-D ДРУКОМ	127
26. <i>Володимир Панов, Олег Марков, Юлія Іванова, Станіслав Степура</i> (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна). ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗКОЧУВАННЯ СТУПІНЧАСТИХ КОНУСНИХ КІЛЕЦЬ	129
27. <i>Віталій Широкобоков, Василь Обдул</i> (Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна). НЕТРАДИЦІЙНИЙ ПРИВОД ВИТЯЖНОГО ПОВЗУНА КРИВОШИПНИХ ПРЕСІВ ДЛЯ ГЛИБОКОГО ВИТЯГУВАННЯ	131
28. <i>Анастасія Ленюк, Василь Обдул</i> (Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна). ВИПРОБУВАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТРУБНОЇ ЗАГОТОВКИ В ПРОЦЕСІ ФОРМОУТВОРЕННЯ КРУТОЗАГНУТИХ ВІДВОДІВ	133
29. <i>Пейман Абхарі, Христина Малій, Любов Таган, Юрій Панібратченко</i> (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна). ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ВИДАВЛЮВАННЯ ПОРОЖНИСТИХ ДЕТАЛЕЙ	135

30. Віталій Широкобоков, Василь Обдул, Андрій Іванов, Антон Матюхін (Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна). ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОКАТУВАННЯ ВІДЛИВКІВ НА ОБТИСКУВАЛЬНИХ СТАНАХ	137
31. Віталій Широкобоков, Володимир Плєскач (Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна). ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ВЛАСТИВОСТІ ВИРОБІВ З ВТ1	139
32. Марина Ядвіжана, Сергій Сухоруков (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ ЗАГОТОВКИ ПРИ ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВІЙ ПРОКАТЦІ	141
33. Олександр Грушко, Михайло Побережний (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СПАДКОВОСТІ В ПРОЦЕСАХ ГНУТТЯ	143
34. Vyacheslav Titov, Natalia Zlochevska, Olga Kholyavik (National technical university of Ukraine “Kyiv polytechnical institute”, c. Kyiv, Ukraine). IMPLEMENTATION PROCESSES OF PLASTIC FORMING PRODUCTS OF EUTECTIC COMPOSITE MATERIALS OF THE SYSTEM Ti-TiB₂	146
35. Олександр Грушко, Олександр Гуцалюк (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). КАРТА МАТЕРІАЛУ W-Ni-Fe ЯК ОСНОВА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ РЕОЛОГІЧНО ПОДІБНИХ МАТЕРІАЛІВ	148
36. Тетяна Молодецька (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПРОБЛЕМ, ЩО ВИНИКАЮТЬ В ПРОЦЕСІ ХОЛОДНОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ЗАГОТОВОК КОРИТНОГО ПРОФІЛЮ	151
37. Віктор Перлов (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ДТП	153
38. Володимир Михалевич (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна), Віктор Матвійчук (Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна). РОЛЬ, МІСЦЕ ТА ІСТОРИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЯ В. ОГОРОДНІКОВА В СТАНОВЛЕННІ ТЕОРІЇ ДЕФОРМОВНОСТІ	157
39. Владислав Глазко, Володимир Кухар (ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна). ДВОРІВНЕВІ ЕЛАСТОМІРНІ КОМПЕНСАТОРИ СИСТЕМИ «ПРЕС-ШТАМП»	160

Секція 3. ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ ШТУЧНИХ ІМПЛАНТІВ В МЕХАНІЧНІЙ БІОІНЖЕНЕРІЇ ТА ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ В КОНЦЕПЦІЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ BIOART

1. Павло Сагайда, Максим Васильєв (Донбаська державна машинобудівна академія) ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКІВ МАТЕРІАЛІВ ШТУЧНИХ ІМПЛАНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ РОЗВІДНИЦЬКОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ	162
2. Олександр Лук'яненко, Вадим Шаломєєв (Національний університет «Запорізька політехніка») ПОКРАЩЕННЯ СРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ МАГНІСВИХ СПЛАВІВ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	165

3. Катерина Шевчук, Дмитро Гаврілов (Вінницький національний технічний університет) ВІМІРЮВАННЯ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ НА ОСНОВІ СИГНАЛІВ З ДАТЧИКІВ ТИСКУ	167
4. Олександр Переменко, Дмитро Гаврілов (Вінницький національний технічний університет) ЛІКУВАННЯ РАДІОЧАСТОТНИМИ ВИПРОМІНЮВАННЯМИ	170
5. Олена Сорочан, Олександр Шайко-Шайковський (ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича) ВПЛИВ МЕХАНІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ШТУЧНИХ ІМПЛАНТАТІВ ДЛЯ ФІКСАЦІЇ ДІЛЯНКИ ПЕРЕЛОМУ	173
6. Олександр Тарасов, Олександр Алтухов, Людмила Васильєва, Олександр Касьянюк (Донбаська державна машинобудівна академія) АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ ІМПЛАНТІВ З ЛИСТОВОГО ТИТАНУ ТА ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ	175
7. Олександр Тимошенко, Ольга Мусієнко, Куан Дик Фам, Єлізавета Сконечних (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського») ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ ДЛЯ 3D ДРУКУ ІМПЛАНТІВ.....	178
8. Олег Аврунін, Яна Носова, Ібрагим Абдельхамід (Харьковский национальный университет радиоэлектроники) ВОЗМОЖНОСТИ 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРИ КОМПЬЮТЕРНОМ ПЛАНИРОВАНИИ В ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЭСТЕТИЧЕСКОЙ РИНОХИРУРГИИ.....	180
9. Яна Носова, Максим Тимкович, Наталія Шушляпіна (Харківський національний університет радіоелектроніки, Харківський національний медичний університет) МОЖЛИВОСТІ ШВИДКОГО ПРОТОТИПУВАННЯ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ СТРУКТУР НОСОВОЇ ПОРОЖНИНИ	182
10. Yuriy SENIUK, Kateryna DYACHENKO (National Public Health Network of Ukraine) BIOECONOMIC PRIORITIES FOR INNOVATION TRANSFORMATION OF INDUSTRY AND EDUCATION	184
11. Вальдемар Вуйцик, Индира Шедреева (Люблинская Политехника, Тарасский региональный университет имени М.Х.Дулати,) ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ В БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	187
12. Сергій Павлов (Вінницький національний технічний університет) ШЛЯХИ І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВЗАЄМОДІЇ В ГАЛУЗІ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ВНЗ УКРАЇНИ ТА ЗАКОРДОННИХ УНІВЕРСИТЕТІВ.....	189
13. Іван Сілі, Олександр Азархов (Приазовський Державний Технічний Університет) ПІДТРИМКА ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В ЗАКЛАДАХ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я MICROCLIMATE PARAMETERS SUPPORT IN HEALTHCARE INSTITUTIONS.....	192
14. Інна Віштак, Вікторія Федотова (Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова, Вінницький національний технічний університет) ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНО СИНТЕЗОВАНИХ ІМПЛАНТІВ У МЕДИЦИНІ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ОПЕРАЦІЇ ОСТЕОСИНТЕЗУ.....	194
15. Юрій Безсмертний, Сергій Павлов, Віктор Шевчук, Галина Безсмертна (Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University, Vinnytsia National Technical University) AUTOMATED DIAGNOSIS OF PATHOLOGY OF THE HUMAN MUSCLE-MOTOR SYSTEM ON THE BASIS OF STATOGRAPHIC RESEARCH.....	196

16. Юрій Безмертний, Сергій Тимчик, Віктор Данилевич, Юрій Гумінський, Галина Безмертна (<i>Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University, Vinnitsia National Technical University 3Vinnitsa Pirogov National Medical University</i>) MODELING INDIVIDUAL PARAMETERS OF THE SUM IN SIZE OF THE INTERVERTEBRAL DISCS OF THE LUMBAR SPINE IN NORM IN GIRLS AND WOMEN	199
17. Вікторія Марфін, Інна Віштак (<i>Вінницький національний технічний університет</i>) ВИКОРИСТАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІМУНОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ	203
18. Леонід Коваль, Владислав Матеуш, Віктор Гомолінський (<i>Вінницький національний технічний університет</i>) ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D СКАНУВАННЯ ТА ДРУКУ ДЛЯ ПРОТЕЗУВАННЯ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК	206
19. Юрій Безмертний, Шевчук Шевчук, Галина Безмертна, Леонід Коваль, Джіанг Янкай (<i>Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University, Vinnitsia National Technical University</i>) PROSPECTS FOR BIODEGRADABLE IMPLANTS IN TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS	208
20. Катерина Шевчук, Сергій Тимчик (<i>Вінницький національний технічний університет</i>) НАНОТЕХНОЛОГІЇ В КОСМЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ	212
21. Waldemar Wójcik, Kenzhegali Shilibek, Gayni Karnakova (<i>Lubelska Politechnika, Poland, M.Kh. Dulaty Taraz Regional University</i>) APPLICATION OF BRAGGIAN SENSORS IN MECHANICS	214
22. Oleksandr Hrushko, David Luengo (<i>Vinnitsia National Technical University, Universidad Politécnica de Madrid, Spain</i>) IMPLEMENTATION OF THE INTERNATIONAL ERASMUS+ BIOART PROJECT AT VINNYTSIA NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY	216
23. Назар Панченко, Дмитро Гаврілов (<i>Вінницький національний технічний університет</i>) ТЕОРЕТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РАДІОЧАСТОТНОЇ АБЛЯЦІЇ	219
24. Set Jr Setson Panduleni, Dmytro Havrilov (<i>Vinnitsia National Technical University</i>) DESIGN AND IMPLEMENTATION OF PORTABLE MULTI PARAMETER LIFE MONITOR	222
25. Анна Поплавська, Валентина Василенко, Сергій Павлов, Олександр Анатолійович Поплавський (<i>Лісабонський Університет NOVA, Вінницький Національний технічний університет, Київський національний університет будівництва та архітектури</i>) ВИКОРИСТАННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ БІОМЕДИЧНИХ ІМПЛАНТІВ	224

Секція 4. ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ І ТЕХНОЛОГІЇ

1. Людмила Тарандушка, Наталія Костьян, Максим (<i>Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна</i>). ОПТИМІЗАЦІЯ РУХУ ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА ПРИКЛАДІ М. ЧЕРКАСИ	226
2. Віктор Аулін, Дмитро Голуб, Артем Замуренко (<i>Центральноукраїнський національний технічний університет м. Кропивницький, Україна</i>). АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ РІВНІВ ЯКОСТІ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ	228

3. <i>Дмитро Позгорлецький, Ігор Грицук</i> (Херсонська державна морська академія, м. Херсон, Україна), <i>Василь Матейчик, Роман Симоненко</i> (Національний транспортний університет, м. Київ, Україна). РОЗРОБКА МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ОБЛАДНАНИХ СИСТЕМОЮ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ	230
4. <i>Михайло Подрозало, Станіслав Горелишев, Дмитро Баулін, В'ячеслав Гармаш, Андрій Побережний</i> (Національна академія Національної гвардії України, м. Харків, Україна). ПОЛІПШЕННЯ ПОВЕРТАННЯ ЧОТИРИВІСНИХ АВТОМОБІЛІВ ЗАСТОСУВАННЯМ ДВОХ ПЕРЕДНІХ ПОВОРОТНИХ МОСТІВ	233
5. <i>Станіслав Войтків</i> (Науково-технічний центр «Автополіпром», м. Львів, Україна). ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАНТАЖНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ КАТЕГОРІЙ L7 ТА N1 НА ЕТАПІ ФОРМУВАННЯ ЕСКІЗНИХ ПРОПОЗИЦІЙ	236
6. <i>Сергій Черненко, Едуард Клімов, Руслан Пузир, Віталій Зайцев</i> (Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна). ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ КЕРОВАНИХ КОЛІС АВТОМОБІЛЯ ЗАСОБАМИ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	238
7. <i>Михайло Кристончук</i> (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна). ДОСЛІДЖЕННЯ КООРДИНОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ	240
8. <i>Ігор Шльончак, Анатолій Солтус</i> (Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна). ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВМІСНИХ ГАЗІВ У ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ В СУЧАСНІЙ ПЕРСПЕКТИВІ	243
9. <i>Андрій Каишканов, Віталій Каишканов, Анастасія Каишканова</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ІНТЕГРОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЕКСПЕРТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДТП	245
10. <i>Віктор Язлінський, Едуард Кравцов, Муту Озджон</i> (Державний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна). АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ЛОГІСТИКИ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ	247
11. <i>Віктор Язлінський, Сергій Гутиря, Онур Кул</i> (Державний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна). ОПТИМІЗАЦІЯ ФОРМИ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ СТІЛИ КРАНА-МАНІПУЛЯТОРА	249
12. <i>Олександр Красноштан</i> (Національний транспортний університет, м. Київ, Україна). НОВА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ КОМПЛЕКСНОЇ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ	251
13. <i>Oleksandr Gryshchuk, Anatoliy Petryk, Arkadiy Kozlov, Mykhailo Holovatiuk</i> (National Transport University, Kyiv, Ukraine). IMPLEMENTATION OF ORGANIZATIONAL PRINCIPLES OF MANAGEMENT OF THE PROCESS OF EXPORT TRANSPORTATION OF GRAIN CARGO	254
14. <i>Віктор Брилистий, Олена Назарова, Володимир Осадчий</i> (Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна). ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	257
15. <i>Юрій Войчишин, Євгенія Яковенко, Орест Горбай</i> (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ МІСЬКОГО АВТОБУСА ВЕЛИКОГО КЛАСУ	259

16. <i>Валентин Коваленко</i> (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна), <i>Володимир Алексєєв</i> (Факультет машинобудування, Університет Лейбніца, Ганновер, Німеччина), <i>Іван Варченко</i> , <i>Всеволод Стрижак</i> , <i>Мар'яна Стрижак</i> (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна), <i>Bernhard Heiden</i> (Studiengang Industrial Engineering and Management, Carinthia University of Applied Sciences, Villach, Austria), <i>Bianca Tonino-Heiden</i> (Philosophy Institute, University of Graz, Graz, Austria). ПЕРСПЕКТИВИ І АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ RFID ТЕХНОЛОГІЙ І СИСТЕМ УМС ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТОМ І ВАНТАЖАМИ В ЛОГІСТИЧНИХ ТЕРМІНАЛАХ	261
17. <i>Василь Мельник</i> , <i>Тетяна Войцехівська</i> , <i>Андрій Сем'янчук</i> (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна). ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ГАЗОВИХ ФОРСУНОК ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО БІОГАЗОВОГО ПАЛИВА	263
18. <i>Мирон Магац</i> , <i>Зеновій Гошко</i> (Львівський національний аграрний університет, м. Дубляни, Україна). ДОДАТКОВА ГЕНЕРАТОРНА УСТАНОВКА У БОРТОВІЙ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ АВТОМОБІЛЯ	266
19. <i>Уляна Плекан</i> , <i>Надія Гаврон</i> (Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, Україна). ПРОБЛЕМИ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ	268
20. <i>Михайло Богатчук</i> (Керівник групи транспортних сервісів УТ ПАТ "Укрнафта", м. Надрівна, Україна). ПРИСТРОЇ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ВІДКЛАДЕННЮ НАКИПУ НА ВНУТРІШНІЙ ПОВЕРХНІ ЗМІЙОВИКА ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА МОБІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ТИПУ ППУА	270
21. <i>Тетяна Войцехівська</i> , <i>Василь Мельник</i> , <i>Анна Семенів</i> (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна). ДОСЛІДЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ДВИГУНА ФОЛЬКСВАГЕН ГОЛЬФ 1,4 У ПРОЦЕСІ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА БІОГАЗІ	273
22. <i>Олег Пальчевський</i> , <i>Андрій Каишканов</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). РОЛЬ ІНФОРМАЦІЙНО-ЛОГІСТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОРГАНІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ КЛІЄНТА ІЗ ПЕРЕВІЗНИКОМ	276
23. <i>Володимир Макаров</i> , <i>Тамара Макарова</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ПРО МОЖЛИВІ РАЦІОНАЛЬНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ МОБІЛЬНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ У ВІННИЦЬКОМУ РЕГІОНІ	279
24. <i>Георгій Слинько</i> , <i>Владислав Бокарьов</i> (Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна). МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ДВЗ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНИХ СИЛОВИХ УСТАНОВОК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	281
25. <i>Сергій Андрусенко</i> , <i>Валерій Будниченко</i> , <i>Владислав Подіснов</i> (Національний транспортний університет, м. Київ, Україна). ПОРІВНЯННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ АВТОБУСІВ ТА ТРОЛЕЙБУСІВ З РІЗНИМИ ВИДАМИ СИЛОВИХ УСТАНОВОК	283
26. <i>Олександр Галуцак</i> , <i>Дмитро Галуцак</i> , <i>Володимир Кужель</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ВУЛИЦЬ УДОСКОНАЛЕННЯМ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ	285

27. **Андрій Сосик** (Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна; *AGRIMET Sp. z o.o., Польща*), **Ольга Дударенко** (Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна). **ПРИСТОСУВАННЯ ПРИЧІПНИХ АГРЕГАТИВ ТРАКТОРІВ ДО ВИМОГ ТРАНСПОРТУВАННЯ ШЛЯХАМИ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**..... 287
28. **Олексій Клименко** (ДП «ДержавтотрансНДІпроект», м. Київ, Україна). **РЕЗУЛЬТАТИ ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ ТА ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН ДОРОЖНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ В УКРАЇНІ НА ПЕРІОД ДО 2050 Р. ЗА РІЗНИМИ СЦЕНАРІЯМИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ ТА ДЕРЖАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ**..... 289
29. **Любомир Крайник** (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна), **Петро Сивулька** (Львівський національний аграрний університет, м. Дубляни, Україна). **АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА АВТОМОБІЛІВ ТА ТРАКТОРІВ НА БАЗІ WES-МЕТОДОЛОГІЇ** 292
30. **Анна Сотнікова** (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). **ОСОБЛИВОСТІ РОЗМІЩЕННЯ МІСЦЬ ГЕНЕРАЦІЇ ПОТОКІВ УЧАСНИКІВ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В МІСТАХ** 294
31. **Наталія Лужанська, Ірина Лебідь, Антон Шелкунов** (Національний транспортний університет). **РОЛЬ ВАНТАЖНИХ МИТНИХ КОМПЛЕКСІВ ПРИ ВИКОНАННІ КОМБІНОВАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ**.....296

Секція 5. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ДОВГОВІЧНІСТЬ МАТЕРІАЛІВ, ПОКРИТТІВ, КОНСТРУКЦІЙ

1. **Олексій Немчук, Віталій Пустовий, Павло Семенов** (Одеський національний морський університет, м. Одеса, Україна), **Мирослава Греділь** (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна). **ЛАБОРАТОРНИЙ ЕКСПРЕС-МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ СТАЛЕЙ ПОРТОВИХ КРАНІВ** 298
2. **Олена Шиліна** (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). **ОЦІНКА ВПЛИВУ ФОСФОРУ НА СТАБІЛІЗАЦІЮ ЦЕМЕНТИТУ В НАПЛАВЛЕНИХ ПОКРИТТЯХ**..... 300
3. **Володимир Дорошенко** (Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ, Україна), **Олександр Янченко** (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). **КОЛИВАННЯ ТИСКУ ГАЗУ В ЛИВАРНІЙ ФОРМІ ПРИ ГАЗИФІКАЦІЇ МОДЕЛІ ТА МЕТОД ЗНЕШКОДЖЕННЯ ЦЬОГО ГАЗУ** 302
4. **Олександр Диха** (Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна). **ТЕХНОЛОГІЯ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО НАНЕСЕННЯ ФТОРОПЛАСТОВИХ ПОКРИТТІВ НА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІ ПОВЕРХНІ** 305
5. **Галина Кречковська, Мирослав Головчук, Андрій Лісничук, Іван Штойко** (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна). **ОБГРУНТУВАННЯ КРИТИЧНОГО СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНОГО СТАНУ ТЕПЛОТРИВКОЇ СТАЛІ 15X1M1Ф**..... 308
6. **Валерій Колесніков** (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, ДЗ «Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка, м. Старобільськ, Україна), **Олександр Балицький, Марія Гаврилюк, Ольга Ревякіна** (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів,

<i>Україна</i>). КОНЦЕПЦІЯ ВРАХОВУВАННЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СТАНУ ЕКСПЛУАТОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ В ЕНЕРГОМАШИНО-БУДУВАННІ ПРИ ПРОВЕДЕННІ РЕМОНТІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	310
7. Володимир Дорошенко (<i>Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ, Україна</i>), Олександр Янченко (<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна</i>). КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ІНДУКТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОХОЛОДЖЕННЯ ЛИТИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ	313
8. Володимир Дорошенко (<i>Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ, Україна</i>), Олександр Янченко (<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна</i>). ПРО ЦИФРОВУ КУЛЬТУРУ В ЛИВАРНО-МЕТАЛУРГІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ ТА ОДИН З ЇЇ ПРОЯВІВ В ЯКОСТІ ВІРТУАЛЬНОГО ІНЖИНІРИНГУ	316
9. Володимир Дорошенко (<i>Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ, Україна</i>), Олександр Янченко (<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна</i>). РІЗНОМАНІТНІСТЬ ЛИТИХ КОНСТРУКЦІЙ ЯК ОДИН ІЗ ІНДИКАТОРІВ РОЗВИТКУ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА	319
10. Володимир Дорошенко (<i>Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ, Україна</i>), Олександр Янченко (<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна</i>), Анатолій Лисий (<i>Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ, Україна</i>). ЦИКЛІЧНИЙ ОБОРОТ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО ПРИСКОРЕННЯ З ЗАСТОСУВАННЯМ ЗД ТЕХНОЛОГІ	322
11. Валерій Савуляк, Олена Шиліна, Валерій Шенфельд (<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна</i>). ВПЛИВ ДОБАВКИ КАРБІДІВ БОРУ НА ПОДРІБНЕННЯ СТРУКТУРИ НАПЛАВЛЕНИХ ПОКРИТТІВ	325
12. Валерій Савуляк, Олена Шиліна, Валерій Шенфельд (<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна</i>). ЛЕГУВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ РОБОТИ В УМОВАХ АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ	327
13. Валерій Савуляк, Олена Шиліна, Валерій Шенфельд (<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна</i>). ТЕХНОЛОГІЯ НАПЛАВЛЕННЯ ХРОМИСТИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ	329
14. Світлана Підгайчук (<i>Національна Академія Державної прикордонної служби України ім. Богдана Хмельницького, м. Хмельницький, Україна</i>) Ольга Дробот, Наталія Яворська (<i>Хмельницький національний університет</i>) ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН	331
15. Валерій Савуляк, Максим Дмитрієв (<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна</i>). МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ ПІД ЧАС МОДИФІКУВАННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ СТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ	334
16. Валерій Савуляк, Костянтин Шаргородський (<i>Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна</i>). СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЛИТИХ ДЕТАЛЕЙ З ЧАВУНУ	337

17. <i>Інна Віштак</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ПРОБЛЕМИ ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ГАЗОВИХ ОПОР	339
18. <i>Ольга Звірко, Наталія Крет</i> (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна), <i>Тетяна Венгринюк</i> (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна) ОЦІНЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ НАСОСНИХ ШТАНГ	341
19. <i>Валерій Савуляк, Андрій Осадчук</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПЕРЕМІШУВАННЯ МЕТАЛУ ПІД ЧАС ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО НАВУГЛЕЦЬОВУВАННЯ	343
20. <i>Дмитро Бакалець</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОДЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ТА ВУГЛЕЦЮ НА ТВЕРДІСТЬ НАПЛАВЛЕНИХ ПОКРИТТІВ	345
21. <i>Віктор Рудь, Наталія Христинець</i> (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна). ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СТВОРЕННЯ ГРАДІЄНТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПОРОШКІВ СТАЛІ ТА САПОНІТУ МЕТОДОМ ВІБРОСЕГРЕГАЦІЇ	348
22. <i>Олександр Цирульник, Григорій Никифорчин, Ольга Звірко, Іван Курнат</i> (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна). ЛАБОРАТОРНИЙ ЕКСПРЕС-МЕТОД ВОДНЕВОЇ ДЕГРАДАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЕЙ ЕНЕРГЕТИКИ	351
23. <i>Олександр Нестеров</i> (Одеський національний морський університет, м. Одеса, Україна), <i>Мирослава Греділь, Віталій Волошин</i> (Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна). МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ РОСТУ ВТОМНИХ ТРІЩИН З ГЛАДКОЇ ПОВЕРХНІ В СТАЛЯХ ПОРТОВИХ КРАНІВ	353
24. <i>Віктор Рудь, Олександр Зайка</i> (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна). ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D ДРУКУ	355
25. <i>Володимир Віра, Євген Харченко, Гембара Оксана, Раїнчук Наталія</i> (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). ОЦІНЮВАННЯ РЕСУРСУ ЕЛЕМЕНТІВ АВІАЦІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З КОНЦЕНТРАТОРАМИ НАПРУЖЕНЬ	358

Секція 6. ВИКОРИСТАННЯ ВІБРАЦІЙ В ТЕХНІЦІ ТА ТЕХНОЛОГІЯХ

1. <i>Зіновій Гошко, Мирон Магац, Ярослав Семен</i> (Львівський національний аграрний університет, м. Львів, Україна). ВІБРАЦІЙНА ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ДРОБАРКА	360
2. <i>Ростислав Іскович-Лотоцький, Василь Шевченко</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ В ГІДРОПРИВОДАХ ВІБРАЦІЙНИХ ТА ВІБРОУДАРНИХ МАШИН	362
3. <i>Ірина Філімоніхіна, Геннадій Філімоніхін</i> (Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна). ДИНАМІКА РЕЗОНАНСНОЇ ОДНОМАСОВОЇ ВІБРОМАШИНИ З ІНЕРЦІЙНИМ ВІБРОЗБУДНИКОМ СПРЯМОВАНОЇ ДІЇ, ЩО ПРАЦЮЄ НА ЕФЕКТІ ЗОМЕРФЕЛЬДА	364
4. <i>Володимир Гурський, Ігор Кузьо</i> (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). СИНТЕЗ НЕСТАЦІОНАРНИХ ЧАСТОТНО-СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІНЕРЦІЙНОГО ВІБРОЗБУДЖУВАЧА	366

5. Наталія Веселовська, Олена Гнатюк (Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна). ПРОГРАМА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ДЛЯ ПРОЄКТНОГО РОЗРАХУНКУ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ПРИВОДА	368
6. Роман Обертюх (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ГІДРОІМПУЛЬСНІ МАЛОГАБАРИТНІ ВІБРАТОРИ НА БАЗІ ПРОРІЗНИХ ПРУЖИН	370
7. Євгеній Івашко, Ростислав Іскович-Лотоцький (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ПРИВОДУ НАВІСНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗОНДУВАННЯ ҐРУНТІВ	373
8. Леонід Серілко, Зоя Сасюк, Дмитро Серілко, Катерина Приндюк (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна). ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОПЕРЕЧНИХ КОЛИВАНЬ ЖОЛОБА ІНЕРЦІЙНОГО КОНВЕЄРА НА ЙОГО ПРОДУКТИВНІСТЬ	375
9. Віталій Корендій (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна). МОБІЛЬНІ ВІБРАЦІЙНІ СИСТЕМИ: СТРУКТУРИ, МОДЕЛІ, ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ	377
10. Іван Коц, Сергій Сторожук, Юрій Куриленко (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). НАВІСНЕ ОБЛАДНАННЯ УДАРНО-ВІБРАЦІЙНОЇ ДІЇ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МОНОЛІТНИХ БЕТОННИХ ОСНОВ	379
11. Іван Коц, Андрій Трубаєнко (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ІН'ЄКТУВАННЯ СКРІПНИХ РОЗЧИНІВ У ҐРУНТОВИЙ МАСИВ	381
12. Євгеній Кобилянський (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗЕРНОСУШАРКИ	383
13. Олег Дєдов, Микола Ручинський, Анатолій Свідерський, Сергій Орищенко, Олександр Дьяченко (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна). ОЦІНКА КОНСТРУКЦІЙ ТА ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ РІЗНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	385
14. Іван Назаренко (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна), Микола Нестеренко (Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна). ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН ДЛЯ ФОРМУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ВИРОБІВ	387
15. Іван Назаренко, Андрій Запривода (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна), Андрій Бондаренко (Одеська державна академія будівництва і архітектури, м. Одеса, Україна), Володимир Сліпецький (Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна). ЕНЕРГЕТИКА ДВОМАСОВИХ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН	389

Секція 7. ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

1. **Леонід Поліщук, Русалан Гулевич** (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИМОГ ДО СИРОВИНИ ТА ІСНУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БРИКЕТІВ ТА ПЕЛЕТ З ПОДРІБНЕНИХ ДЕРЕВИННИХ ВІДХОДІВ.....** 391
2. **Едуард Грибков, Андрій Коваленко, Світлана Гурковська** (Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна). **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ПРАВКИ ТОВСТИХ ЛИСТІВ З ВИСОКОМІЦНИХ МАРОК СТАЛІ** 393
3. **Ростислав Іскович-Лотоцький, Ярослав Іванчук, Олександр Манжілевський** (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). **МОДЕЛЮВАННЯ ІНСОЛЯЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЕЛПОСИСТЕМИ** 395
4. **Дмитро Дмитрієв, Євгеній Лецук** (Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Україна) **ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАТРОННИХ МОДУЛІВ ДЛЯ ПОЛІРУВАННЯ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ** 397
5. **Ihor Nochnichenko, Oleg Jakhno, Dmytro Kostiuk, Alona Murashchenko** (National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine). **ANALYSIS OF THE TRANSFER PHENOMENON IN THE INTENSIFICATION OF WORKING PROCESSES IN THE CONTINUOUS MEDIUM.....** 399
6. **Олена Назарова, Володимир Осадчий, Олександр Купченко** (Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна). **ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РІВНЕМ РІДИНИ** 402
7. **Віталій Чухліб, Сергій Губський, Данііл Макаров** (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна). **АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ** 404
8. **Олександр Пермяков** (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна), **Михайло Іщенко** (АТ «Турбоатом», м. Харків, Україна), **Олексій Руденко, Дмитро Шепелєв** (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна). **СИСТЕМАТИЗАЦІЯ РОЗРОБЛЕНИХ КОМПОНОВОК ПОРТАТИВНИХ ВЕРСТАТІВ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ РЕМОНТУ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ДЕТАЛЕЙ ТУРБОАГРЕГАТІВ.....** 406
9. **Yuri Romasevych, Viatcheslav Loveikin, Oleksandr Zarivnyi** (National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine). **IDENTIFICATION OF EIGENFREQUENCY OF A MOVABLE INVERTED PENDULUM.....** 408
10. **Vladyslav Kryvosheiev, Ihor Nochnichenko** (National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine). **EXPERIMENTAL STUDY OF THE INFLUENCE OF NITROGEN ADDITION IN THE FLUID FLOW ON HYDRODYNAMIC LUMINESCENCE DURING CAVITATION** 410
11. **Михайло Довгополий, Олександр Луговський, Ігор Ночніченко** (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна). **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ У ПНЕВМОГІДРАВЛІЧНОМУ АМОРТИЗАТОРІ** 412

12. <i>Сергій Лисенко, Артем Сметана</i> (Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м. Харків, Україна). РОЗРАХУНКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ КЛИНОПАСОВИХ ВАРІАТОРІВ МОЛОТИЛЬНОГО БАРАБАНА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ	414
13. <i>В'ячеслав Перепелиця</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ДО РОЗРАХУНКУ РОБОЧОГО ЦИКЛУ РІЗУЧОГО ОРГАНУ СТРУННОГО РІЗАЛЬНОГО АВТОМАТА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЦЕГЛИ	416
14. <i>Сергій Репінський, Владислав Губницький</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ІМІТАЦІЙНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО РЕГУЛЯТОРА НА ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКСІАЛЬНОПОРШНЕВОГО РЕГУЛЬОВАНОВОГО НАСОСА	417
15. <i>Владимир Надутый, Александр Титов, Виталий Сухарев</i> (Институт геотехнической механики НАН Украины им. Н.С. Полякова, г. Днепр, Украина). ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ДЕЗИНТЕГРАТОРОВ С КЛЮЧЕВЫМИ ПАРАМЕТРАМИ КУСКОВ ГОРНОЙ МАССЫ	420
16. <i>Ivan Sevostyanov</i> (Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, Ukraine). AUTOMATED TECHNOLOGICAL PROJECTION OF CLASSIFICATION PROCESSES OF DRY DISPERSIVE MATERIALS	422
17. <i>Дмитро Данюк, Микола Якимчук</i> (Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна). ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХОПЛЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ З РОЗШИРЕНИМИ ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ	424
18. <i>Вікторія Пилипенко, Ігор Ночніченко, Дмитро Костюк, Олександр Галецький</i> (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна). КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ЩОДО СТВОРЕННЯ ВОДНЕВОЇ СТАНЦІЇ	426
19. <i>Леонід Козлов, Юрій Буренніков</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна), <i>Іоан Русу</i> (Яський технічний університет «George Asachi», м. Яси, Румунія), <i>Володимир Пилявець</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ АДАПТИВНОЇ ГІДРОСИСТЕМИ МОБІЛЬНОЇ МАШИНИ	428
20. <i>Леонід Козлов, Юрій Буренніков, Володимир Пилявець, Артем Товкач, Дмитро Проценко</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНТРОЛЕРА ТА 433ПІДСИЛЮВАЧА ПРОПОРЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТА	430
21. <i>Олександр Петров</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна), <i>Мілан Едл</i> (Західночеський університет, м. Пльзень, Чехія), <i>Ярослав Молчанов, Ольга Завальнюк</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОФІЛІВ ПЛАСТИН ЛАНЦЮГОВИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ	432
22. <i>Олена Лаврова, Віталій Іванов, Віктор Якименко</i> (ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна). РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КРАПЛЕПЕРЕНЕСЕННЯ ПРИ НАПЛАВЛЕННІ ЕЛЕКТРОДНИМИ СТРІЧКАМИ З ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАНІЧНОГО КЕРУЮЧОГО ВПЛИВУ	435

23. Олександр Манжівлевський, Руслан Белзецький (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ПОЛІПШЕННЯ МАСО-ГАБАРИТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ ВИГОТОВЛЕНИХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ 3D-ДРУКУ	437
24. Артем Таранік, Котик Максим, Сергій Сухоруков (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). СТЕНД ДЛЯ СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ	439
25. Віктор Савуляк (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). МОДЕЛЮВАННЯ МЕТАЛЕВОГО ЛИСТОВОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ ХОЛОДНОЇ ОБРОБКИ ТИСКОМ	441
26. Юрій Кукурудзяк, Микита Петров (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ФОРСУНОК АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА	443
27. Serhii Vakulenko, Ivan Shmagel (National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine). TURNING TOOL HOLDER WITH AN ORIENTED CENTER OF RIGIDITY FOR EFFECTIVE REDUCTION OF NEGATIVE SELF-OSCILLATIONS	445
28. Гліб Солдаткін, Олександр Губарев (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна). ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ РОБОЧОЇ РІДИНИ НА ВИТРАТНУ ХАРАКТЕРИСТИКУ КЛАПАНА ВИТРАТИ З ПРОПОРЦІЙНИМ КЕРУВАННЯ	447
29. Софія Космина, Оксана Ганпанцурова, Олександр Губарев (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інституту імені Ігоря Сікорського»). МОДЕЛЮВАННЯ ВИКОНАВЧОГО ПРИСТРОЮ ГІДРАВЛІЧНОГО МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ	450
30. Дмитро Лозінський, Сергій Котик (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РОБОТИ ПРОПОРЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО РОЗПОДІЛЬНИКА З НЕЗАЛЕЖНИМ КЕРУВАННЯМ ПОТОКІВ	452

Секція 8. ПРОБЛЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

1. Андрій Поляков, Олександр Терещенко, Лариса Мороз (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРЕНАЖЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ЕКІПАЖІВ МАШИН СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	454
2. Станіслав Войтків (Науково-технічний центр «Автополіпром», м. Львів, Україна) КОНЦЕПЦІЯ ФОРМУВАННЯ ТИПАЖУ БАЗОВИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШАСІ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ	456
3. В'ячеслав Єлістратов, Олександр Цьома (Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, м. Кременчуг, Україна). УКРАЇНСЬКІ БРОНЬОВАНІ АВТОМОБІЛІ	458
4. Андрій Семенов, Роман Поворознюк (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ОХОРОННО-СИГНАЛІЗАЦІЙНА СИСТЕМА ШВИДКОГО РОЗГОРТАННЯ	460

5. Олександр Баюш (Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна). ВПЛИВ ЗАХОДІВ ВНУТРІШНЬО-КОМУНІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА ФОРМУВАННЯ У ОСОБОВОГО СКЛАДУ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНО-ІДЕЙНИХ ПЕРЕКОНАНЬ ТА ГОТОВНОСТІ ДО ВИКОНАННЯ БОЙОВИХ ЗАВДАНЬ	462
6. Василь Ляховський (Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна). ОЗБРОЄННЯ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ТЯГАЧА ЛЕГКОГО БРОНЬОВАНОГО (БТ-ЛБ) СУЧАСНИМИ БОЙОВИМИ МОДУЛЯМИ	464
7. Ганна Балакірева, Павло Бондаренко (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ КАФЕДРИ ВІЙСЬКОВОЇ ПІДГОТОВКИ ПІД ЧАС ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ	466
8. Сергій Каковкін (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ОПТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У СТРІЛЕЦЬКІЙ ЗБРОЇ РІЗНИХ КРАЇН СВІТУ	469
9. Роман Ковальчук, Наталія Сокульська (Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П.Сагайдачного, м. Львів, Україна). АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СТРІЛОВИХ КРАНІВ	473
10. Ігор Гром (Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна). ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНЖЕНЕРНОЇ ТЕХНІКИ	475
11. Андрій Слабкий, (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ ДОСЛІДЖЕНЬ АВТОМОБІЛЬНИХ АМОРТИЗАТОРІВ В УКРАЇНІ	480
12. Михайло Манзяк, Михайло Грубель, Олена Ланець (Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П.Сагайдачного, м. Львів, Україна). ФОРМУВАННЯ ПРУЖНО-ДЕМПФУЮЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНІЧНОЇ ПІДВІСКИ-ДІАГРАМА КОНФЛІКТУ ПЛАВНОСТІ ТА СТІЙКОСТІ РУХУ	482

Секція 9. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГАЛУЗІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

1. Олександр Диха, Олександр Рудик (Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна). ЗАСТОСУВАННЯ SOLIDWORKS SIMULATION ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ПРОФІЛЮ	484
2. Оксана Адлер (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна) ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ БІНАРНОЇ ОСВІТИ У ВИЩІЙ ШКОЛІ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ	487
3. Ірина Хом'юк, Віктор Хом'юк (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЦЕСІ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІН ПРОФЕСІЙНОГО СПРЯМУВАННЯ	489

4. <i>Олена Гречановська</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна), <i>Олена Ліцун</i> (Вінницький державний центр естетичного виховання учнів професійно-технічних навчальних закладів, м. Вінниця, Україна) ІМІДЖ ВИКЛАДАЧА ЯК ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС ТЕХНІЧНИХ ЗВО	492
5. <i>Валерій Лінгур, Євген Михайлов, Яна Ротенберг, Кіра-Анастасія Семененко</i> (Державний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна). РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ	495
6. <i>Леонід Поліщук, Юрій Булига, Олександр Манжілевський</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»	497
7. <i>Леонід Поліщук, Юрій Булига, Олександр Манжілевський</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РЕГІОНАЛЬНОГО НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО ЦЕНТРУ «ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»	500
8. <i>Юрій Булига, Олена Косарук</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ У КОНТЕКСТІ ДУАЛЬНОЇ ФОРМИ ЗДОБУТТЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ	502
9. <i>Олександр Дерібо</i> (Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна). ДОСВІД ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ» У ВІННИЦЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ	504
10. <i>Наталія Волкова</i> (Криворізький державний педагогічний університет, м. Кривий Ріг, Україна). КОМПЕТЕНТНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ БАЗОВИХ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-ПЕДАГОГІВ У ГАЛУЗІ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ	506
11. <i>Валерій Дяків</i> (Державний навчальний заклад «Центр професійно-технічної освіти № 1 м. Вінниця», м. Вінниця, Україна). ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГАЛУЗІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ	509

«ЕНЕРГІЯ-ДЕФОРМАЦІЇ-РУЙНУВАННЯ». ДО 80-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ В.А. ОГОРОДНІКОВА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Про деякі наукові здобутки, діяльність та риси заслуженого діяча науки і техніки України, Почесного доктора Донбаської машинобудівної академії, судового експерта по спеціальності «обставини ДТП», доктора технічних наук, професора, завідувача кафедри опору матеріалів та прикладної механіки (1982-2020) Вінницького національного технічного університету Віталія Антоновича Огороднікова.

Ключові слова: енергія, деформації, руйнування, Віталій Антонович Огородніков

Огородніков Віталій Антонович, заслужений діяч науки та техніки України, доктор технічних наук, професор, Вчений з великої літери та світовим ім'ям народився в Україні 29 травня 1941 року. Усе своє творче життя Віталій Антонович присвятив переважно пізнанню фундаментальних основ феноменологічної теорії деформовності і її застосування до розв'язання різноманітних прикладних задач обробки металів тиском, автотехнічних експертиз, і, навіть філософських аспектів людського буття. В 2005 році вийшла його відома монографія «Енергія. Деформації. Руйнування (задачі автотехнічної експертизи)» [1], (рис.), в якій автор розвиває новий запатентований метод визначення швидкості автомобіля [2], що потрапив в дорожньо-транспортну пригоду, на основі енергетичних, деформаційних характеристик тіла з врахуванням можливого руйнування внаслідок пластичних деформацій. Цей оригінальний метод виявився ефективним завдяки визначенню векторної величини (швидкості автомобіля) через скалярні характеристики (твердість, накопичена деформація, феноменологічний факт руйнування, які ототожнюються з енергією), заміні операцій диференціювання на операції інтегрування, а також згладжуванню похибки при переході від енергії до швидкості (до 2,5 раз). Метод є в певному розумінні революційним, тому ним зацікавились науковці з Китаю, Германії і залюбки запрошували Вченого на семінари, симпозіуми та відрядження для обміну досвідом. Втім, зазначені підходи прослідковуються в науковій діяльності Вченого значно раніше – відома його перша монографія «Оценка деформируемости при обработке материалов давлением» [3], опублікована в 1983 р. за результатами докторської дисертації, в якій В.А. Огородніков вперше розв'язує проблему граничного холодного пластичного формозмінювання металів із врахуванням історії навантаження, градієнтів деформації, третього інваріанту тензора напружень. Ця монографія визнана Мінвузом України у 1984 році кращою закінченою науковою роботою. Варто зазначити, що вік 39 років був чи не наймолодшим віком захисту дисертації доктора технічних наук того часу. Навчальні посібники, в яких Вчений в доступній формі виклав основи свого наукового доробку «Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении : учебное пособие», «Теорияковки и штамповки : учебное пособие для студентов машиностроительных и металлургических специальностей вузов» [5, 6] стали настільними книжками для чисельних аспірантів, студентів і учнів.

Чи не найбільший вплив на науковий шлях Вченого здійснив його керівник кандидатської дисертації, консультант докторської дисертації, незмінний науковий авторитет, генератор революційних ідей і близький друг сім'ї професор, доктор

технічних наук Гаррі Данилович Дель. Згадуючи свого вчителя, Віталій Антонович обов'язково починав з фрази «Мой гениальный учитель, Гарри Данилович Дель...». Тісний контакт з Г.Д. Делем Вчений зберігав до кінця життя, завдяки якому, наприклад, започаткувався новітній напрямок досліджень «Створення безпечних конструкцій та їх технологічна спадковість з врахуванням карти матеріалу» [4].



Рисунок – профессор Огородніков В.А. та деякі його важливі публікації

Ідеї і напрацювання Вченого знайшли відображення в чисельних наукових працях (більше 350) інформацію про яких можна знайти з покажчика [7]. Неперевершені ораторські здібності Вчений проявляв на багаточисельних (більше 300) міжнародних наукових конференціях, симпозиумах, семінарах, і, звичайно, під час проведення лекційних та семінарських занять. Вчений вплив притаманну йому людяність в учнях, серед яких отримали наукові ступені 17 кандидатів та 5 докторів наук – Нахайчук О. В. (1980 р.), Сивак І. О. (1982 р.), Тереньєв Г. П. (1986 р.), Гуменюк В. С. (1986 р.), Райниш О. В. (1987 р.), Покрас В. Д. (1987 р.), Зионг За Мань (1993 р.), Гайдамак О. Л. (1994 р.), Любін М. В. (1997 р.), Івацько В. І. (1998 р.), Грушко О. В. (2000 р.), Сивак Р. І. (2000 р.), Музичук В.І. (2007 р.), Кириця І.Ю. (2008 р.), Співак О. Ю. (2010 р.), Перлов В. Є. (2010 р.), Деревенько І. А. (2013 р.); доктори наук: Сивак І.О. (2000 р.), Нахайчук О. В. (2007 р.), Грушко О. В. (2013 р.), Алієва Л.І. (2018 р.), Сивак Р.І. (2019 р.). А скільки прізвищ можна було б навести, наукову долю яких благословив Вчений як консультант, опонент, керівник, експерт ДАК – декількох сторінок було б замало...

В.А. Огородніков досягав високих результатів в найрізноманітніших напрямках своєї діяльності та життя як вчений, викладач вищого навчального закладу, вчитель, сім'янин, талановитий оратор, судовий експерт, будівельник, механік, автомобіліст, мисливець, кінолог, бджільяр, цінувач літератури і поезії, співак, спортсмен – багатогранність була його характерною рисою. І з Вчителем сьогодні в мене (авт.) асоціюються такі слова.

Енергія. Нескінченна енергія, жага до життя, оптимізм, любов до людей та спілкування з ними, енергія пізнання нового і досягнення глибин сутності всього, чим би Вчитель не займався.

Деформації. Будь-яка діяльність і дія мають результат. Причину і наслідок. До чого Вчитель не торкався, все зазнавало змін, перетворень або деформацій, висловлюючись механічною термінологією. І ці деформації від філософського до прикладного аспектів давали завжди новий і позитивний результат.

Руйнування. «Усе матеріальне кінечне», як говорив Віталій Антонович Огородніков [7]. «Я нікому не читаю повчань. Я просто живу так. Мета життя — учні, сім'я, творчість. Гроші в жодному разі не мають бути метою. Слід боятися їх великої кількості. Грошей повинно бути достатньо, але не з надлишком. Гроші мають страшну, злу руйнівну силу, тому до них слід ставитись дуже обережно. У мене є книжка «Енергія. Деформації. Руйнування». Стосовно ж взаємовідносин грошей і людини дуже часто можна сказати: «Гроші. Деформація. Руйнування».

Використаний ресурс пластичності псі, що досягає одиниці є критерієм руйнування твердих тіл. Що на нього впливає? До сих пір остаточної відповіді немає. Вчитель довів, що серед інших чинників історія деформування є суттєвим фактором. І цей факт розповсюджується не тільки на матеріальні механічні тіла, але й на людське тіло. Спосіб життя, думки, вчинки, світогляд – здатні змінювати час, що відведений людині на земному житті в якості її початкового генетичного коду – і своїм буттям Вчитель це доводив майже щодня. І хоча біологічний ресурс вже вичерпано, проте спадщина, яку залишив Вчений, дає йому інше, духовне життя, що набуло новий виток розвитку в цьому аспекті, коли верхня межа інтегралу в часі прямиє до нескінченості.

Основні віхи життя і діяльності професора В. А. Огороднікова
(29.05.1941–9.11.2020) [7]

- 29.05.1941 – народився в м. Рені Одеської області
- 1958 – закінчив середню школу №15 в м. Усть-Кам'яногорську (Казахстан)
- 1958-1960 – працював токарем по металу на меблевій фабриці в Усть-Кам'яногорську
- 1960-1965 – навчання в Томському політехнічному інституті (ТПИ)
- 1965-1971 – працює асистентом на кафедрах опору матеріалів та технології матеріалів ТПИ
- 1967-1969 – навчання в аспірантурі ТПИ
- 1969 – захист кандидатської дисертації в Московському автомеханічному інституті та присвоєння вченого ступеня кандидат технічних наук
- 1970 – нагороджений медаллю «За доблестный труд»
- 1971 – прийнятий на роботу до Вінницької філії Київського політехнічного інституту старшим науковим співробітником науково-дослідної частини (НДЧ)
- 1971-1981 – працює у ВПІ старшим науковим співробітником, а згодом старшим викладачем, доцентом кафедри опору матеріалів
- 1974 – під керівництвом В. А. Огороднікова створена наукова школа та розвинутий науковий напрямок, присвячений розвитку феноменологічних критеріїв руйнування матеріалів в межах великих пластичних деформацій та застосування їх до вирішення технологічних задач механіки.
- 1975 – присвоєно вчене звання доцента кафедри опору матеріалів ВПІ
- 1977-1982 – обирався депутатом Ленінської районної Ради м. Вінниці
- 1980 – захист докторської дисертації та присвоєння наукового ступеня доктора технічних наук
- 1980 – нагороджений медаллю «Победитель социалистического соревнования»
- 1981-1982 – декан інженерно-будівельного факультету ВПІ
- 1982 – завідувач кафедри опору матеріалів та прикладної механіки
- 1983 – присвоєно вчене звання професор
- 1984 – заступник голови регіонального відділу Науково-методичної Ради Мінвузу СРСР
- 1984 – монографія В. А. Огороднікова «Оценка деформируемости при обработке давлением» отримала премію Мінвузу УРСР за кращу закінчену наукову роботу

- 1987 – нагороджений медаллю Вінницької обласної виконавчої Ради «Ветеран труда»
- 2001 – заступник директора з наукової роботи ІнТПЗК ВНТУ
- 2005 – присвоєно звання «Почесний доктор Донбаської державної машинобудівної академії»
- 2006 – нагороджений Почесною грамотою Вінницької облдержадміністрації та обирали за багаторічну сумлінну працю, особистий внесок у розвиток національної освіти
- 2008 – оголошена Подяка Міністерства освіти та науки України за сумлінну і плідну працю в складі експертної Ради ВАК України з машинознавства і загального машинобудування
- 2010 – нагороджений нагрудним знаком АПН України «Ушинський К. Д.»
- 2010 – нагороджений Грамотою з нагоди 50-річчя ВНТУ за значні досягнення в розбудові університету
- 2011 – нагороджений Грамотою як судовий експерт від Правління Всеукраїнської громадської організації «Союз експертів України» за сприяння розвитку цивілізованого ринку експертних досліджень в Україні
- 2015 – оголошена Подяка Міністерства освіти та науки України за багаторічну сумлінну працю, вагомий особистий внесок у підготовку висококваліфікованих спеціалістів та плідну науково-педагогічну роботу
- 2016 – указом Президента України присвоєно Почесне звання «Заслужений діяч науки і техніки України»
- 2017 – Голова спеціалізованої вченої ради Д 05.052.03 зі спеціальності 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Энергия. Деформации. Разрушение : Задачи автотехнической экспертизы : монография / В. А. Огородников, В. Б. Киселев, И. О. Сивак ; МОН України. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 204 с.
2. Способ определения скорости движущегося транспорта по его повреждениям : патент 66462 А Україна: МПК G 01 № 19/00 / В. А. Огородников. – № 2003043308; заявл. 14. 04. 2003 ; опубл. 17. 05. 2004, Бюл. № 5.
3. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением : монография / В. А. Огородников. – Київ : «Вища школа», 1983. – 175 с.
4. Технологическая наследственность при листовой штамповке для создания безопасных конструкций / В. А. Огородников, Т. М. Огородникова // Современные достижения в науке и образовании : сб. трудов IV Междунар. научн. конф., г. Булда (Черногория), 11-18 сентября 2010 г., – Хмельницкий : ХНУ, 2010. – С. 128-131.
5. Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении : учебное пособие / В. А. Огородников. – К. : УМК ВО, 1989. – 152 с.
6. Теорияковки и штамповки : учебное пособие для студентов машиностроительных и металлургических специальностей вузов / Е. П. Ункова, У. Джонсон, В. Л. Колмогоров, Р. Д. Вентер, В. А. Огородников и др. ; под общей редакцией Е. П. Ункова, А. Г. Овчинникова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1992. – 720 с.
7. Віталій Антонович Огородніков : біобібліографічний покажчик до 75- річчя від дня народження / уклад. Л. В. Квятківська ; відп. за вип. Т. С. Притуляк. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 68 с. : іл.

Грушко Олександр Володимирович, д.т.н., професор, зав. кафедри опору матеріалів та прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, grushko1alex@gmail.com

«ENERGY-DEFORMATION-DESTRUCTION». TO THE 80TH ANNIVERSARY OF THE BIRTH OF V.A. OGORODNIKOV

Abstract

On some scientific achievements, activities and features of the Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Honorary Doctor of the Donbass Machine-Building Academy, a forensic expert specializing in "Circumstances of a Road Traffic Accident", Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Strength of Materials and Applied Mechanics (1982-2020) Vinnitsa National Technical University - Vitaly Antonovich Ogorodnikov.

Keywords: energy, deformation, destruction, Vitaly Antonovich Ogorodnikov

Oleksandr Hrushko, Professor, Dr. of Sc., Head of Department "Materials Strength and Applied Mechanics", Vinnitsia National Technical University, grushko1alex@gmail.com

НАУКОВІ ЗАСАДИ МЕТОДІВ ВІБРОДІАГНОСТИКИ ЛОКАЛЬНИХ ПОВЕРХНЕВИХ ПОШКОДЖЕНЬ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН

Інститут проблем міцності імені Г.С.Писаренка НАН України

Анотація.

В роботі представлені результати розрахункових та еспериментальних досліджень впливу параметрів локальних поверхневих пошкоджень (розмірів та положення) конструктивних елементів машин на характеристики їх коливань. Сформульовані підходи до розробки методів вібродіагностики таких пошкоджень.

Ключові слова: конструктивний елемент, коливання, локальне поверхнєве пошкодження, вібродіагностика.

При експлуатації машин під впливом робочого середовища, а також дії широкого спектру термосилових навантажень в конструктивних елементах виникають локальні поверхнєві пошкодження. Характерним прикладом таких об'єктів є робочі лопатки турбомашин. Внаслідок попадання в проточну частину сторонніх предметів в пері лопаток виникають корозійні та ерозійні язви і забоїни, а під дією циклічнозмінних навантажень - тріщини втоми. Такі пошкодження обумовлюють зміну пружних та інерційних характеристик лопаток з можливим їх подальшим руйнуванням.

Свочасне виявлення наявності локальних поверхневих пошкоджень в елементах конструкцій є актуальною науково-технічною задачею з точки зору забезпечення функціональної роботоздатності як таких елементів, так і машини в цілому.

Одними з найбільш ефективних методів встановлення наявності пошкоджень, що розглядаються, є вібродіагностичні, які ґрунтуються на взаємозв'язку параметрів пошкоджень (розмірів та положення по довжині об'єкту дослідження) з характеристиками коливань.

Метою даної роботи є викладення результатів проведених в Інституті проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України під керівництвом авторів комплексних аналітичних, розрахункових та експериментальних досліджень зі встановлення закономірностей коливань стержнів постійного поперечного перерізу прямокутної та круглої форми, а також натурних лопаток з локальними поверхневими пошкодженнями та розробки наукових засад методів їх вібродіагностики.

Для вирішення сформульованої науково-технічної задачі було вибрано два типи пошкоджень – відкрита та дихаюча тріщини, які інтегрально описують можливі поверхнєві пошкодження елементів конструкцій. Відкрита тріщина, яка виникає внаслідок попадання сторонніх предметів або під впливом навколишнього середовища, та характеризується берегами, що не закриваються в процесі деформування об'єкту дослідження, представляється у вигляді прямокутного пазу постійної ширини. Коливальна система в даному випадку залишається лінійною. Берега ж дихаючої тріщини, виникнення якої спричинено дією циклічнозмінних навантажень, по чергово закриваються та відкриваються, що обумовлює нелінійність системи.

Розрахункові дослідження проводились з використанням розроблених трьохмірних скінченноелементних (СЕ) моделей стержнів та лопаток з вибраними типами пошкоджень. СЕ сітка в цілому приймалась рівномірною, але, як правило, ущільнювалась в околі пошкодження. Для взаємного непроникнення берегів дихаючої тріщини використані контактні елементи.

Випробування об'єктів дослідження проводилось з використанням експериментальної бази Інституту.

Основні результати виконаних розрахунково-експериментальних досліджень полягають в наступному.

Відкрита тріщина. За результатами проведених досліджень встановлені закономірності

впливу параметрів такого локального поверхневого пошкодження (глибини, ширини та положення по довжині) на формування модальних характеристик (частот та форм) згинних коливань об'єктів дослідження. Представлені залежності зміни власних частот перших чотирьох форм згинних коливань стержня постійного прямокутного поперечного перерізу з різними граничними умовами від місця розташування пошкодження по довжині стержня та геометричних характеристик пошкодження (глибини та ширини). Їх аналіз дозволяє зробити такі висновки:

- для консольного стержня та з вільними кінцями встановлено виникнення такого явища, коли незалежно від форми коливань існує положення пошкодження по довжині стержня, так звана «точка переходу», при якому власні частоти пошкодженого і непошкодженого стержнів однакові. В разі зміщення пошкодження до заземлення, спостерігається зменшення власних частот коливань стержня в порівнянні з його непошкодженим станом, і тим інтенсивніше, чим більша глибина пошкодження та його наближення до заземлення. При наближенні пошкодження до вільних кінців стержня його власні частоти стають дещо вищими, ніж для непошкодженого;

- для стержнів з вільними і жорстко закріпленими кінцями характерною особливістю залежностей зміни їх власних частот коливань від положення пошкодження по довжині є їх симетрія відносно середини стержня;

- для стержня з жорстко закріпленими кінцями існують такі положення пошкодження по довжині, коли власні частоти пошкодженого і непошкодженого стержнів практично збігаються. Однак, на відміну від граничних умов, які характеризуються вільними кінцями стержня або одним жорстко закріпленим, для них відсутнє явище наявності «точки переходу», а при розташуванні пошкодження посередині стержня характерний тільки локальний екстремум. Максимальна за абсолютною величиною зміна власної частоти коливань має місце, якщо пошкодження розташовано поблизу жорстко закріплених кінців;

Результати виконаних розрахунків добре узгоджуються з даними, наведеними в інших відомих роботах, і проведенними експериментальними випробуваннями стержнів та натурної лопатки турбомашини.

Дихаюча тріщина. Наявність такої тріщини обумовлює виникнення нелінійних супер- і субгармонічних резонансів, спектр коливань яких складається з кратних гармонік, які відповідають частоті збудження відповідного резонансу та основній резонансній частоті коливань стержня.

Описано розроблені методики аналітичного та розрахункового визначення вібродіагностичних показників наявності дихаючої тріщини в консольному стержні прямокутного та круглого поперечного перерізу при силовому та кінематичному збудженні супер- та субгармонічного резонансів. Як вібродіагностичний показник наявності тріщини запропоновано використовувати відношення амплітуд домінуючих гармонік: $\bar{A}_{2/1} = A_2/A_1$ при супергармонічному та $\bar{A}_{1/2} = A_1/A_2$ при субгармонічному резонансах, де A_1 , A_2 – амплітуди коливань першої та другої гармонік при відповідному резонансі.

За результатами досліджень закономірності залежності запропонованих вібродіагностичних показників від місцеположення тріщини та відносних її розмірів, а також особливостей збудження коливань. По-перше, показано, що зі збільшенням глибини тріщини та її наближенням до заземлення консольного стержня значення вібродіагностичного показника зростає незалежно від типу резонансу. По-друге, він обернено пропорційний декременту коливань стержня і при його великих значеннях збудження нелінійних резонансів практично унеможливується. По-третє, характер залежності вібродіагностичного показника від місця прикладання змушувальної сили визначається положенням тріщини.

Таким чином, встановлені закономірності зміни модальних характеристик та спектру амплітуд коливань стержневих елементів при наявності локальних поверхневих пошкоджень можуть бути використані при розробці методів їх вібродіагностики як необхідної умови забезпечення функціональної роботоздатності елементів конструкцій машин.

Зінковський Анатолій Павлович — доктор технічних наук, професор, заступник директора Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України з наукової роботи, e-mail: zinkovskii@ipp.kiev.ua, 01014, Україна, м. Київ, вул. Тимирязєвська, 2.

Матвеев Валентин Володимирович — академік НАН України, головний науковий співробітник Інституту проблем міцності імені Г.С.Писаренка НАН України, e-mail: vvm1929@gmail.com, 01014, Україна, м. Київ, вул. Тимірязєвська, 2.

SCIENTIFIC FUNDAMENTALS OF METHODS OF VIBRODIAGNOSIS OF LOCAL SURFACE DAMAGE OF STRUCTURAL ELEMENTS OF MACHINES

Abstract. The paper presents the results of computational and experimental studies of the influence of the parameters of local surface damage (size and position) of structural elements of machines on the characteristics of their oscillations. The approaches to development of methods of vibrodiagnostics of such damages are formulated.

Key words: structural element, oscillations, local surface damage, vibrodiagnostics.

Zinkovskiy Anatolii Pavlovych - Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director of the G.S. Pisarenko Institute for Problems of Strength of the National Academy of Sciences of Ukraine, e-mail: zinkovskii@ipp.kiev.ua, 01014, Ukraine, Kyiv, Timiryazevs'ka str. 2..

Matveev Valentyn Volodymyrovych - Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Chief Research Fellow of the G.S. Pisarenko Institute for Problems of Strength of the National Academy of Sciences of Ukraine, e-mail: vvm1929@gmail.com, 01014, Ukraine, Kyiv, Timiryazevs'ka str. 2.

РОЗВИТОК ТЕОРІЇ ВІБРАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН І ПРОЦЕСІВ БУДІНДУСТРІЇ

Київський національний університет будівництва і архітектури

Анотація

Розвиток теорії вібраційних технологічних машин і процесів ґрунтується на вихідних положеннях коректного реального відображення реального процесу у формуванні фізичної та математичної моделі та визначеній допустимій ступені похибок. Аналітичний опис здійснено на основі поєднання та врахування параметрів і характеристик вібраційних технологічних машин і будівельних сумішей та матеріалів в режимі резонансу.

Ключові слова: вібраційна машина, фізична та математична модель, теорія, рівняння руху, режими, резонанс, параметри.

Ефективність вібраційних технологічних машин і процесів будіндустрії значною мірою визначається коректним врахуванням тих параметрів і характеристик, які забезпечують відповідність дійсних параметрів робочого процесу розрахунковим. Ця, очевидна і зрозуміла умова створення не тільки вібраційної, а будь якої машини, пристрою, системи, технології, залежить від ряду факторів, врахування чи їх забезпечення потребує рішення, під час надто складних, проблем. Найважливішими є знання процесу, реальне відтворення фізичної та математичної моделі та допустимої ступені похибок. Цілком очевидно, що під час вібраційного робочого процесу відбувається взаємовплив машини і оброблювального середовища на їхній загальний спільний рух і саме ця обставина є ключовою при визначенні параметрів [1].

Другим важливим елементом розвитку теорії вібраційних технологічних машин та установлення ефективних режимів є цілеспрямоване врахування внутрішніх пружних властивостей загальної системи «машина – оброблювальне середовище» за умови забезпечення руху, наближеного до вільних коливань гібридної системи, є найбільш ефективним [2].

Вібраційна система (машина-середовище) являє собою складний технічний об'єкт, тобто є складною системою, що складається з великої кількості взаємодіючих елементів. Система характеризується зв'язністю її елементів, керованістю, змінюваністю та ієрархічністю, тобто можливістю розчленовування на рівні. На вищому рівні розглядають самі загальні властивості системи; у міру зниження рівня ступінь детальності розгляду елементів зростає, причому розглядають не систему в цілому, а окремі блоки. Це дозволяє застосувати при теоретичних дослідженнях та створенні машин блочно-ієрархічний підхід, розділяючи складну проблему на ряд послідовно вирішуваних задач меншої складності. При цьому застосовувався принцип редукції від складних дискретно – континуальних систем до дискретних із збереженням впливу хвильових явищ бетонної суміші (рис.1).

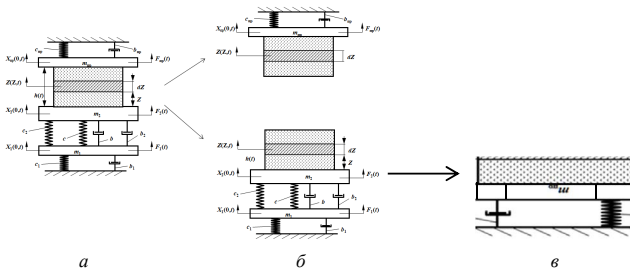


Рис. 1 – Схема редукції розрахункової моделі система «машина – середовище»:

a – загальна; *б* – перша редукція; *в* – друга редукція; $X_1 \dots X_4$ – координати переміщень складових вібраційної системи; $F_1 \dots F_3$ – зовнішні сили; c, b – коефіцієнти пружності та дисипації.

Цілком очевидно, що зниження енергетичних витрат, і разом з тим високий рівень і швидкість передачі енергії ущільнювального середовища, є головними напрямками для розвитку теорії вібраційних технологічних машин і процесів будівництва. Перехід до більш виробничих технологічних процесів, прагнення довести до максимуму ефективність застосовуваних машин, постійно маючи на увазі забезпечення економії споживаної енергії і зниження металомісткості, змушує безперервно знаходити не тільки нові конструктивні рішення машин, але й цілеспрямовано використовувати явища, що відбуваються в середовищах (поширення хвиль, розсіювання енергії, дисперсію і т. п.) при їхньому ущільненні. Підвищення ефективності вібраційних машин досягається шляхом створення конструктивних схем з ефективним використанням енергії, що максимально підводиться до середовища в резонансних режимах. Надійність вібраційних машин різного технологічного призначення забезпечується визначенням напружено-деформованого стану робочих органів та середовищ, які знаходяться в різнозначних умовах під дією навантажень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем: Навчальний посібник (2-е видання). К.: КНУБА, 2007. – 252с.
2. Ivan Nazarenko, Mykola Ruchynskiy, Maksym Delembovsky Investigation of Vibration Machine Interaction With Compacted Concrete Mixture. International Journal of Engineering & Technology Home Vol 7, No 3.10 (2018) Pages: 255-259.

Назаренко Іван Іванович – д.т.н., професор, завідувач кафедри машин і обладнання технологічних процесів Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Київ, e-mail: ii_nazar@ukr.net.

DEVELOPMENT OF THEORY OF VIBRATION TECHNOLOGICAL MACHINES AND PROCESSES OF THE BUILDING INDUSTRY

Abstract

The development of the theory of vibrating technological machines and processes is based on the initial positions of the correct real reflection of the real process in the formation of the physical and mathematical model and a certain allowable degree of error. The analytical description is made on the basis of a combination and taking into account the parameters and characteristics of vibrating technological machines and building mixtures and materials in the resonance mode.

Keywords: vibration machine, physical and mathematical model, theory, equation of motion, modes, resonance, parameters.

Nazarenko Ivan I. – Dr. of Sc., Professor, Head of the Department of Machines and Equipment of Technological Processes, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, e-mail: ii_nazar@ukr.net.

BIOECONOMICS OF HEALTH AS A GLOBAL INNOVATION CHALLENGE AND THE MAIN TREND OF INSTITUTIONAL TRANSFORMATION OF THE POST-PANDEMIC ECONOMY

National Science-Technological Association of Ukraine

Abstract. At the same time, this means that the local bioeconomics of health should become the new leader of post pandemic recovery and economic growth, however, given the necessary human capital. In turn, this also presupposes a corresponding evolution of educational institutions with the key role of network “University 4.0” [14], capable not only of training the necessary personnel for the future, but also serving as a “capitalizer” of humanitarian potential as well as a designer and globalizer of regional inclusive development. As a result, this creates both unprecedented innovative challenges and new great opportunities for regional mechanical and bioengineering and instrument making.

Key words: bioeconomy, Knowledge-based economy, biologization+digitalization (Nano-Bio-Info-Cogno), bioeconomics of health

The people’s life and health are the value foundation of any nation and key among 17 UN global sustainable development goals (SDGs). The COVID-19 pandemic has convincingly shown that these values form the sense of the state existence, as well as a criterion base for the effectiveness of public power. Having provoked the deepest economic crisis in the past century and a half and caused an unprecedented world lockdown, this pandemic has demonstrated both the inefficiency of existing national healthcare systems and the lack of sustainability of the global economy. In combination with the sharply increased phenomenon of Volatility (V), Uncertainty (U) and Complexity (C) of the observed and interpreted within the framework of traditional (neo)classical theories of modern economic processes and the Ambiguity (A) of the predictive results obtained on their basis [1], all this indicated an equally unprecedented nature of the global innovation challenges behind them. In turn, VUCA-trends and the uncertainty of the prospects for restructuring the post-pandemic economic reality give rise to the need to rethink the original theoretical concepts laid in the classical scientific foundation of ideas about health and the system of its maintenance, as well as about the economy and its target function in the context of future inclusive sustainable development.

As for health, its basic concept as “a state of complete physical, mental and social well-being and not merely the absence of disease or infirmity” was formed by the UN back in 1946 and laid down in the Constitution of the World Health Organisation (WHO). Moreover, this Constitution treats the health as a key principle for “the happiness, harmonious relations and security of all peoples [2]. Such a broad definition implies a strong role of the state in vertical integration of national public health system (PHS), based on the primary healthcare as its institutional foundation at the level of the local community. The key role in such a system belongs to the hospital as a main institution for the treatment of acute diseases and pathologies with passive role of the patient ordering or needing medical services.

30 years later, after the entry into force in 1948 the WHO Constitution, in the Declaration of Alma-Ata Conference on Primary Health Care (PHC) in 1978 states that PHC “is based on the application of the relevant results of social, biomedical and health services research and public health experience, addresses the main health problems in the community, providing promotive, preventive, curative and rehabilitative services” and includes at least “education prevailing health problems and the methods of preventing and controlling them; promotion of food supply and proper nutrition; adequate supply of safe water and basic sanitation; maternal and child health care, including family planning; immunization against the major infectious diseases, prevention and control of local endemic diseases; appropriate treatment of common diseases and injuries; and provision of essential drugs” [3]. In general, within such framework, PHS realized a sectoral and “medical-centric” approach, although it came of the understanding, that “the

attainment of the highest possible level of health is a most important world-wide social goal whose realization requires the actions of many other social and economic sectors in addition to the health sector”, as well as all “aspects of national and community development, in particular agriculture, animal husbandry, food, industry, education, housing, public workers, communications and other” and “demands the coordinated efforts of all these sectors”. By virtue of this, there was declared “the need for urgent action by all governments, and health and development workers, and the world community to protect and promote the health of all the people of the world”, and stated the “main social target of the governments, international organizations and the whole world community in the coming decades should be attainment by all peoples of the world by the year 2000 of a level of health that will permit them to lead a socially and economically productive life”. Simultaneously, there was emphasized that “primary health care is the key to attorney this target as part of development in spirit of social justice” [ibid].

The adoption of this declaration made it possible to integrate the efforts of the world community in both struggle with a specific diseases, such as malaria or tuberculosis, and increasing the life expectancy of people in different countries and regions based on innovation technologies and healthy lifestyles. However, due to the deepening global economic and social stratification, primarily between developed and developing countries, by the 2000 the world was farther from the declared goal of “health for all” in “spirit of social justice” in the framework of “medical-oriented” approach than in 1978 [4]. This meant that that the problem of building effective PHS requires a broader intersectoral approach and needs a wider spectrum of socio-economical determinants and political and institutional drivers. Moreover, the Public Health System itself should be harmoniously integrated into the global development in context of the Millennium Development Goals (MDGs), defined by the UN for the 2000-2015 period.

Meanwhile, the global crisis of 2007-2009 has exacerbated the problem of social inequity even more and demanded better joint governance for better life and health. To develop such a policy, based on comprehensive intersectoral interaction, the World Conference on Social Determinants of Health there was held in Rio de Janeiro, Brazil, in October 2011, which noted, that “current global economic and financial crisis urgently requires the adoption of actions to reduce increasing health inequities and prevent worsening of living conditions and the deterioration of the universal health care and social protection systems” in spirit of policy “all for equity” and “health for all” [5]. In framework of this Rio Declaration there were worked out five domain of the monitoring system mirroring the five action areas and determined eight key sectors for determinant’s designing, including , in addition to health, seven more related sectors: housing and environment; agriculture and food; economy and trade; as well as employment, education, transport and justice. The adoption by the UN in 2015 of 17 SDGs on 2016-2030 period, among which the key role belongs to goal 3 (quality life and health), not only further strengthened the request for an integrated intersectoral approach to the building up the PHS, but also intensified attempts to work out a holistic system of health indicators [6].

To this end, forty years after Alma-Ata, in order to give adequate answers how to ensure the health in a spirit of intersectoral partnership and international cooperation in the face of innovation challenges of sustainable development, the new Global Conference on Primary Health Care was held in Astana, Kazakhstan, 25 and 26 October 2018. Within the framework of the Astana Declaration adopted there, a big shift is planned from previous focus on PHC towards Universal Health Coverage (UHC) with particular emphasis on new knowledge, capacity-building based on innovation-oriented human resources, technologies and financing. To achieve this goal, there was significantly expanded the range of active participants and partners, including individuals and local communities [7, sect. VI]:

“We support the involvement of individuals, families, communities and civil society...

We will increase community ownership and contribute of the accountability of the public and private sectors for more people to live healthier ... in enabling and health-conductive environments”. And further [7, sect.VII]:

“We call on all stakeholders- health professionals, academia, patients, civil society, local and international partners, agencies and funds, the private sector, faith-based organizations and others - to align with national policies, strategies and plans across all sectors, including through people-centered, gender sensitive approaches, to take joint actions to build stronger and sustainable PHC towards achieving UHC ... in a spirit of partnership and effective development cooperation, sharing knowledge and good practices while fully respecting national sovereignty and human rights.

Together we can and will achieve health and well-being for all, leaving no one behind”.

As we can see, over the past four decades, there has been a significant transformation in visions how to ensure high quality of public health. This transformation is manifested not only in the shift from PHC into UHC, which requires going beyond prevailing medical sciences and integration into broad interdisciplinary cooperation, but also a fundamental change in focus from hospital-oriented approach to people-centered one. Of course, such evolution took place also under the influence of that mainstream of the current decade, which affected the widespread transition from exclusive to inclusive models and proactive strategies of sustainable development. At the same time, quite naturally, not only the traditional question about the level of costs required for this arose, but also more broad problem of economic basis for such models. Moreover, the path and the cost of maintaining high quality of health and existing level of life expectancy demonstrated by OECD countries, as can be seen from Fig.1, turned to be economically unacceptable not only for the emerging economies, but also for most of the less developed states [8].

Emerging Economies Must Avoid the Traditional Development Path of Health Systems

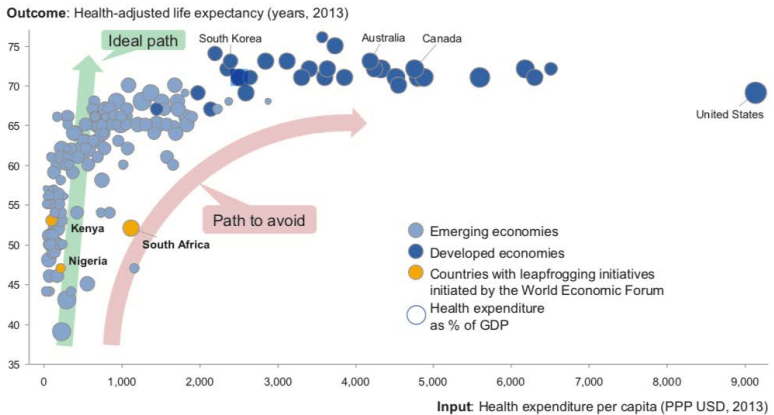


Figure 1. Life expectancy as a functional of health expenditures per capita
Source: WEF 2016

Indeed, from the data presented in Fig.1 it follows that if other countries build their PHS like the United States did, it would be necessary to spend almost the entire globally produced GDP. Meanwhile, the total expenditures that the entire planet can afford to spend on health maintenance practically don't exceed 10% of income. Of course, the creation of such models is a great innovation problem of extreme importance, requiring for its successful resolution not only technological, but also social, and most importantly - institutional innovations. Therefore, it is not much surprised that the last pre-pandemic WIPO Report “Global Innovation Index 2019” was fully dedicated to the problem of creating healthy lives based on medical innovations [9]. There were presented the visions of innovative future of the health systems in different countries in the eyes of leading chairpersons from industry associations and high-tech business. In particular, Mr. Chadrajit Banerjee, Director General of the Confederation of Indian industry stated [9, preface IX]:

“Healthcare is a sector of critical importance in India, in compassing an array of areas including hospitals, medicines, medical devices, clinical trials, outsourcing, telemedicine, medical tourism, health insurance, and medical equipment “.

His colleagues from Brazil, - Mr. Robson Braga de Andrade, President of the National Confederation of Brazilian Industry and Mr. Carlos Melles, President of the Brazilian Micro and Small Business Support Service, - are expanding this vision as follows [9, preface X]:

“Today, innovating in health means a great deal more than just developing new medicine. It means creating equipment capable of assisting in the diagnostic of diseases, developing medical devices for health monitoring and treatment, and conceiving customized treatments and protocols for each patient. Innovation goes beyond technological innovation - taking multiple forms that improve medicines, vaccines, and medical devices and that consider prevention, treatment, and the broader healthcare delivery and organization.

... [We] are confident that the emergence of intelligent, interconnected devices, sensors, and mobile trackers are essential for the country to develop telemedicine, which is one of the emerging technologies in this field. Artificial Intelligence (AI) is another promising technology in health that is gaining momentum due to the expansion of information processing capacity and data availability. AI can be used, among other things, to reduce medical errors. In countries like Brazil, where it is difficult for doctors to reach all regions of the country, telemedicine and AI could prove helpful in advancing medical care.”

Mr. Bernardt Charles, CEO of the “Dassault Systems”, one from globally leading software companies from France, shows even more broader vision [9, preface XI]:

“Healthcare is at the core of the Industry Renaissance that is emerging worldwide with new ways of inventing, learning, producing, trading and treating. We must no longer think of industry as a set of means of production, but instead as a vision of the world and a process of value creation that embraces all sectors in the economy and society. Today, we see new categories of innovators creating new categories of solutions for new categories of customers, citizens, and patients.

As we enter the age of experience economy - in which value is the usage rather than product-innovation is driven by consumer and patient experience. Today, society seeks personalized health and tailored patient experiences while ensuring optimum industrial security. Improving global health requires a holistic approach that includes cities, food, and education. It also implies a shift from reactive medicine to predictive and preventive approaches.

To achieve this multi scale purpose, we must connect people, ideas, data and solutions. Healthcare today calls for a fresh and collaborative approach to innovation, which cuts across scientific disciplines and breaks down silos to allow education, research, big firms, retailers, and patients to collaborate in real time.

Collaborative experience platforms are the infrastructure of this change. They provide a continuum of transformational disciplines to imagine, create, produce, and operate experiences from end to end.”

Such innovative visions and trends largely predetermined the situation when, next year after the Conference in Astana, a High-Level Meeting on Universal Health Coverage was held on the 23d of September 2019 in New York within the framework of the UN General Assembly. The Political Declaration, adopted during this Meeting, is oriented on scaling up the global efforts to build a healthier world for all and to achieve UHC by 2030 in coherence with 2030 Agenda. And in this regard there are specifically stated [10]:

“5. Recognize, that universal health coverage is fundamental for achieving the sustainable development goals;

8. Recognize, that health an investment in the human capital and social and economic development;

10. Recognize the need for health systems that are strong, resilient, functional, well governed, responsive, accountable, integrated, community-based, people-centered and capable of quality service delivery, supported by a complement health workforce, adequate health infrastructure, enabling legislative and regulatory frameworks as well as sufficient and sustainable funding;

52. Explore, encourage and promote a range of innovative incentives and finance mechanisms for health research and development, including a stronger and transparent partnership between the public and private sectors as well as the academia;

54. Engage all relevant stakeholders, including civil society, private sector and academia, ... through the establishment of participatory and transparent multi-stakeholder platforms and partnerships,...

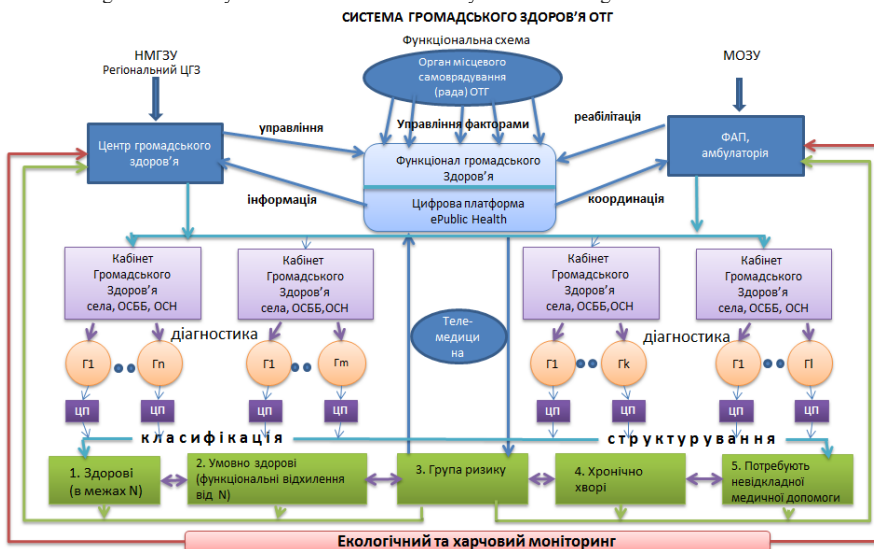
56. Build effective, accountable, transparent and inclusive institutions at all levels to end corruption and ensure social justice, ...

61. Develop, improve, and make available evidence-based training that is essential to different cultures..., as well as promote a continued education and life-long learning agenda and expand community-based health education and training in order to provide quality care for people through the life-course;

65. Strengthen capacity on health intervention and public-health-driven use of relevant evidence-based and user-friendly technologies, including digital technologies, and innovation to increase access to quality health and related social services and relevant information, improve the cost-effectiveness of health systems... to build and strengthen interoperable and integrated health information systems and public health surveillance, as well as the need to protect data and privacy and narrow the digital divide;

77. Realize and promote strong global partnership with all relevant stakeholders to achieve coverage and other health-related targets of the SDGs ...”

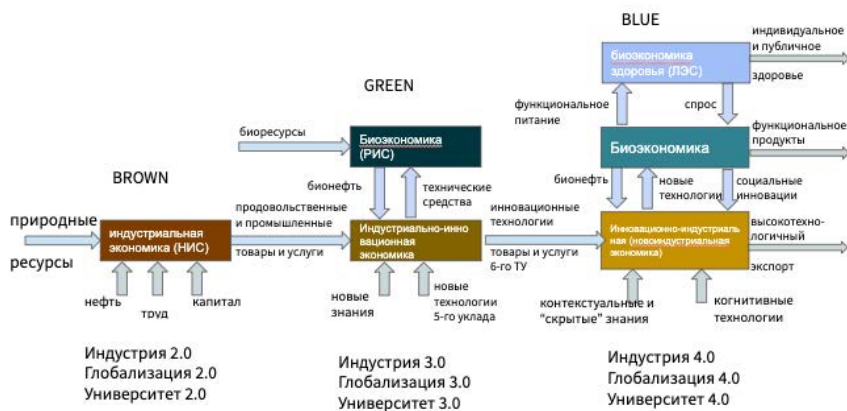
Taking into consideration the community-based (p.10) nature of such decentralized UHC ecosystems, their modeling is of fundamental importance (p.5). This leads to a well-grounded formulation of the problem of designing such local public health system as an innovation foundation for holistic multilayered national PHS, built in “bottom-up” direction and integrated with traditional vertically-subordinated PHC in spirit of p.65. At the same time, such a system is based on a nonclassical quantum mechanical concept of individual human health and the spatially distributed picture and factorized functional of public health of the local community [11]. In development of such approach and its expertise and implementation in a pilot version based on Polyana resort local community in Transcarpathia region in Ukraine there was arranged the first International scientific and practical round table “E-Public health management system for local community” in February 2018, and at the end of the same year (November,30 - December, 1) was held the First International scientific and practical conference “Public Health System: theory, methodology, technologies, social practice and management”. A schematic diagram of such system for the local community is shown in Fig.2



As can be seen from this figure, the key institutions of such local PHS are the Public Health (PH) Center and PH offices, connected via a digital platform into a common network. At the same time, these centers and offices are responsible for diagnosing and adjusting individual health indicators using technological systems based on artificial intelligence, while the central server and e-platform provide monitoring and affordable regulation of the PH factors for the entire community. The approach

implemented within the framework of this decentralized PHS is close in spirit to the energy-informational paradigm of health proposed by prof. Apanasenko G.L. [12], which is alternative to the existing traditional medical version of it. Such a paradigm, combined with a quantum-mechanical picture of health, opens up the prospect of creating a broad scientific platform for interdisciplinary synthesis that integrates the possibilities of natural and medical sciences.

Another aspect of such PHS is associated with its key role among 17 SDGs as well as the basis for the formation of human capital (p.8) as a leading one in inclusive sustainable development systems on an innovative basis. This means that health and PHC, which are often viewed outside economic categories as budget expenditures, within the UHC approaches and SDGs become a capital-forming direction. In this sense, we can talk about the synthesis of economics and health as a qualitatively new, post-nonclassical form of scientific rationality and a new stage in global economic evolution as an innovative BIOECONOMICS OF HEALTH. A schematic diagram of such evolution, as well as the essential differences that distinguish each of its stages, is shown in Fig.3.



НИС - национальная инновационная система; РИС - региональная инновационная система; ЛЭС - локальная (местная) экосистема

As one can see, two of the three steps of this “evolutionary ladder”, the Industrial (Brown) and Bioeconomy (Green), have become a reality in a third of the mainly developed countries on the planet, involving all the rest with help of the mechanisms of Globalization 2.0 (Trade without borders based on WTO rules) and Globalization 3.0 (Production without borders) [13]. The third, (Blue) BIOECONOMICS OF HEALTH, is the predicted future new post-pandemic economic reality, the target function of which is not the production of goods and services, even if they are ecological and organic, but expanded reproduction of health. In this sense, the institutional transformation of national economies towards decentralized formation of such bioeconomics is objectively the leading trend in the post-pandemic transformation of the global industry, integrating not only the opportunities of Industrialization 4.0 and the corresponding Globalization 4.0 (Service without borders), but also the modernized possibilities of the previous two types of economy (Brown and Green) as mega-means of world production. At the same time, this means that the local bioeconomics of health should become the new leader of post pandemic recovery and economic growth, however, given the necessary human capital. In turn, this also presupposes a corresponding evolution of educational institutions with the key role of network “University 4.0” [14], capable not only of training the necessary personnel for the future, but also serving as a “capitalizer” of humanitarian potential as well as a designer and globalizer of regional inclusive development. As a result, this creates both unprecedented innovative challenges and new great opportunities for regional mechanical and bioengineering and instrument making.

REFERENCES

1. Buckley P.J. The theory and empirics of the structural reshaping of globalization. *Journal of International Business Studies*, 2020, vol.51, No9, pp.1580-1592
2. Constitution of the World Health Organization. Geneva, UN, 1946. URL: https://www.who.int/governance/be/who_constitution_en.pdf
3. Declaration of Alma-Ata Conference on Primary Health Care, Alma-Ata, USSR, 6-12 September 1978. The International C - World Health Organization, 1978. URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/113877/E93944.pdf?us=.
4. Achieving Health Equity: from root causes to fair outcomes”, Interim Statement, Commission on Social Determinants of Health. Geneva, World Health Organization. 2007. URL: http://www.who.int/social_determinants/en
5. Rio Political Declaration on Social Determinants of Health, Rio de Janeiro, Brazil, 21 October 2011. URL: https://www.who.int/sdhconference/declaration/Rio_political_declaration.pdf?ua=1.
6. “Global monitoring of action on the social determinants of health: a proposed framework and basket of core indicators” [Consultation Paper]. Geneva, WHO, 2016. URL: http://www.who.int/social_determinants/consultation-paper-SDH-Action-Monitoring.pdf?ua=1.
7. Declaration of Astana Global Conference on Primary Health Care “From Alma-Ata Towards universal health coverage and the sustainable development goals”. Astana, 25 and 26 October, 2018. URL: <https://www.who.int/docs/default-source/primary-health/declaration/gcphc-declaration.pdf>
8. “Health Systems Leapfrogging in Emerging Economies. Ecosystem of Partnership for Leapfrogging”. WEF Report, May 2016. URL: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Health_Systems_Leapfrogging_Emerging_Economies_report.pdf
9. “Creating Healthy Lives- The Future of Medical Innovation”. Global Innovation Index 2019, 12th edition. Geneva, WIPO, 2019. URL: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_gii_2019.pdf
10. “Universal Health Coverage: moving together to build a healthier world”. Political Declaration of the UN High-Level Meeting on Universal Health Coverage. New York, UN, 23 September 2019. URL: <https://www.un.org/pga/73/WP-content/uploads/sites/53/2019/05/UHC-Political-Declaration-zero-draft.pdf>.
11. Сенюк Ю.В., Морозов О.Ф. Система громадського здоров'я як інноваційна проблема та фундамент сталого інклюзивного розвитку України. - Проблеми інноваційно-інвестиційного розвитку, 2018, вип.16, с.109-136.
12. Aranasenko G.L. “Introduction to a new paradigm of healthcare” (in Russian). Kyiv, 2020.
13. Baldwin R. “If this is Globalization 4.0, what we're the other three?” WEF 22.12.2018 URL: <https://www.weforum.org/agenda/2018/if-this-is-globalization-4-0-what-were-the-other-three/>
14. Seniuk Y. Entrepreneurial University as Innovation Hub In Transnational Economy: New Digital Platform for SME Globalization. - Proceedings of the 16th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications ICETA 2018. Sary Smokovec, The High Tatras: IEEE, November 15-16, 2018, pp.489-498.
15. Baldwin R. If this is Globalization 4.0, what were the other three? WEF 22.12.2018 URL: <https://www.weforum.org/agenda/2018/if-this-is-globalization-4-0-what-were-the-other-three/>
16. Seniuk Y. Entrepreneurial University as Innovation Hub In Transnational Economy: New Digital Platform for SME Globalization. - Proceedings of the 16th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications ICETA 2018. Sary Smokovec, The High Tatras: IEEE, November 15-16, 2018, pp.489-498.

Author:

Yuriy SENIUK, Academician of the Ukrainian Academy of Sciences, National Science-Technological Association of Ukraine, e-mail: iuriiseniuk@ukr.net

РОЛЬ, МІСЦЕ ТА ІСТОРИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЯ В. ОГОРОДНІКОВА В СТАНОВЛЕННІ ТЕОРІЇ ДЕФОРМОВНОСТІ

Вінницький національний технічний університет¹,
Вінницький національний аграрний університет²

Анотація

Ця робота присвячена вивченню ролі, місця та історичного значення критерія В. Огороднікова в становленні теорії деформовності. Стисло описано передісторію та фундамент на якому побудовано теорію, верхівкою якої став критерій В. Огороднікова. Зазначено ключові складові шаленого успіху та популярності теорії деформовності, як на стадії її становлення, так і в наш час. Серед цих складових акцентовано на унікальному менеджерському таланті Віталія Антоновича. Саме з цим пов'язується створення наукової школи В. Огороднікова та підтримка тісних і плідних стосунків з колегами з усіх великих та малих куточків України. Зазначені деякі найбільш перспективні напрямки розвитку теорії деформовності, що пов'язані з побудовою моделей на основі визначальних співвідношень спадкового типу.

Ключові слова: теорія деформовності, критерій Огороднікова, теорія тривалої міцності, теорія підсумовування пошкоджень, визначальні співвідношення спадкового типу.

Спочатку були праці Г. О. Смірнова-Аляєва, потім, в 1970 р. з'явився критерій В. Л. Колмогорова, а в 1975 в одному з провідних журналів була опублікована стаття авторів Г. Д. Деля, В. А. Огороднікова, В. Г. Нахайчука, де було запропоновано критерій деформовності матеріалів при пластичних деформаціях матеріалів під час обробки тиском. Ця стаття та сам критерій впродовж декількох років набули неабиякої популярності серед науковців і ця популярність зберігається і до сьогодні. Появі цієї праці передувала не менш важлива праця І. П. Рене, В. А. Огороднікова, В. Г. Нахайчука, в якій було розроблено теоретичні основи постановки експериментальних досліджень граничних пластичних деформацій матеріала при спільному крученні з розтягом за різними програмами суцільних циліндричних зразків. Оригінальні теоретичні розробки разом з унікальними й до сьогодні експериментальними даними – ось той фундамент, на якому була побудована модель підсумовування пошкоджень, що отримала назву "Критерій Огороднікова". Віддаючи належне геніальному Гарі Даниловичу, відомому теоретику І. Рене та унікально талановитому В. Нахайчуку, наукова спільнота абсолютно справедливо усвідомлює, що провідна роль в цих дослідженнях належить Віталію Антоновичу, який завжди був командним гравцем.

Якими б визначними не були згадані праці, а також багато інших праць В. Огороднікова, що були присвячені застосуванню однойменого критерія в дослідженні процесів обробки металів тиском, це була тільки одна частина такого шаленого успіху. Друга, і, можливо, головна, частина, полягає в унікальному менеджерському таланті Віталія Антоновича. І створена ним наукова школа у Вінницькому національному технічному університеті – лише невелика частина цієї діяльності. Насправді учні В. Огороднікова працюють не тільки по всій Україні, а й далеко за її межами. Але головне – це величезна кількість друзів в усіх куточках України та за її межами, яких Віталій Антонович умів переконати у важливості своїх досліджень і за допомогою яких розвиток та застосування теорії деформовності досягло того рівня, що ми сьогодні спостерігаємо.

Яке ж місце займають дослідження В. Огороднікова на фоні світових праць? Щоб відповісти на це питання достатньо розглянути один із напрямків, що безпосередньо пов'язаний з появою критерія В. А. Огороднікова, а саме – побудову діаграм пластичності.

За останні два десятиліття цей напрям набув фантастичної для відповідної галузі наук популярності: сотні, а швидше тисячі публікацій в провідних закордонних журналах та виданнях. Це можна пов'язати з двома основними причинами.

Одна із них полягає в різкому зростанні потужності, а, отже, і практичної цінності результатів математичного моделювання за допомогою сучасних програмних комплексів типу Abaqus, LS-Dyna, DEFORM 3D і т. ін. Для розрахунку граничних пластичних деформацій в цих комплексах передбачено використання різних математичних моделей [1].

Інша – в необхідності пошуку можливостей, принаймні, часткової заміни надзвичайно дорогіших краш-тестів автомобілей лабораторними випробуваннями механічних властивостей матеріалів за різних умов напруженого стану.

Слід визнати, що праці наукової школи В. Огороднікова відомі у всьому світі. І в той же час авторами [1], на основі аналізу сотен високореєтингових закордонних публікацій, констатується, що ці праці у світовій науковій літературі відповідного напрямку не набули того визнання, що мають аналогічні праці закордонних вчених, опубліковані в той самий історичний період. Слід визнати і те, що незважаючи на загальне визнання вітчизняними науковцями вагомості наукового вкладу праць В. Огороднікова в українську та світову науку, й до сьогодні недостатньо усвідомлюється істине місце цих праць серед найрейтинговіших аналогів у світовій науковій літературі відповідного напрямку. Задача виправлення цієї історичної несправедливості покладатися на послідовників школи В. Огороднікова, як і подальший розвиток теорії деформовності.

В якості обґрунтування актуальності цих досліджень достатньо зауважити, що сотні публікацій в престижних закордонних виданнях, обмежуються застосуванням спрощених, у порівнянні з критерієм В. Огороднікова, моделей. А праць, в яких поєднуються теоретичний рівень цього критерія з його численними прикладними застосуваннями, притаманними працям В. Огороднікова та його учнів [2, 3], в закордонній літературі автори не знайшли.

Щодо найбільш цікавих та перспективних, з нашого погляду, сучасних напрямів розвитку теорії деформовності, насамперед, слід відзначити теорію підсумовування пошкоджень на основі визначальних співвідношень спадкового типу. Розвиток цього напрямку не тільки сприяв поєднанню та взаємозбагаченню теорій тривалої міцності та деформовності в рамках загальної теорії підсумовування пошкоджень, а й виводить саму загальну теорію далеко за рамки галузей її традиційного використання. Про це свідчить і знайдений авторами зв'язок теорії підсумовування спадкового типу з класичною задачею про таутохрону, а отже, і брахістохроною - кривою найшвидшого спуску. А також модель та закономірності, що з неї випливають, стосовно витрачання ресурсу спортсмена, що долає певну дистанцію із змінною швидкістю пересування.

Постановка та розв'язання оригінальних для теорії підсумовування пошкоджень математичних задач оптимізації надала можливість винайти закони зміни швидкості деформації, що відповідають переходу матеріалів в стан надпластичності.

Звичайно, ми торкнулися лише деяких перспективних напрямів досліджень серед десятків інших, які безсумнівно будуть висвітлені у багатьох доповідях цієї конференції.

На завершення цього тисляго, звичайно, суб'єктивного, і далеко, далеко неповного аналізу ролі місця та історичного значення критерія В. Огороднікова в становленні теорії деформовності, наведемо наші ж слова до одного з недавніх минулих ювілів Віталія Антоновича

«ВСЕ ВЕЛИКЕ БАЧИТЬСЯ ЗДАЛЕКУ»...

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Михалеви́ч В. М. Порівняльне дослідження моделей граничних пластичних деформацій / В. М. Михалеви́ч, Ю. В. Добранюк, О. В. Красевський // Вісник машинобудування та транспорту. – Вінниця: ВНТУ – 2018. – № 2(8). – С. 56-64.
2. Огородніков В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В. А. Огородніков. — К. : Вища школа. 1983. – 175 с.
3. Матвийчук В. А. Совершенствование процессов локальной ротационной обработки давлением на основе анализа деформируемости металлов: Монография / В. А. Матвийчук, И. С. Алиев. – Краматорск: ДГМА, 2009. – 268 с.

Володимир Маркусович Михалевич, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри вищої математики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vmykhal@gmail.com

Віктор Андрійович Матвійчук, д-р техн. наук, професор, декан інженерно-технологічного факультету, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, e-mail: vamatv50@gmail.com;

ROLE, PLACE AND HISTORICAL SIGNIFICANCE OF V. OGORODNIKOV'S CRITERION IN THE FORMATION OF THE THEORY OF DEFORMITY

Abstract

This work is devoted to the role, place, and historical significance of V. Ogorodnikov's criterion in the formation of the theory of deformation. The background and the foundation on which the theory is built, the top of which was V. Ogorodnikov's criterion, is briefly described. The key components of the wild success and popularity of the theory of deformation, both at the stage of its formation and in our time, are indicated. Among these components, the emphasis is on the unique managerial talent of Vitaly Antonovich. With this, the creation of V. Ogorodnikov's scientific school is associated and the support of close and fruitful relations with colleagues from all large and small parts of Ukraine. These are some of the most promising directions in the development of the theory of deformation associated with the construction of models based on the constitutive relations of the hereditary type.

Keywords: theory of deformation, Ogorodnikov criterion, theory of long-term strength, theory of damage summation, constitutive relations of the hereditary type.

Mykhalevych Volodymyr, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair for Higher Mathematics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, vmykhal@gmail.com

Matviichuk Viktor, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Dean of the engineering and technology faculty, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, vamatv50@gmail.com

РОЗВИТОК СИСТЕМИ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Описані основні етапи розвитку системи пасажирського транспорту міста Вінниці та тенденції її розвитку в майбутньому.

Ключові слова: система міського пасажирського транспорту; оновлення рухомого складу; якість перевезень; розвиток системи; звичайний режим руху; маршрутні таксі; громадський транспорт.

Одним із визначальних факторів соціально-політичної стабільності країни в сучасному світі є надійна система міського пасажирського транспорту, що однаково справедливо як для України, так і для будь-якої іншої країни. Але, на жаль, станом на початок ХХІ століття, система міського пасажирського транспорту була практично зруйнована. Держава переклала на муніципалітети відповідальність за роботу міського пасажирського транспорту, а також право управління трамвайними і тролейбусними депо й автотранспортними підприємствами. Але муніципалітети не отримали ніяких інвестицій та фінансової підтримки для подальшого розвитку міських перевезень. Тому на місцевому рівні не вдалось своєчасно забезпечити оновлення застарілого парку рухомого складу, як це відбувалось донедавна, коли відповідальність за вирішення подібних задач цілком покладалась на державу. Це спричинило зниження якості транспортних послуг на міському рівні.

У той самий час активно йшов процес приватизації й акціонування, що дало цілком очікуваний результат – монополія державних підприємств була фактично ліквідована. Ринок автотранспортних послуг захопили і поділили приватні перевізники. Згодом, завдяки накопиченому досвіду та орієнтуванню на більш цивілізовані бізнес-відносини, їхні послуги дозволили відчутно покращити якість і підняти рівень перевезень, однак чіткої взаємодії між різними видами транспорту все ж не вдалось досягнути.

Здавалося б, збільшення кількості маршрутних таксі у Вінниці дозволило підняти рівень транспортного обслуговування населення. Необхідно зауважити, що подібні заходи не є універсальним безвідмовним засобом, оскільки вулично-дорожня мережа постійно перенасичується транспортом. В результаті цього екологічна ситуація в місті постійно погіршується поряд з одночасним зростанням відсотка аварійності на дорогах. В місті розпочались перегони маршрутних таксі, коли з метою отримати пасажира водії транспортних засобів намагались випередити один одного на перехрестях, що часто призводило до виникнення аварійних ситуацій, а нерідко й до дорожньо-транспортних пригод. Також маршрутні транспортні засоби штучно зменшували технічну швидкість руху громадського транспорту утворюючи перешкоди для їх руху. В результаті громадським транспортом в основному користувались пасажирів, які мали пільги на проїзд. В таких умовах технічний стан та зовнішній вигляд трамваїв і тролейбусів Вінницького трамвайно - тролейбусного управління перебували в критичному стані, а саме підприємство зазнавало колосальних фінансових витрат та було на межі закриття.

Щоб змінити складну ситуацію, яка панувала в системі міського пасажирського транспорту, Вінницька міська влада пішла на безпрецедентні кроки і першою в Україні розпочала системно наводити лад в міських пасажирських перевезеннях.

За дорученням Міського голови міста Вінниці колектив кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету у 2008 році розробив концепцію розвитку пасажирського автомобільного транспорту з метою оптимізації маршрутної мережі у м. Вінниця, яка впроваджена в 2012 році та успішно функціонує на даний час. Протягом усього періоду колектив кафедри проводить авторський супровід розроблених реко-

мендацій, аналізує реальну ситуацію на маршрутній мережі та за необхідності корегує запропоновані розробки.

Реалізація заходів по оптимізації маршрутної мережі у м. Вінниця проводилась поетапно. До початку впровадження тобто до 23 лютого 2012 р. перевезення пасажирів в місті Вінниці здійснювались на 15 тролейбусних маршрутах та 5 трамвайних маршрутах, 47 автобусних маршрутах: з них 9 – в звичайному режимі руху, 38 – в режимі руху маршрутного таксі. При цьому на маршрутах перевезень щоденно працювало 62 трамвая, 93 тролейбуса, 461 автобус: з них 14 – великої пасажиромісткості, 91 – середньої пасажиромісткості, 356 – малої пасажиромісткості. В результаті проведених досліджень, базуючись на наведених вище принципах було розроблено і впроваджено вдосконалену маршрутну мережу з 23 лютого 2012 перевезення здійснювались на 14 тролейбусних маршрутах та 5 трамвайних маршрутах, 44 автобусних маршрутах: з них 9 – в звичайному режимі руху, 6 в експресному режимі, 29 – в режимі руху маршрутного таксі. При цьому на маршрутах перевезень щоденно працювало 74 трамвая, 111 тролейбусів, 309 автобусів: з них 23 – великої пасажиромісткості, 91 – середньої пасажиромісткості, 195 – малої пасажиромісткості. Після реалізації першого етапу роботи продовжувались вивчалась нова мережа, пасажиропотоки на окремих напрямках перевезень і вносились відповідні корективи. На початок 2021 р. у місті Вінниця перевезення здійснюються на 17 тролейбусних маршрутах та 6 трамвайних маршрутах, 54 автобусних маршрутах: з них 18 – в звичайному режимі руху, 36 – в режимі руху маршрутного таксі. На маршрутах працює 74 трамвая, 133 тролейбуса, 308 автобусів: з них 60 – великої пасажиромісткості, 81 – середньої пасажиромісткості, 167 – малої пасажиромісткості.

Реалізація основних положень концепції дозволила досягти поставлених завдань. Збільшились обсяги перевезень пасажирів електротранспортом з 58% до 76%. Значно зменшилась кількість автобусів малої пасажиромісткості що використовуються при перевезенні пасажирів з 356 одиниць до 167. Кількість автобусів великої пасажиромісткості при цьому збільшилась з 14 до 60 одиниць. Зросла кількість маршрутів на яких перевезення здійснюються в загальному режимі руху. Створено автобусний парк в складі Вінницького трамвайно - тролейбусного управління яке реорганізовано у Вінницьку транспортну компанію. Наведене вище дозволило значно зменшити навантаження на вулично-дорожню мережу від пасажирських перевезень що в свою чергу дозволило знизити рівень завантаженості міських вулиць та підвищити безпеку руху на них.

Крім того слід зазначити що збільшення обсягів перевезень пасажирів муніципальним транспортом сприяло покращенню фінансового стану Вінницької транспортної компанії що в свою чергу дозволило провести капітально-відновлювальні ремонти всіх тролейбусів, придбати 40 нових тролейбусів та 30 автобусів, провести модернізацію трамваїв - встановити новітню систему керування тяговими двигунами, що дозволило заощадити до 40% електроенергії на рух, встановити нову інформаційну систему, створити сучасний дизайн зовнішнього вигляду кузова вагона, запровадити конструкція з низькополюю вставкою, розпочати виготовлення тролейбусів з автономним ходом.

В перспективі розглядається можливість заміни всіх автобусів, що працюють в режимі маршрутного таксі на автобуси, які працюватимуть в звичайному режимі руху та належатимуть комунальному підприємству «Вінницька транспортна компанія». Це дозволить запровадити чіткий розклад руху на всіх маршрутах, особливо у віддалених районах міста у вечірній час, та покращить їх сполучення з центром міста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Біліченко В.В., Цимбал С.В. Методика визначення базових параметрів автобусних маршрутів загального користування. Вісник СевНТУ. Серія машинобудування та транспорт: збірник наукових праць. Севастополь, 2012. № 134. С. 230-233.
2. Біліченко В.В., Цимбал С.В., Романюк С.О. Евристичний підхід до формування маршрутної мережі міських пасажирських перевезень. Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні: тези доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції, Львів, 24-25 вересня 2015 р. Львів, 2015. С. 59-61.

3. Біліченко В.В., Цимбал С.В., Крещенецький В.Л., Тодорашко Г.Ю. Комплексний підхід до вирішення існуючих проблем функціонування транспортної системи міста. Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки»). Луцьк, 2016. № 55. С. 22-25.
4. Біліченко В.В., Цимбал С.В., Біліченко Н.О. Системний підхід до вдосконалення виробничої системи міських пасажирських перевезень. II Всеукраїнська науково-теоретична конференція «Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв'язання», 16–18 березня 2017 року: Тези доповідей. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017. С. 35-36.
5. Біліченко В.В., Цимбал С.В., Лановий Р.С., Цимбал О.В. Розробка системи підтримки прийняття рішень з вдосконалення маршрутної мережі міських пасажирських перевезень. Новітні шляхи створення, експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів. Миколаїв: МТУ «Миколаївська політехніка», 2017. С. 10-11.
6. Біліченко В.В., Цимбал С.В., Цимбал О.В. Вдосконалення міських пасажирських перевезень з використанням моделювання попиту населення на перевезення. Матеріали XII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 21-23 жовтня 2019 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. Вінниця: ВНТУ, 2019. С. 24-26.
7. Біліченко В.В., Цимбал С.В., Цимбал О.В. Аналіз методів визначення кількості та пасажиромісткості рухомого складу на міських маршрутах пасажирських перевезень. Вісник машинобудування та транспорту Вінниця, 2020. № 2(12). С. 11-18.
8. Біліченко В.В., Цимбал С.В., Цимбал О.В. Моделювання міської маршрутної системи. I Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту. Вінниця: ВНТУ, 2021. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2021/paper/view/12830/10773>.

Біліченко Віктор Вікторович – доктор технічних наук, професор, ректор Вінницького національного технічного університету, e-mail: bilichenko.v@gmail.com

Цимбал Сергій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Автомобілі та транспортний менеджмент» Вінницького національного технічного університету, e-mail: tsybmal_s_v@ukr.net

DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF URBAN PASSENGER TRANSPORT OF VINNITSA CITY TERRITORIAL COMMUNITY

Abstract

The main stages of development of the passenger transport system of the city of Vinnytsia and tendencies of its development in the future are described.

Keywords: urban passenger transport system; rolling stock renewal; quality of transportation; system development; normal mode of movement; minibuses; public transport.

***Bilichenko Viktor** - Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector of Vinnytsya National Technical University, e-mail: bilichenko.v@gmail.com*

***Tsybmal Serhii** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsya National Technical University, e-mail: tsybmal_s_v@ukr.net*

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СКЛАДНИХ КОЛИВАНЬ ПРУЖНИХ ТІЛ

¹Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П.Сагайдачного,

²Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація

Для опису складних коливань пружних тіл розроблений аналітично-експериментальний метод. Цей метод полягає в тому, що відома раніше інформація про одну з форм коливань використовується при побудові математичних моделей інших. Це певною мірою спрощує математичну модель динаміки процесу досліджуваного пружного тіла.

Ключові слова: динаміка, коливання, математична модель, нелінійність.

У процесі експлуатації машин та механізмів найпростіші їх пружні елементи під дією зовнішніх та внутрішніх чинників здійснюють складні коливання – поєднання у різних комбінаціях поздовжніх, згинальних та крутильних. У загальному випадку математичними моделями процесу таких складних процесів пружних тіл навіть для одновимірних розрахункових моделей є крайові задачі для систем диференціальних рівнянь з частинними похідними. Дослідити аналітично процеси у таких тілах є складною математичною проблемою, чисельна ж симуляція вказаних математичних моделей не дає відповідей на низку практичних питань: це в першу чергу питання зовнішніх та внутрішніх резонансів. Для часткового розв'язання вказаної проблеми розроблено аналітико-експериментальний метод основні ідеї якого полягають у наступному: наперед відому інформацію про одну із форм коливань використовують під час побудови математичних моделей інших. Це у певній мірою спрощує математичну модель динаміки процесу розглядуваного пружного тіла. До того, якщо апріорна інформація описує динаміку процесу малих коливань у порівнянні із іншими, то для опису невідомих форм коливань достатньо ефективними методами дослідження є асимптотичні методи нелінійної механіки [1], які ґрунтовно розроблені для нелінійно пружних тіл [2]. Основну ідею вказаної методології у роботі узагальнено на нові класи систем, систем, які піддаються дії імпульсних збурень. Її викладено на прикладі пружного тіла, яке обертається з кутовою швидкістю Ω здійснюючи крутильні та поздовжні коливання. Щодо зовнішніх дій, то вони зумовлені взаємодією тіла із зовнішнім середовищем під час його обертання в окремих точках, а відтак характеризуються імпульсними моментами. Крім цього, вважається, що основні характеристики поздовжніх коливань є відомими і описуються функцією $u(z,t)$. Приймаючи для таких складних процесів у пружному тілі крутильні коливання за переносний рух, і відповідно, поздовжні - за відносний, диференціальне рівняння крутильних коливань такого пружного тіла можна привести до вигляду

$$\frac{\partial^2 \theta(z,t)}{\partial t^2} - \frac{G}{\rho} \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} = \frac{1}{I_z} \left[2m\Omega u \frac{\partial u}{\partial t} + \sum_{i=1} F_i \left(z, \theta, \frac{\partial \theta}{\partial t}, \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) \delta(z - z_i) \delta(t - t_i) \right]. \quad (1)$$

В (1) I_z - погонний момент інерції відносно осі обертання тіла, G - модуль зсуву, $\delta(z - z_i), \delta(t - t_i)$ - дельта функції Дірака [3,4] лінійної та часової змінних, $F_i \left(z, \theta, \frac{\partial \theta}{\partial t}, \frac{\partial \theta}{\partial z} \right)$ - нелінійні δ за сукупністю змінних функції, які характеризують величини дії у точках з координатою z_i , в момент часу t_i , m - маса одиниці довжини пружного тіла, $2m\Omega \frac{\partial u}{\partial t} dz$ -

момент відносно осі обертання коріюлової сили інерції елемента пружного тіла.

Вказане рівняння, для простоти, будемо розглядати за однорідних крайових умов

$$\theta(z,t)|_{z=0} = \theta(z,t)|_{z=l} = 0. \quad (2)$$

Права частина рівняння (1) за величиною є значно менша від другого доданку лівої частини. Останнє обмеження, на перший погляд, є підставою для застосування загальних ідей методів збудень при побудові одностатного розв'язку крайовій задачі (1), (2). Однак права частина рівняння (1) є дискретною функцією за лінійною та часовою змінними. Тому для застосування вказаних вище методів треба провести регуляризацию правої частини вказаного рівняння. Щодо регуляризації її за лінійною змінною, то тут методика відома і вона базується на властивостях повноти та ортонормованості системи власних функцій, які описують форми крутильних коливань незбуреного руху. Набагато складніша задача регуляризації правої частини за часовою змінною. На базі використання основних властивостей дельта-функцій та спеціальної заміни зміни вдалось провести вказану процедуру і за часовою змінною, а відтак отримати рівняння, які описують амплітудо-частотну характеристику крутильних коливань пружного тіла. Їх особливістю є те, що вони залежать від основних параметрів (амплітуди та частоти) позовжніх коливань та зовні нього збурення. Розглянуто важливий практичний випадок, випадок дії імпульсних моментів у фіксованій точці пружного тіла через рівні проміжки часу. Для нього зокрема встановлено:

- у пружному тілі можуть існувати резонансні явища зумовлені періодичним імпульсним моментом, та взаємним впливом одних коливань на інші;
- амплітуда крутильних коливань під час переходу через резонанс за малих кутових швидкостей обертання є більшою;
- резонансні явища зумовлені згинальними коливаннями пружного тіла можуть мати місце на непарних мод крутильних коливань.

Отримані результати можуть бути базою для вибору режимів роботи машин та механізмів з метою уникнення у них резонансних процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Боголюбов Н. Н. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний / Боголюбов Н. Н., Митропольский Ю. А. / – М.: Наука, 1974. – 501 с.
2. Митропольский Ю. А. Асимптотические решения уравнений в частных производных / Ю. А. Митропольский., Б. И. Мосенков. – Киев: Вища школа, 1976. – 584 с.
3. Дельта-функция. “Математика” [электронный ресурс]. URL: <https://math.world.wolfram.com/DeltaFunction.html>.
4. Дельта-функция. “Математика” [html электронный ресурс]. URL: <https://math.world.wolfram.com/DeltaFunction.html>.
4. Олейник О. А. Лекции об уравнениях с частными производными / О. А. Олейник. – Москва: Бинном, 2005. – 60с.

Сокіл Богдан Іванович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерної механіки Національної академії сухопутних військ ім. гетьмана П.Сагайдачного, Львів, sokil_b_i@ukr.net.

Сеник Андрій Петрович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри прикладної математики Національного університету «Львівська політехніка», Львів, andriy.p.senyk@lpnu.ua.

Сокіл Марія Богданівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій Національного університету «Львівська політехніка», Львів, maria.b.sokil@lpnu.ua.

Андрухів Андрій Ігорович, кандидат технічних наук, директор науково-технічної бібліотеки Національного університету «Львівська політехніка», Львів, andriy.i.andrukhiv@lpnu.ua.

MATHEMATICAL MODELS AND ANALYTICAL METHODS OF INVESTIGATION OF COMPLEX OSCILLATIONS OF ELASTIC BODIES

Abstract

An analytical-experimental method has been developed to partially solve the description of complex oscillations. This method consists in the fact that previously known information about one of the forms of oscillations is used in the construction of mathematical models of others. This to some extent simplifies the mathematical model of the dynamics of the process of the studied elastic body.

Keywords: dynamics, oscillations, mathematical model, nonlinearity.

Bohdan Sokil, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Engineering Mechanics of the National Academy of Land Forces named after Hetman P. Sahaidachny, Lviv, sokil_b_i@ukr.net.

Andriy Senyk, Candidate of Philology physical and mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Applied Mathematics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, andriy.p.senyk@lpnu.ua.

Maria Sokil, Candidate of Philology Technical Sciences, Associate Professor, Department of Transport Technologies of the National University "Lviv Polytechnic", Lviv, maria.b.sokil@lpnu.ua.

Andriy Andrukhiv, Candidate of Philology Technical Sciences, Director of the Scientific and Technical Library of the National University "Lviv Polytechnic", Lviv, andriy.i.andrukhiv@lpnu.ua.

ПРО ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЗАХИЩЕНОСТІ СПЕЦІАЛЬНИХ СПОРУД ВІД УДАРНИХ ДІЙ

¹Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

²Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація. У роботі презентується методика дослідження динамічних процесів елементів інженерних споруд спеціального призначення від вибухової дії снарядів. За фізичну модель елементів інженерних споруд вибрано пружно підкріплені балки із шарнірно закріпленими кінцями. Розглядається випадок, коли пружні властивості балки задовольняють нелінійному закону пружності. Побудовано математичну модель процесу серії ударних дій снарядів у різних точках елемента захисної споруди. Показано, що найбільш небезпечними випадками з огляду на захищеність споруди, є ті, коли ударна дія повторюється через однакові проміжки часу, а точки ударів знаходяться ближче до середини захисного елемента.

Ключові слова: інженерна споруда, математична модель дії системи вибухів, оцінка захисної спроможності.

Підвищення захисної спроможності особового складу та військової техніки від ударних вибухових дій та дій стрільцької зброї завжди була і, з огляду на події сьогодення, залишається проблемою актуальною. Впродовж останніх десятиліть для цього застосовуються багатопарові чи пружно підкріплені конструкції. Обґрунтовується це тим, що їх захисна спроможність у порівнянні із монолітними аналогами з такими ж характеристиками (товщина, вага, собівартість і т.д.) є набагато вищою. Причиною цього є те, що частина енергії ударної дії кулі чи вибуху втрачається на внутрішню взаємодію між шарами конструкції чи елементів захисту та пружним підкріпленням. Однак належного обґрунтування вибору фізико-механічних характеристик елементів таких складних конструкцій на сьогодні не існує через проблеми пов'язані із побудовою та дослідженням аналітичних розв'язків відповідних математичних моделей. Тому у роботі обґрунтовується використання системи пружного підкріплення елементів захисних споруд із вибором їх характеристик. У ній пружні елементи захисного покриття моделюються пружно підкріпленими балками, а динамічна дія куль – точково прикладеними силами. Задача полягає у визначенні прогину захисного елемента та його залежності від фізико-механічних властивостей пружного елемента, підкріплення, ударної дії снаряду. Для розв'язання поставленої задачі у роботі зроблено спробу перенести загальні ідеї методів збурень на динамічні системи із дискретною дією зовнішнього збурення. Аналіз отриманих результатів дозволяє стверджувати, що використання додаткового “підпружинення” суттєво зменшує динамічну дію серії ударних дій снарядів на елементи захисних споруд; дія однакових ударних імпульсів на елементи захисних споруд є більшою у випадку, коли точки удару знаходяться ближче до середини захисного елемента, за пружне підкріплення пропонується використовувати гуму, шар ґрунту, гнучкі настили деревини.

Андрухів Андрій Ігорович кандидат технічних наук, доцент, Національний університет «Львівська політехніка», Львів

Гузик Надія Миколаївна кандидат фізико-математичних наук, доцент, професор кафедри інженерної механіки (ОТІВ), Національна академія сухопутних військ, Львів, bryntsv@ukr.net

Сокіл Богдан Іванович доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інженерної механіки (ОТІВ), Національна академія сухопутних військ, Львів, sokil_b_i@ukr.net

Сокіл Марія Богданівна кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», Львів.

ON WAYS TO INCREASE PROTECTION OF SPECIAL STRUCTURES FROM IMPACT ACTION

Abstract. *The technique of research of dynamic processes of elements of engineering constructions of special purpose from explosive action of projectiles is developed. Elastically reinforced beams with hinged ends were chosen for the physical model of elements of engineering structures. It is assumed that the elastic properties of the latter satisfy the nonlinear technical law of elasticity. A mathematical model of the process of a series of impact actions of projectiles at different points of the element of the protective structure is constructed. It is shown that the most dangerous cases, given the security of the structure, are those when the impact is repeated at equal intervals, in addition, the point of impact is closer to the middle of the protective element.*

Key words: *engineering structure, mathematical model of action of the system of explosions, protection capability assessment.*

Andruxhiv Andriy PhD, National University “Lvivska Politechnika”, Lviv

Huzyk Nadiia PhD, Associated Professor, Professor of the Department of Engineering Mechanics (Weapons and Equipment of Military Engineering Forces), Hetman Petro Sakhajdachnyi National Army Academy, Lviv, hryntsiv@ukr.net

Sokil Bohdan Doctor of the technical sciences, Professor, Head of the Department of Engineering Mechanics (Weapons and Equipment of Military Engineering Forces), Hetman Petro Sakhajdachnyi National Army Academy, Lviv, sokil_b_i@ukr.net

Sokil Mariia PhD, Associated Professor, Associate Professor of Transport Technologies, National University “Lvivska Politechnika”, Lviv.

СТЕНД ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВИЧАЙНОЇ І АЕРОДИНАМІЧНОЇ НЕЗРІВНОВАЖЕНОСТЕЙ ПОВІТРЯНОГО ГВИНТА

Центральноукраїнський національний технічний університет

Анотація

Описаний стенд, розроблений для дослідження звичайної і аеродинамічної незрівноваженостей повітряного гвинта, та розробки методів балансування. Описані конструкція стенда, вимірювальне обладнання, результати тестування стенду.

Ключові слова: аеродинамічна незрівноваженість, незрівноваженість мас, повітряний гвинт.

Існує загальна проблема зменшення шуму і вібрацій повітряних гвинтів, викликаних звичайною і аеродинамічною незрівноваженостями [1]. Через виявлену аналогію між цими двома незрівноваженостями [2–4] їх можна одночасно балансувати коригуванням мас, аеродинамічно, або мішаним балансуванням. З іншого боку існують труднощі у виділенні з загальних вібрацій складових від незрівноважених мас і аеродинамічної незрівноваженості. Через це на сьогодні розроблені ефективні методи балансування повітряних гвинтів тільки коригуванням мас. Для дослідження звичайної і аеродинамічної незрівноваженостей повітряного гвинта, та розробки методів балансування був розроблений стенд, зображений на рис. 1.

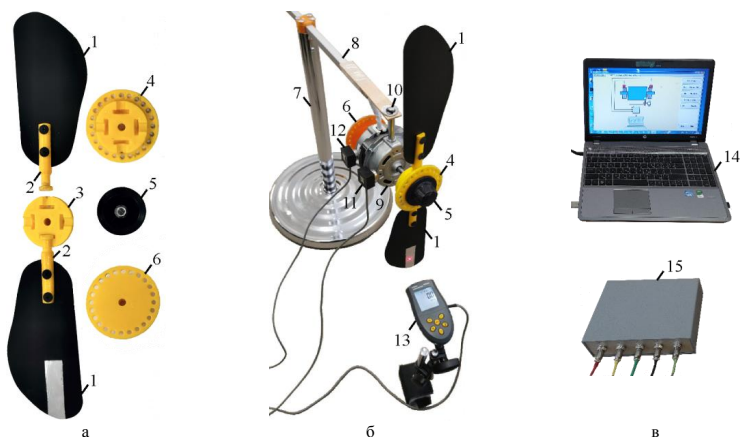


Рис. 2. Стенд для дослідження звичайної і аеродинамічної незрівноваженостей повітряного гвинта:

а – конструкція крильчатки і балансувальних дисків; б – механічна частина стенду; в – вимірювальне обладнання
1 – лопать; 2 – вісь; 3 – втулка; 4 – втулка з балансувальним диском з боку крильчатки; 5 – притиска гайка;
6 – балансувальний диск з боку хвостовика електродвигуна; 7 – стійка; 8 – штанга; 9 – електродвигун;
10 – маятниковий підвіс електродвигуна; 11 – перший датчик (вібропришвидшень) в площині підшипника з боку крильчатки; 12 – другий датчик в площині підшипника з боку хвостовика; 13 – тахометр; 14 – ПК;
15 – балансувальний прилад Балком-4М

Повітряний гвинт може мати 1 лопать з противагою, 2 і 4 лопаті. Лопаті у крильчатці можуть бути однаковими і різними, можлива зміна кутів установки (атаки) лопатей.

- Стенд призначений для:
- дослідження аеродинамічних сил, що діють на одну лопать;
 - оцінки статичної і динамічної незрівноваженості повітряного гвинта після складання;
 - оцінки аеродинамічної складової незрівноваженості;
 - дослідження залежності аеродинамічної незрівноваженості від неточності виготовлення повітряного гвинта, зміни температури і атмосферного тиску, наявності перепон перед гвинтом тощо;
 - балансування повітряного гвинта коригуванням мас, аеродинамічно і мішаним балансуванням;
 - визначення ККД повітряного гвинта і потужності електродвигуна.
- При випробовуванні стенда було встановлено, що:
- статичне балансування обертових частин в зборі може максимально (з точністю до чутливості балансувального приладу) усунути обертові складові вібрації тільки в одній опорі, а динамічне – у двох;
 - аеродинамічна складова незрівноваженості переважно моментна, майже не чутлива до зміни швидкості обертання крильчатки, більш чутлива до зміни температури повітря і найбільш чутлива до наявності перепон перед повітряним гвинтом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зиборов К.А., Ванжа Г.К., Марьенко В. Н. Дисбаланс как один из основных факторов влияющий на работу роторов шахтных вентиляторов главного проветривания // Современное машиностроение. Наука и образование. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, – 2013, № 3. – С. 734–740. – Режим доступа: URL: http://www.mmf.spbstu.ru/mese/2013/734_740.pdf
 2. Филimoniхин Г. Б., Олийниченко Л. С. Исследование возможности уравнивания аэродинамического дисбаланса крыльчатки осевого вентилятора корректировкой масс // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. Т. 5, N 7(77). С. 30–35. doi : <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2015.51195>
 3. Olijnichenko L., Filimonikhin G., Nevdakha A., Pirogov V. Patterns in change and balancing of aerodynamic imbalance of the low-pressure axial fan impeller. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies. 2018. T. 3, №7 (93), С. 71–81. doi: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133105>.
 4. Filimonikhina, I., Nevdakha, Y., Olijnichenko, L., Pukalov, V., Chornohlazova, H. Experimental study of the accuracy of balancing an axial fan by adjusting the masses and by passive auto-balancers. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2019. – Vol. 6, N 1 (102). - P. 60-69. doi: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184546>
- Філімоніхін Геннадій Борисович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри деталей машин та прикладної механіки Центральноукраїнського національного технічного університету, Кропивницький, filimonikhin@ukr.net
- Білик Юлія Олександрівна**, аспірантка кафедри деталей машин та прикладної механіки Центральноукраїнського національного технічного університету, Кропивницький, yuobilyk@gmail.com
- Олійниченко Любов Сергіївна**, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри деталей машин та прикладної механіки Центральноукраїнського національного технічного університету, Кропивницький, loga_lubov@ukr.net

STAND FOR THE STUDY OF MASS AND AERODYNAMIC IMBALANCES OF THE AIRSCREW

Abstract

The stand developed for research of usual and aerodynamic imbalances of airscrews, and for development of methods of balancing is described. The design of the stand, measuring equipment, and test results of the stand are described.

Keywords: aerodynamic imbalance, mass imbalance, airscrew.

Gennadiy Filimonikhin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Machine Parts and Applied Mechanics, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, filimonikhin@ukr.net.

Yuliya Bilyk, graduate student of the Department of Machine Parts and Applied Mechanics, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, yuobilyk@gmail.com.

Lubov Olijnichenko, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Machine Parts and Applied Mechanics, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, loga_lubov@ukr.net.

ГІДРОСИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ ШВИДКОСТІ КОНВЕЄРА З АДАПТИВНИМ ПРИВОДОМ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Запропоновано гідросистему для стабілізації швидкості руху стрічки конвеєра під час дії змінних навантажень, в якій використовується адаптивний привод з основним і додатковим гідромоторами та з пристроєм керування. Побудовано математичну модель динамічних процесів, дослідженням якої встановлено конструктивні параметри системи керування, що забезпечують раціональні характеристики механічної системи конвеєра за нестационарних режимів роботи.

Ключові слова: гідросистема, стрічковий конвеєр, змінне навантаження, пристрій керування, стабілізація швидкості.

Проаналізовано засоби керування приводів стрічкових конвеєрів, що забезпечують безупинний режим роботи транспортерів при дії змінних навантажень [1, 2, 3, 4]. Для зазначених умов експлуатації конвеєрів доведено ефективність застосування пристроїв гідроавтоматики, які реалізують резервування за моментом на приводному барабані за рахунок вмикання додаткового гідромотора. При підключенні додаткового гідромотора в режимі постійного потоку рідини гідросистеми відбувається зниження частоти обертання, що призводить до зменшення швидкості руху стрічки та зниження продуктивності конвеєра.

Для вирішення цієї проблеми запропоновано гідросистему стрічкового конвеєра з адаптивним приводом, в якому застосовано систему керування, яка, одночасно із вмиканням додаткового гідромотора, вмикає додатковий гідронасос, характерний об'єм якого рівний характерному об'єму гідромотора, і цим забезпечує стабілізацію швидкості руху стрічки.

Побудовано математичну модель гідросистеми з адаптивним приводом. Розв'язок математичної моделі виконувався за допомогою програмного пакету MATLAB Simulink. Точність моделювання 0,1% та метод дослідження за Розенброком 2-го порядку зарекомендували себе як якісний спосіб розрахунку динаміки таких систем.

Особливістю пристрою керування (рис. 1) є те, що у його конструкцію внесені нові елементи та зв'язки між давачем та пристроєм вмикання додаткового гідронасоса. Для цього в конструктивній схемі пристрою керування використано кінцевий вимикач типу геркон, який улаштовано на його корпусі, а хвостовик запірно-розподільного елемента клапанно-золотникового типу пристрою керування оснащено магнітним кільцем.

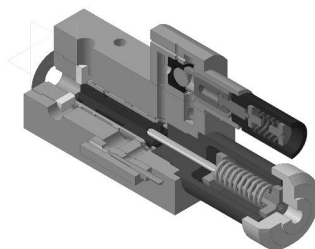


Рис. 1. 3Д модель пристрою керування

Проведені теоретичні дослідження дозволили визначити конструктивні параметри пристрою керування та розробити його конструкцію (див. рис. 1).

Встановлено, що для адаптивного приводу раціональним є співвідношення застосування додаткового гідронасоса з характерним об'ємом, що становить 25% від основного гідронасоса, та такого ж співвідношення характерних об'ємів додаткового та основного гідромоторів.

В результаті дослідження математичної моделі встановлено, що точність стабілізації швидкості δ покращується до 7,8%, а динаміка привідного барабана покращується під час вимикання додаткового гідромотора. Значення величини перевищення кутової швидкості $d\phi/dt$ відносно номінальної становить 8,4%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Поліщук Л. К. Дослідження динамічних процесів в системі керування гідропривода стрічкових конвеєрів із змінними вантажопотоками / Л. К. Поліщук, Є. В. Харченко, О. В. Пюнткевич, О. О. Коваль // Восточно-Европейський журнал передових технологій. Технології машиностроєння, – 2016. – 2/8(80). – С. 22–29
2. Wheeler, C. A. Evolutionary Belt Conveyor Design — Optimizing Coasts / C. A. Wheeler. – Bulk Material Handling by Conveyor Belt. 7, Littleton, Colorado, – 2008. – 108 p
3. Forental V., Forental M., Nazarov F., (2015). Investigation of Dynamic Characteristics of the Hydraulic Drive with Proportional Control. Procedia Engineering. International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2015), – № 129, – P. 695–701.
4. Поліщук Л. К. Динаміка вмонтованого гідропривода конвеєрів мобільних машин / Л. К. Поліщук. – Вінниця: ВНТУ, – 2018. – 240 с.

Поліщук Леонід Клавдійович — д.т.н., проф., завідувач кафедри «Галузеве машинобудування», Вінницький національний технічний університет, e-mail: leo.polishchuk@gmail.com, 21021, Україна, Вінницька обл., м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95.

Луцук Владислав Леонідович — аспірант кафедри «Галузеве машинобудування», Вінницький національний технічний університет, e-mail: azznll@bigmir.net , 21021, Україна, Вінницька обл., м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95.

Пюнткевич Олег Володимирович — к.т.н, старший викладач кафедри «Технології та автоматизації машинобудування», Вінницький національний технічний університет, e-mail: piontkevych@vntu.edu.ua , 21021, Україна, Вінницька обл., м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95.

Продан Денис Олександрович — студент бакалавр кафедри «Галузеве машинобудування», Вінницький національний технічний університет, e-mail: lgm.17b.prodan@gmail.com , 21021, Україна, Вінницька обл., м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95.

The hydraulic system of conveyor speed stabilization with the adaptive drive

Abstract

The hydraulic system is proposed for stabilizing the speed of the conveyor belt during the action of variable loads, in which an adaptive drive with the main and additional hydraulic motors and with a control device is used. The mathematical model of dynamic processes has been built, the analysis of which has established the design parameters of the control system, which provide rational characteristics of the mechanical system of the conveyor for non-stationary modes of operation.

Keywords: hydraulic system, belt conveyor, variable load, control device, speed stabilization.

Polishchuk Leonid K. — Doctor of Engineering Sciences, Head of Department of «Industrial Engineering», Vinnytsia National Technical University, tel., 21021, Vinnytsya, st. Khmelnytsky Highway, 95, e-mail: leo.polishchuk@gmail.com.

Lutsyk Vladyslav L. — Postgraduate Student of Department of «Industrial Engineering», Vinnytsia National Technical University, 21021, Ukraine, Vinnytsya st. Khmelnytsky Highway, 95, e-mail: azznll@bigmir.net.

Piontkevych Oleh V. — Cand. Sc. (Eng), Senior Lecturer Department of «Technology and Automation of Mechanical Engineering», Vinnytsia National Technical University, 21021, Ukraine, Vinnytsya st. Khmelnytsky Highway, 95, e-mail: piontkevych@vntu.edu.ua.

Prodan Denis O. — Student of Department of «Industrial Engineering», Vinnytsia National Technical University, 21021, Ukraine, Vinnytsya st. Khmelnytsky Highway, 95, e-mail: lgm.17b.prodan@gmail.com.

ДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ В НЕГОЛОНОМНІЙ МОДЕЛІ КУЛЬОВОГО МЛИНА

¹Харківський національний університет будівництва та архітектури

²Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

Анотація

Розроблена математична модель динамічних процесів в неголономній моделі кульового млина. Диференціальні рівняння руху кулі в сферичній оболонці записані у формі рівнянь Аппеля з використанням квазішвидкостей; запропонований алгоритм їх перетворення до диференціальних рівнянь першого порядку у формі Коші. Викладені результати досліджень динамічних процесів в конкретному пристрої.

Ключові слова: кульовий млин, математична модель, рівняння Аппеля, квазішвидкість, динамічний процес.

Кульові млини отримали широке поширення для різних цілей у багатьох областях виробництва. Зокрема, їх використання веде до зниження витрат і підвищення продуктивності при виготовленні будівельних матеріалів. Поширення одержали трубні кульові млини, для яких характерні ударний режим, «мертва зона» для частини оброблюваної сировини [1].

Доповідь присвячена викладу результатів досліджень по розробці математичної моделі динамічних процесів у новій моделі кульового млина [2] (рис. 1, а): 1 – нерухома опора; 2 – вал; 3, 6 – зубчасте колесо; 4 – ведуче зубчасте колесо; 5 – привод відносного обертання; 7 – рама (вал); 8 – привод обертання; 9, 15 – кривошип; 10 – платформа; 11 – кришка; 12 – куля; 13 – оболонка; 14 – матеріал (клінкер). Пропонована схема виключає ударний вплив і «мертву зону». Створення методів раціонального вибору параметрів пристрою є актуальною задачею.

Розрахункова схема руху кулі радіусом r у сферичній камері із центром у точці A і радіусом R , яка робить заданий поступальний рух показана на рис. 1, б.

Диференціальні рівняння руху кулі в сферичній оболонці записані у формі *рівнянь Аппеля* з використанням *квазішвидкостей*.

Деякі результати розрахунків за допомогою комп'ютерної програми, яка створена засобами математичного пакета MathCAD, представлені на рис. 1, в, г. Наведено характерні залежності координат точки торкання кулі і сфери для моделі з параметрами: $r = 0,025\text{ м}$; $R = 0,25\text{ м}$; $l = 0,5\text{ м}$ – довжина кривошипа; $n_0 = 60\text{ хв}^{-1}$ – стала частота обертання кривошипа.

1. Створено математичну модель динамічних процесів у кульовому млині: отримані рівняння руху кулі в сферичній оболонці, що робить круговий поступальний рух.

2. Диференціальні рівняння руху записані у формі рівнянь Аппеля; при записі функції прискорень виявилось ефективним використовувати квазішвидкості.

3. Запропоновано алгоритм перетворення рівнянь Аппеля до диференціальних рівнянь першого порядку у формі Коші.

4. Проведені розрахункові дослідження динамічних процесів за допомогою створеної моделі дозволили встановити важливі закономірності пристрою, наприклад, залежність властивостей «кільця» траєкторій (*каустик*) від кутової швидкості кривошипа.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Балера Н.Д. Комплекс для тонкого измельчения материалов / Н.Д. Балера, А.Т. Гордиенко, С.А. Касай // Научный вестник будівництва. – 2017. – Т. 89, № 3. – С. 248-252.
2. Шатохин В.М. К динамике роторной резонансной шаровой мельницы с одним шаром и двумя степенями свободы / В.М. Шатохин, Н.И. Дерягина, Б.Ф. Гранько, М.В. Клименко // Научный вестник будівництва. – Харків: ХНУБА – 2018. – № 2 (92). – С. 241-244.

Шатохин Володимир Михайлович, д.т.н., проф., проф. кафедри будівельної та теоретичної механіки, Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків, shatokhinvlm@gmail.com.

Гранько Борис Федорович, доц., доц. кафедри будівельної та теоретичної механіки, Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків, grankoa.b@gmail.com.

Яковлев Євген Андрійович, к.т.н., доц., проф. кафедри механіки ґрунтів, фундаментів, та інженерної геології, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, evgen.yakovlev647@gmail.com.

Гончарова Зоя Вікторівна, к.е.н., доц., доц. кафедри управління проектами в міському господарстві і будівництві, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, zoya_g@ukr.net.

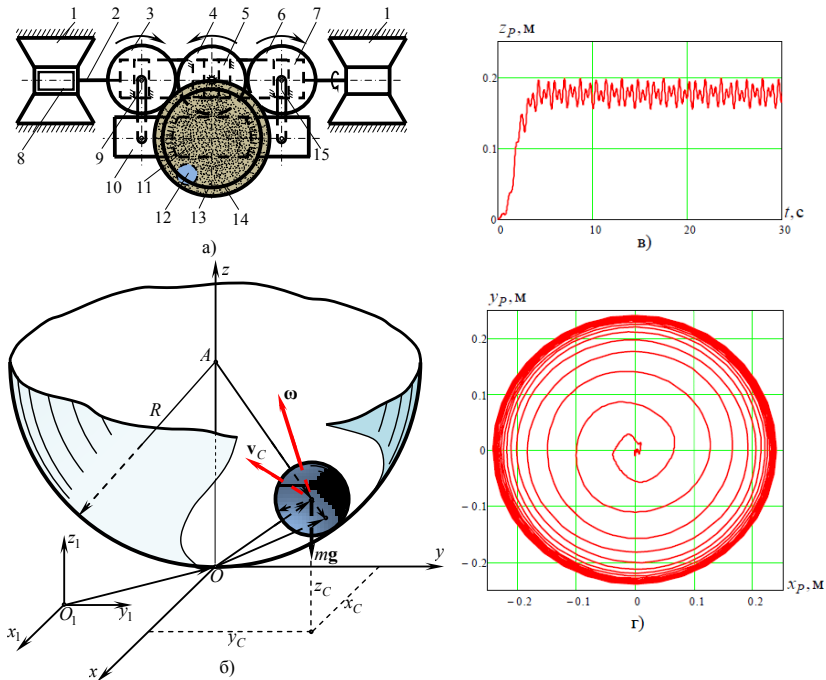


Рисунок 1 – Кульовий млин: а) – схема кульового млина (видгляд у плані); б) – схема руху кулі в сферичній камері; в) – залежність z_p від часу; г) – траєкторія руху точки контакту кулі і сфери в проєкції на площину Oxy

DYNAMIC PROCESSES ARE IN THE NONHOLONOMIC MODEL OF BALL MILL

Abstract

The mathematical model of dynamic processes is worked out in the nonholonomic model of ball mill. Differential equations of motion of ball in a spherical shell are written in form equations of Appell with the use of quasi-velocities; the algorithm of their transformation offers to differential equations of first-order in form Cauchy. The results of researches of dynamic processes are expounded in a certain device.

Keywords: ball mill, mathematical model, equations of Appell, quasi-velocities, dynamic process.

Shatokhin Vladimir, Doct. of Sciences, Professor, Professor of department of structural and theoretical mechanics, Kharkov National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkov, shatokhinvlm@gmail.com.

Granko Boris, Associate Professor, Associate Professor of department of structural and theoretical mechanics, Kharkov National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkov, grankoa.b@gmail.com.

Yakovlev Evgen, Ph.D., Associate Professor, Professor of department of Soil Mechanics, Foundations and Engineering Geology, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkov, evgen.yakovlev647@gmail.com.

Honcharova Zoiia, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of department of Project Management in Municipal Economy and Construction, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkov, zoya_g@ukr.net

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ФРИКЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація

Розроблена динамічна модель пружної системи верстата під час фрикційного зміцнення містить ряд схем розрахунків, залежностей та системи диференціальних рівнянь, що описують динамічні процеси, які відбуваються у процесі обробки циліндричних поверхонь деталей використовуючи інструмент з поперечними пазами на його робочій частині.

Ключові слова: фрикційна обробка, нанокристалічний шар, математична модель, поверхнєве зміцнення

Один з методів підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин є створення у їх поверхневих шарах нанокристалічних структур. Формування нанокристалічних структур у поверхневих шарах масивних деталей можливе за рахунок дії висококонцентрованих джерел енергії [1, 2]. Фрикційна обробка відноситься до методів поверхневого зміцнення з використанням висококонцентрованих джерел енергії. Такий потік енергії формується у зоні контакту інструмент-деталь за рахунок високошвидкісного тертя (60-90 м/с) інструмента по оброблюваній поверхні. Метал поверхневого шару локально нагрівається з високими швидкостями до температури аустенізації. Після переміщення джерела енергії поверхневий шар швидко охолоджується за рахунок відводу тепла у глибину деталі. За рахунок тертя інструменту у зоні контакту інструмент-деталь проходить зсувне деформування металу у поверхневих шарах деталі. У поверхневих шарах металу формується нанокристалічний зміцнений (білий) шар.

За кінематикою процесу фрикційна обробка подібна до шліфування. Зміцнення циліндричних поверхонь проводили на модернізованому токарному верстаті на якому замість різцетримача встановлюється спеціальний пристрій для автономного приводу інструменту. Усі рухи верстата збережені (рис. 1). У процесі фрикційної обробки інструмент притискається з певною силою до оброблюваної поверхні. Для збільшення зсувного деформування металу поверхневого шару оброблюваної деталі на робочій поверхні інструменту були нанесені поперечні пази, які забезпечували повний вихід інструменту з контакту оброблюваною поверхнею [3].

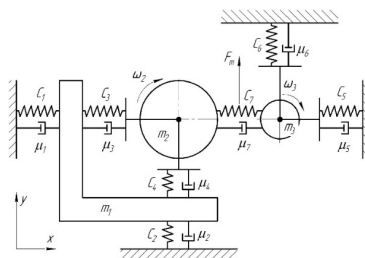


Рис. 1 – Розрахункова схема верстата

Для дослідження динамічних процесів, які проходять під час фрикційного оброблення круглих поверхонь розробляємо розрахункову схему пружної системи верстата, яка представляє собою тримасову модель. Взаємозв'язок між окремими масами описуються пружними і демпфуючими зв'язками. Ударні навантаження, які виникають між оброблюваною поверхнею деталі та робочою поверхнею інструменту (вертикальні) змодельовані за допомогою контактної жорсткості (c_7) та демпфування енергії (μ_7) локального пружно-пластичного деформування

поверхні деталі [4].

Під час формування математичної моделі приймемо наступні припущення: вважатимемо, що закон зміни жорсткості в пружних елементах системи не виходить за межі лінійності і відповідає закону Гука. Це виправдане за умови реалізації малих відхилень пружини від положення рівноваги; механічну систему верстата розглядатимемо як таку, що складається з абсолютно твердих тіл, з'єднаних ідеальними голономними в'язями та пружними елементами строго визначеної жорсткості; у динамічну модель у вигляді демпферів введемо коефіцієнти в'язкого тертя, які пропорційні швидкості переміщення рухомих повзунів вздовж відповідних напрямних осей та відображають розсіювання енергії у відповідних пружних елементах системи.

Математична модель, яка описує динаміку механічної системи верстата:

$$\begin{cases} m_1\ddot{x}_1 + c_1\dot{x}_1 + c_3x_1 - c_3x_2 + \mu_1\dot{x}_1 + \mu_3\dot{x}_1 - \mu_3\dot{x}_2 = Q_{x_1} \\ m_2\ddot{x}_2 - c_3x_1 + c_3x_2 + c_7x_2 - c_7x_3 - \mu_3\dot{x}_1 + \mu_3\dot{x}_2 + \mu_7\dot{x}_2 - \mu_7\dot{x}_3 = Q_{x_2} \\ m_3\ddot{x}_3 - c_7x_2 + c_7x_3 + c_5x_3 - \mu_7\dot{x}_2 + \mu_7\dot{x}_3 + \mu_5\dot{x}_3 = Q_{x_3} \\ m_1\ddot{y}_1 + c_2y_1 + c_4y_1 - c_4y_2 + \mu_2\dot{y}_1 + \mu_4\dot{y}_1 - \mu_4\dot{y}_2 = Q_{y_1} \\ m_2\ddot{y}_2 - c_4y_1 + c_4y_2 + F_t - \mu_4\dot{y}_1 + \mu_4\dot{y}_2 = Q_{y_2} \\ m_3\ddot{y}_3 + c_6y_3 - F_t + \mu_6\dot{y}_3 = Q_{y_3} \end{cases}$$

Моделювання взаємодії інструмента з деталлю здійснено за допомогою контактної жорсткості та демпфування енергії локального пружно-пластичного деформування. Тому додатково вводиться умова перевірки наявності взаємного контакту інструменту з деталлю. Тобто, якщо інструмент матиме переміщення у протилежний напрям від деталі, тому контактна жорсткість та демпфування будуть відсутні. Якщо $x_3 - x_2 < 0$, тоді $c_7 = 0, \mu_7 = 0$.

На основі розв'язку систем рівнянь моделі визначаються швидкості переміщення та величини переміщення інструмента-диска, оброблюваної деталі та спеціального пристрою для автономного приводу інструменту, який є закріплений на супорті верстата, під час фрикційної обробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Waugh, D.G., Lawrence, J. Laser Surface Engineering. Processes and Applications. Cambridge: Woodhead Publishing. 2014
2. Montealegre, M.A., Castro, G., Rey, P., Arias, J. L., Vázquez P., González, M. Surface treatment by laser technology. Contemporary Materials (1-1), (2010). 19-30.
3. Gurey, V., Hurey I. The Effect of the Hardened Nanocrystalline Surface Layer on Durability of Guideways. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Advanced Manufacturing Processes, (1) (2020), 63-72.
4. Бать И.М., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. СПб: Лань. (изд. 10-е, Т. 2) 2013.

Гурей Володимир Ігорович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри робототехніки і інтегрованих технологій машинобудування Національного університету «Львівська політехніка», Львів, Volodymyr.I.Hurei@lpnu.ua.

Кузьо Ігор Володимирович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри робототехніки і інтегрованих технологій машинобудування Національного університету «Львівська політехніка», Львів, Ihor.V.Kuzo@lpnu.ua.

SIMULATION OF DYNAMIC PROCESSES DURING FRICTION TREATMENT OF THE CYLINDRICAL SURFACES

Abstract

The developed dynamic model of the elastic system of the machine during friction hardening contains of calculation schemes, dependences and system of differential equations describing dynamic processes which occur in the course of processing of cylindrical surfaces of details using the tool with cross grooves on its working part.

Keywords: friction treatment, nanocrystalline layer, mathematical model, surface hardening

Volodymyr Gurey, Candidate of Technical Science, Associate Professor, Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies of Lviv Polytechnic National University, Lviv, Volodymyr.I.Hurei@lpnu.ua.

Ihor Kuzo, Doctor of Technical Science, Professor, Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies of Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ihor.V.Kuzo@lpnu.ua.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВІБРОХВИЛЬОВОЇ ФЛЮЇДИЗАЦІЙНОЇ МАШИНИ

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України;
² Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Анотація

Удосконалення схеми віброзбудження та пружної системи машини, що разом із підвищенням динамічності силової дії дозволяє мінімізувати коливні маси системи; сприяє значному поліпшенню умов роботи виконавчих органів машини внаслідок розвантаження опорних вузлів приводного валу, демпфрування паразитних коливань, нівелювання можливості утворення нестационарних режимів роботи вібраційного обладнання

Ключові слова: віброхвильова конвеєрна машина, деформований вантажнесучий орган, частотні характеристики, семіфлюїдація

Вступ

Під семіфлюїдацією або напівфлюїдацією можна розуміти процес заморожування, в якому шар продукту, розподілений на рухливий стрічку, вентилюється струменем холодного повітря у напрямку знизу доверху зі швидкістю, що не перевищує критичного значення [1]. У ході процесу інтенсивна тепло-масообмінна дія на поверхневий шар сировини створює водночас проблеми його переохолодження та нерівномірності пошарової обробки, тому є перспективним при транспортуванні продукції в зоні обробки використовувати віброконвеєрні та хвильові технології, що дозволяють створити сприятливі умови для контактної взаємодії окремих ягід та холодоносія [2]. Проектування системи віброзбудження для реалізації даного процесу вимагає чіткого розрахунку кінематичних, зокрема амплітудно-частотних характеристик.

Метою роботи є розроблення методики визначення частотних характеристик деформованого вантажнесучого органу віброхвильової семіфлюїдаційної машини.

Результати дослідження

Механічні віброзбуджувачі розробленої машини умонтовані всередині вальців 3 і 2 (рис.1), що забезпечують генерацію просторових коливань, створюючи умови для безперервного руху продукції по заданій спіральної траєкторії в умовах псевдозваженого стану. Валець 7 забезпечує необхідний натяг гнучкої стрічки. Коливання робочих вальців із заданими амплітудними та частотними характеристиками створює на поверхні гнучкого елемента 1 механічну хвилю, що забезпечує просування сипкої продукції вздовж зони обробки в умовах інфрачервоного опромінення. Розпушення маси продукції під дією знакомінних навантажень призводить як до зменшення внутрішнього тертя та в'язкості у технологічному середовищі, так і до пошарового перемішування та забезпечення рівномірного контакту з холодоносієм.

Так як пружні елементи підвіски та гнучка стрічка розташовується послідовно, то приведена жорсткість гнучкого зв'язку між верхньою опорою та віброзбуджувачем виражається за формулою:

$$C_{\text{ПР}} = \frac{2C_1 C_c}{C_c + C_1}, \quad (1)$$

де C_1 - жорсткість пружної підвіски (опори); C_c - жорсткість гнучкої стрічки.

При цьому частоти власних коливань системи визначаються залежностями:

$$k_x^2 = \frac{C_x + C_x^1}{m_0}; \quad k_y^2 = \frac{C_y + C_y^1}{m_0}, \quad (2)$$

де C_x^1, C_y^1 - додаткові складові жорсткості гнучкого зв'язку, що характеризуються геометричними характеристиками віброзбуджувача; m_0 - загальна рухома маса приводу; C_x, C_y - жорсткості пружних елементів платформи віброзбуджувача вздовж осей координат.

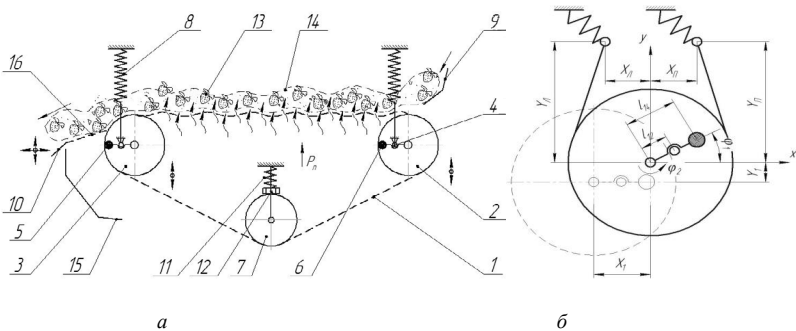


Рис. 1. Принципова схема розробленої віброхвилювальної семіфлюїдизаційної машини (а): 1 – гнучка вантажонесуча стрічка; 2, 3 – робочі опорні вальці; 4 – приводний вал вібровозбуджувача; 5, 6 – протизваги; 7 – натяжний валець; 8 – пружна підвіска; 9, 10 – живильний та розвантажувальний лотки; 11 – пружний елемент натяжного пристрою; 12 – регулювальна гайка; 13 – продукція; 14 – холодоносії; 15 – лоток для відведення часток снігової шуби; 16 – вібраційний провідник; б – геометричні параметри приводу: X_1 – лінійне горизонтальне відхилення центра мас вальця; Y_1 – лінійне вертикальне відхилення центра мас вальця; φ_1 – кутове відхилення вальця; φ_2 – кутове відхилення центра мас приводного валу вібровозбуджувача

Шукані величини жорсткостей пружних елементів знаходимо на основі геометричного аналізу досліджуваної коливальної системи.

$$C_X^1 = \frac{2C_0 x_{\Pi} \sin \beta}{\sqrt{x_{\Pi}^2 + y_{\Pi}^2 - R^2}}; C_Y^1 = \frac{2C_0 y_{\Pi} \cos \beta}{\sqrt{x_{\Pi}^2 + y_{\Pi}^2 - R^2}} \quad (3)$$

де R – радіус котка

Рівняння прямої, що проходить через точки: $O(X_1; Y_1)$ і $O_{кл}(X_{кл}; Y_{кл})$, виражаються залежністю:

$$Y = X \frac{Y_{кл} - Y_1}{X_{кл} - X_1} + Y_1 - X_1 \frac{Y_{кл} - Y_1}{X_{кл} - X_1} \quad (4)$$

Використовуючи отримані рівняння та після деяких математичних перетворень отримаємо

$$tg \beta_{\Pi} = \frac{[Y_{\Pi} - Y_2] \cdot [X_{\Pi} - X_2] - R \sqrt{[X_{\Pi} - X_2]^2 + [Y_{\Pi} - Y_2]^2 - R^2}}{R^2 - [Y_{\Pi} - Y_2]^2} \quad (5)$$

$$tg \beta_{л} = \frac{[Y_3 - Y_2] \cdot [X_2 - X_3] - R \sqrt{[X_2 - X_3]^2 + [Y_3 - X_2]^2 - R^2}}{R^2 - [Y_3 - Y_2]^2} \quad (6)$$

Висновки

Визначені величини частот дозволяють обґрунтувати основні режимні параметри віброприводу при врахуванні жорсткості гнучкого вантажонесучого органу, знайти статичний прогин елементів пружної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Постольски Я., Груда З. Замораживание пищевых продуктов - М.: Пищевая промышленность. 1978. – 606 с.
2. Паламарчук І., Бандура В., Паламарчук В. Анализ динамики виброконвейерной технологической системы с кинематическим комбинированным вибровозбуждением. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, Vol. 15, No.4, 314-323

Паламарчук Ігор Павлович — докт.техн.наук, професор кафедри процесів і обладнання переробки продукції АПК, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, e-mail: vibroprocessing@gmail.com

Верхоланцева Валентина — канд. техн. наук, доцент кафедри обладнання переробних і харчових виробництв, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, e-mail: valentyna.verkholantseva@tsatu.edu.ua

Determination of the quantitative content of liquefied gas components

Abstract Improving the scheme of vibration excitation and the elastic system of the machine, which together with increasing the dynamism of the force allows to minimize the oscillating masses of the system; contributes to a significant improvement of the working conditions of the executive bodies of the machine due to the unloading

of the supporting units of the drive shaft, damping of parasitic oscillations, leveling the possibility of formation of non-stationary modes of operation of vibrating equipment

Keywords: vibration wave conveyor machine, deformed load-bearing body, frequency characteristics, semiflu-idization

Palamarchuk Ihor P. — Dokt. Sc, profesor, National University Life and Environmental Sciences of Ukraine, e-mail: vibroprocessing@gmail.com

Verkholantseva Valentyna O. — Cand. Sc, Assistant Professor, Dmitry Motornyi Tavria State Agrotechno-logical University, Ukraine, e-mail: valentyna.verkholantseva@tsatu.edu.ua

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ПЕРИСТАЛЬТИЧНОМУ НАСОСІ ДЛЯ БІНГАМОВСЬКОЇ РІДИНИ

¹Харківський національний університет будівництва та архітектури

²Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

Анотація

Розроблена математична модель динамічних процесів в перистальтичному насосі з гідроприводом для бінгамовської рідини. Модель містить основні геометричні, масові характеристики пристрою, динамічну характеристику гідромотора, параметри шланга, середовища Бінгема. Викладені результати досліджень динамічних процесів в реальній конструкції насоса.

Ключові слова: перистальтичний насос, математична модель, динамічний процес, бінгамовська рідина, гідропривід.

Перистальтичні насоси знайшли своє використання в самих різних сферах: в будівництві, хімічному виробництві, гірській справі, на збагачувальних фабриках, в харчовому виробництві і т.д. [1, 2]. Розробка таких пристроїв, методів раціонального вибору їх параметрів є актуальна задача. У роботі [3] створена математична модель динамічних процесів в перистальтичному насосі з гідравлічним приводом у якій переміщувана суміш розглядається як *ньютонівська рідина*.

Доповідь присвячена викладу результатів досліджень по створенню досконаліших моделей динамічних процесів в вказаних пристроях з урахуванням того, що суміші у багатьох випадках є *середовищем Бінгема* [4]. Розрахункова схема насоса показана на рис. 1. Прийнято наступні позначення: 1 – вал насоса; 2 – обойма; 3 – центральний ролик; 4 – бічний ролик; 5 – пристрій для зміни радіуса контакту поверхню роликів зі шлангом 6; 7 – суміш, що переміщується. Математична модель динамічних процесів у перистальтичному насосі з гідравлічним приводом створено у формі диференціального рівняння відносно кута повороту ротора. Модель містить основні геометричні, масові характеристики ротора, динамічну характеристику гідромотора, параметри шланга, середовища Бінгема.

1. Запропоновано підхід по формуванню моменту опору на роторі насоса від роликів, що деформують шланг $M_k = M_k(\varphi)$; встановлено, що він істотно відрізняється від постійного на інтервалі оберту.

2. Розроблено метод побудови залежності перепаду тиску від кутової швидкості ротора $\Delta p = \Delta p(\dot{\varphi})$, що необхідно для визначення сили опору руху суміші, за допомогою *рівняння Букінгема*

$$Q = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8 \mu_p} \left[1 - \frac{4}{3} \left(\frac{2 \tau_y}{r \Delta p} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{2 \tau_y}{r \Delta p} \right)^4 \right],$$

де μ_p – пластична в'язкість середовища; τ_y – границя текучості середовища.

3. Запропоновано нелінійну модель сили опору руху будівельної суміші $F = F(\dot{\varphi})$.

4. Отримано вираз для узагальненої сили опору, що відповідають силам ваги частинок суміші у відповідній частині шланга

$$Q_{M_0} = -M_0 g \frac{H_0}{l_0} R_C.$$

5. Були використані дані каталогу для подання моменту гідромотора як функції кутової швидкості його ротора $M_m = M_m(\dot{\varphi})$.

6. Побудована математична модель динамічних процесів в перистальтичному насосі у формі диференціального рівняння відносно кута повороту ротора насоса

$$I_e \ddot{\varphi} = M_m(\dot{\varphi}) - M_k(\varphi) - F(\dot{\varphi}) \cdot R_C - M_0 g \cdot \frac{H_0}{l_0} \cdot R_C.$$

7. Проведені розрахункові дослідження динамічних процесів за допомогою створеної моделі дозволили встановити важливі закономірності функціонування пристрою.

На рис. 2 приведені типові залежності швидкості суміші від часу для різної висоти підйому.

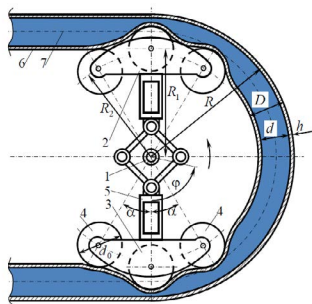


Рисунок 1 – Схема насоса

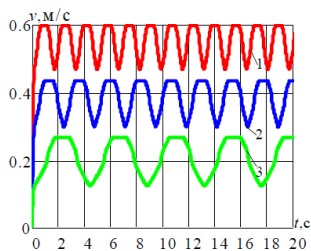


Рисунок 2 – Швидкість руху суміші
(1 – $H=0$; 2 – $H=2,5\text{м}$; 3 – $H=5\text{м}$)

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. József Klepsitz, Levente Kovács. Peristaltic pumps – a review on working and control possibilities / SAMI 2014, IEEE 12th International symposium on applied machine intelligence and informatics, January 23-25, 2014, Herl'any, Slovakia, pages 191-194.
2. Пат. 112 Україна F04 B43/12 (2006.01), F04 B15/02 (2006.01) Універсальний шланговий бетононасос / Смельянова І.А., Задорожний А.О., Клименко М.В., Чайка Д.О. – Харківський національний університет будівництва та архітектури.
3. Шатохін В.М. Моделирование динамических процессов в перистальтическом бетононасосе с гидродrive / В.М. Шатохін, Б.Ф. Гранько, В.М. Соболев // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета.– Харьков: ХНАДУ.– 2020.– Выпуск 89.– С. 15-25.
4. Уилкинсон У.Л. Неньютоновские жидкости / У.Л. Уилкинсон.– М.: Мир, 1964.– 216 с.

Шатохін Володимир Михайлович, д.т.н., проф., проф. кафедри будівельної та теоретичної механіки, Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків, shatokhinvlm@gmail.com.

Соболев Володимир Миколайович, к.т.н., доц. кафедри будівельної та теоретичної механіки, Харківський національний університет будівництва та архітектури, м. Харків, sobol_vn@ukr.net.

Яковлев Євген Андрійович, к.т.н., доц., проф. кафедри механіки ґрунтів, фундаментів, та інженерної геології, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, evgen.yakovlev647@gmail.com.

Гончарова Зоя Вікторівна, к.е.н., доц., доц. кафедри управління проектами в міському господарстві і будівництві, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, м. Харків, zoya_g@ukr.net.

DESIGN OF DYNAMIC PROCESSES IN A PERISTALTIC PUMP FOR A BINGHAM LIQUID

Abstract

The mathematical model of dynamic processes is worked out in a peristaltic pump with hydraulic drive for a bingham liquid. A model contains basic geometrical, mass descriptions of device, dynamic description of hydromotor, parameters of hose, environment of Bingham. The results of researches of dynamic processes are expounded in the real construction of pump.

Keywords: peristaltic pump, mathematical model, dynamic process, bingham liquid, hydraulic drive.

Shatokhin Vladimir, Doct. of Sciences, Professor, Professor of department of structural and theoretical mechanics, Kharkov National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkov, shatokhinvlm@gmail.com.

Sobol Vladimir, Ph.D., Associate Professor of department of structural and theoretical mechanics, Kharkov National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkov, granko.b@gmail.com.

Yakovlev Evgen, Ph.D., Associate Professor, Professor of department of Soil Mechanics, Foundations and Engineering Geology, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkov, evgen.yakovlev647@gmail.com.

Honcharova Zoya, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of department of Project Management in Municipal Economy and Construction, O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkov, zoya_g@ukr.net

Л. Ф. Дзюба¹
І. Т. Ребезнюк²
М. І. Пилипчук²
О. Ю. Чмир¹

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ СИЛИ НАТЯГУ СТРІЧКОВОЇ ПИЛКИ

¹ Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,

² Національний лісотехнічний університет України

Анотація. На експериментальній установці, створеній на базі стрічковопилкового верстата, досліджено зміну сили натягу стрічкової пилки під час різання деревини. Отримано експериментальні часові залежності зміни сили натягу вузької стрічкової пилки під час різання деревини. Досліджено вплив напруження попереднього натягу, ширини полотна пилки та висоти пропилу на зміну сили попереднього натягу стрічкової пилки.

Ключові слова: стрічковопилковий верстат, коливання, сила натягу, напруження.

Під час пиляння деревини створене в полотні стрічкової пилки напруження попереднього натягу не залишається постійним. Полотно стрічкової пилки працює в умовах циклічно змінного навантаження. Крім того, внаслідок ексцентриситету обертальних ланок, від дії сил опору та сили різання в полотні стрічкової пилки виникають коливні явища. Динамічні процеси та умови експлуатації викликають змінювання сили початкового натягу й напруження в полотні пилки, тому впливатимуть на її динамічну стійкість [1].

На динамічній якості вузької стрічкової пилки, яка є водночас різальним інструментом та тяговою ланкою в горизонтальному стрічковопилковому верстаті, істотно позначається також зміна сили натягу. Під час різання деревини сила попереднього натягу в полотні стрічкової пилки може змінюватись на 30–40% [2]. Відповідно, змінюються і напруження розтягу, що виникають у полотні пилки від сили натягу. Оскільки зміна сили попереднього натягу та зміна напруження у полотні пилки залежать від багатьох чинників, то спрогнозувати цю зміну на підставі розрахунків на сьогодні не можливо.

Змінювання сили попереднього натягу та величини напруження у вузькій стрічковій пилці досліджено на експериментальній установці в умовах виробництва. Експериментальну установку створено на базі стрічковопилкового верстата СПВ-960. Верстат дообладнано пристроєм та вимірювальною апаратурою. За допомогою пристрою під час розпилювання деревини вимірювали згинальні коливання осі тяжного пилкового шківів. Зважаючи на велику жорсткість з'єднання осі з тяжним шківом та вважаючи пилковий шків недеформівним тілом, прийнято припущення про відповідність параметрів коливань осі та полотна стрічкової пилки. Виміряні зміни деформації (коливання) перевели в електричний сигнал, який тарували, оцифрували та записували в текстовий файл.

Для отримання інформації про зміну сили натягу та напруження в полотні пилки під час пиляння деревини та встановлення діапазону цієї зміни, досліди виконували з використанням багатofакторного планування експерименту з такими чинниками впливу: напруження попереднього натягу полотна пилки; ширина полотна пилки; висота пропилу.

Для різання деревини під час експериментального дослідження використано вузькі колодопиляльні стрічкові пилки марки Forteh завширишки 35 мм, 42 мм та 50 мм. Швидкість різання становила 28 м/с, подача на зубець – 0,02 мм. Напруження попереднього натягу встановлювали такими: 150 МПа, 200 МПа, 250 МПа. Для різання використано заготовки з деревини ялини з розмірами – 100×150×1000 мм; 200×150×1000 мм; 300×150×1000 мм. Для зменшення впливу неоднорідності будови деревини на її фізико-механічні властивості у

площині пропилу заготовки виготовлено з мінімальною кількістю сучків та з однаковим розміщенням річних шарів.

Як приклад результатів дослідження, на рис. 1 показано експериментальну часову залежність змінювання сили попереднього натягу стрічкової пилки з завширшки 35 мм за напруження попереднього натягу 150 МПа та висоти пропилю 100 мм.

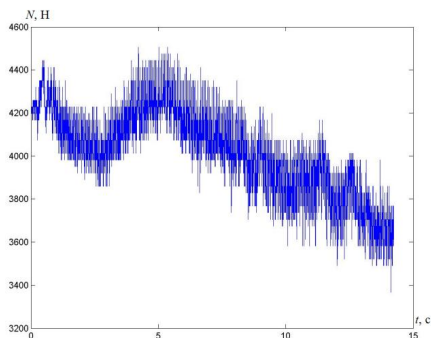


Рис. 1. Експериментальна часова залежність зміни сили натягу стрічкової пилки марки Forthe

Зі збільшенням висоти пропилю в 3 рази сила попереднього натягу полотна стрічкової пилки зменшується майже на 25% впродовж часу пиляння заготовки, який тривав 15 с. Після закінчення цього часу величина сили не змінюється. Для підтримання постійного значення сили натягу стрічкової пилки перед кожним дослідом встановлювали та контролювали відповідне напруження в її полотні.

Встановлено, що за ширшого полотна стрічкової пилки сила натягу спадає з меншою інтенсивністю зі збільшенням висоти пропилю. На зміні напруження у тілі стрічкової пилки найбільше позначається ширина полотна пилки і найменше – величина напруження попереднього натягу. Залежність зміни сили натягу під час пиляння від вказаних чинників має нелінійний характер.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дзюба Л. Ф. Розвиток наукових засад динаміки верстатів для розпилювання деревини: дис. докт. техн. наук: 05.05.04 / Дзюба Лідія Федорівна. – Львів, 2019. – 384 с.
2. Ребезнюк І. Т. Підготовка вузьких колодопиляльних стрічкових пилко до роботи: [монографія] / Ігор Тарасович Ребезнюк. – Львів: Кольорове небо, 2005. – 260 с.

Дзюба Лідія Федорівна, доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри прикладної математики і механіки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, м. Львів, lidadz111@gmail.com

Ребезнюк Ігор Тарасович, доктор технічних наук, професор Національного лісотехнічного університету України, м. Львів, rebeznyuk@ukr.net

Пилипчук Марія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент Національного лісотехнічного університету України, м. Львів, mariva_pylvp@ukr.net

Чмир Оксана Юріївна, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри прикладної математики і механіки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, м. Львів, o_chmyr@yahoo.com

EXPERIMENTAL STUDY OF BANDSAW TENSION FORCE CHANGE

Abstract. *The change of the bandsaw tension force during wood cutting was investigated on the experimental installation created on the basis of the band saw machine. Experimental time dependence indicators of the tension force change in a narrow bandsaw during wood cutting were obtained. The influence of*

the pre-tension strain, the width of the saw blade and the cutting height on the pre-tension force change of the band saw was investigated.

Keywords: bandsaw machine, fluctuation, straining force, tension.

Lidiia Fedorivna Dziuba, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Lviv State University of Life Safety, Lviv, lidadz111@gmail.com

Ihor Tarasovych Rebezniuk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Ukrainian National Forestry University, Lviv, rebeznyuk@ukr.net

Mariia Ivanivna Pylypchuk, Candidate of Engineering, Associate Professor, Ukrainian National Forestry University, Lviv, mariva_pylypn@ukr.net

Oksana Yuriivna Chmyr, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Lviv State University of Life Safety, Lviv, o_chmyr@yahoo.com

ВПЛИВ ТЕРТЯ НА КОНТАКТНУ ВИТРИВАЛІСТЬ ВИСОКОНАВАНТАЖЕНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ГТД

¹Національний університет "Запорізька політехніка"

Анотація

Розглянуто питання важливості урахування масогабаритних параметрів зубчастих передач при проектуванні сучасної авіаційної техніки. Показані недоліки існуючої методики розрахунку на контактну витривалість згідно з ДСТУ ISO 6336-2:2005 для високонавантажених зубчастих передач. Наведена уточнена методика розрахунку з урахування тертя. Проведено теоретичне дослідження впливу тертя на напружений стан в зоні контакту. Наведено розподіл еквівалентних контактних напружень уздовж лінії зчеплення для різних зубчастих передач. Показано вплив тертя на контактну витривалість високонавантажених зубчастих передач газотурбінних двигунів (ГТД) та вертольотних редукторів.

Ключові слова: газотурбінний двигун, контактна витривалість, еквівалентні контактні напруження, зубчаста передача, тертя

При проектуванні сучасних редукторів газотурбінних двигунів і вертольотів значну увагу приділяють масогабаритним параметрам. Одним з основних напрямків збільшення питомої потужності редуктора є підвищення навантажувальної здатності зубчастих коліс. Максимальна навантажувальна здатність лімітована контактною міцністю зубів та міцністю зубів при згині. Для запобігання втомного викришування робочих поверхонь зубів, при розрахунках зубчастих передач є обов'язковим визначення контактних напружень, які не повинні перевищувати допустимих напружень.

Згідно з ДСТУ ISO 6336-2:2005 діюче максимальне нормальне контактне напруження розраховується для полюсу зчеплення. Проте, з практики експлуатації зубчастих передач відомо, що втомне викришування виникає не в полюсі, а на деякій відстані від нього в залежності від геометричних характеристик самого зчеплення. Тому в розрахунках треба знайти зону найменшої контактної витривалості для конкретної проектованої зубчастої пари. Також в даному ДСТУ не враховується вплив тертя на напружений і тепловий стан в зоні контакту, чим для високонавантажених зубчастих коліс ГТД і вертольотних редукторів знехтувати неможна.

Для дослідження впливу тертя розроблено уточнену методику розрахунку на контактну витривалість, в якій замість максимальних нормальних напружень по Герцу використовується еквівалентні поверхневі контактні напруження σ_e з урахуванням дотичних навантажень від тертя. Для оцінки опору заїдання робочих поверхонь зубчастих коліс додатково розраховується критерій заїдання.

Для визначення зони найменшої контактної витривалості розглянуто 2 прямокутні циліндричні зубчасті передачі з різним призначенням:

- передача приводу агрегатів газотурбінного двигуна з модулем 2;
- передача 2 ступеня вертольотного редуктора з модулем 5,5.

Побудовані епюри контактних напружень, коефіцієнти тертя та критерій заїдання вздовж лінії зчеплення. Критерій заїдання для заданих умов роботи зубчастих коліс не повинен перевищувати $60 K \cdot M^2 / кг$.

Згідно з розрахунками контактних напружень, еквівалентне поверхневе контактне напруження з урахуванням тертя для приводної зубчастої передачі діє не в полюсі, а в біляполюсній зоні по обидві сторони в місцях дії максимального коефіцієнту тертя. В даних точках еквівалентне контактне напруження σ_e вище максимального нормального напруження σ_n на 9,5%. Величина критерію заїдання K_f значно нижче граничної величини.

Для редукторної зубчастої передачі ситуація інша: максимальне значення еквівалентного контактного напруження діє не в місцях максимального коефіцієнту тертя. Для даної зубчастої передачі існує дві зони найменшої контактної витривалості: точка входу в зачеплення ніжки зуба ведучої шестерні і головки зуба веденого колеса та точка в місці переходу від двопарного зчеплення до однопарного. Величина критерію заїдання K_f нижче граничної величини.

Таким чином, результати дослідження показують, що тертя змінює картину напруженого стану в зоні контакту, тому при розрахунках на контактну витривалість необхідно його враховувати. Це дасть змогу підвищити точність розрахунків при проектуванні зубчастих передач та зменшити вірогідність дострокового виходу з ладу високонавантажених зубчастих передач ГТД та вертольотних редукторів по причині втомного викривування.

Слинько Георгій Іванович, д.т.н., професор, завідувач кафедри ДВЗ, Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, gslynko@zntu.edu.ua

Стаднік Олександр Вікторович, аспірант, Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, wellllmen@gmail.com

EFFECT OF FRICTION ON THE CONTACT FATIGUE OF HIGHLY LOADED GEARS OF GAS TURBINE ENGINES

Abstract

The question of the importance of taking into account the mass and size parameters of gears in the design of modern aircraft is considered. The disadvantages of the existing method of calculating the contact fatigue in accordance with ДСТУ ISO 6336-2:2005 for highly loaded gears are shown. The specified technique of calculation taking into account friction is resulted. A theoretical study of the effect of friction on the stress state in the contact zone was held. The distribution of equivalent contact stresses along the coupling line for different gears is resulted. The effect of friction on the contact fatigue of highly loaded gears of gas turbine engines and helicopter reducers is shown.

Keywords: gas turbine engine, contact fatigue, equivalent contact stresses, gear, friction

Slynko Georgiy I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Chair of Internal combustion engines department, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, gslynko@zntu.edu.ua

Stadnik Oleksandr V., Master in Mechanical Engineering, PhD student, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, wellllmen@gmail.com

ПОВІЛЬНІ КОЛИВАННЯ ІНЕРЦІЙНИХ ВІБРОЗБУДНИКІВ У ВІБРАЦІЙНИХ МАШИНАХ З КІЛЬКОМА СТУПЕНЯМИ ВІЛЬНОСТІ

Луцький національний технічний університет

Анотація

Показано, що під час запуску вібраційної машини з несиметричним приводом можуть виникати коливання «повільної» швидкості незбалансованого збудника вібрації. Отримано формули частоти таких коливань для вібраційних машин з плоским характером руху тіла носія.

Ключові слова: вібрації, вібромашина, динамічна модель, коливання

Проблема проходження зони резонансу несучої системи інерційним віброзбудником досить важлива для розвитку вібротехніки. В наш час вона достатньо добре вивчена. Зокрема, в роботах [1, 2] звертається увага на наявність в області ефекту Зоммерфельда повільних коливань віброзбудника. Практично важливим є те, що повільні коливання успішно використовуються для полегшення проходження віброзбудниками зони резонансних частот несучого тіла. Проте у відомих дослідженнях виникнення повільних коливань розглядається лише на прикладах вібромашин з одним ступенем вільності несучого тіла. Дана робота присвячена подальшому розвитку результатів праць [2, 3].

Динамічна модель вібромашини прийнята у вигляді м'яко віброізолизованого несучого твердого тіла, яке може здійснювати плоскі коливання (рис. 1). За привід використовується дебалансний віброзбудник, який приводиться в обертання від електродвигуна асинхронного типу.

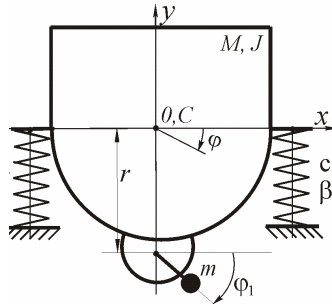


Рисунок 1 – Динамічна модель вібромашини з плоскими коливаннями робочого органу

Для дослідження руху дебалансного віброзбудника при «повільному» проходженні вібромашиною зони резонансу було використано підхід вібраційної механіки та метод прямого розділення рухів [1, 2]. Зазначимо, що розглядуваний режим «застрягання» швидкості обертання віброзбудника при пуску вібромашини являє собою максимально навантажений режим її роботи.

Слідуючи даному методу, отримано рівняння повільних рухів у вигляді, наведеному в [1, 2] та знайдено формулу для вібраційного моменту (додаткового динамічного навантаження на електродвигун викликаною коливаннями несучої системи), яку подано у формі

$$V(\omega) = -\frac{1}{2} \omega \sum_{q=x,y,\varphi} A_q^2 k_q^2 \beta_q,$$

де A_q – амплітуда усталених зарезонансних коливань несучого тіла, відповідних q -й узагальненій координаті несучого тіла; k_q – коефіцієнт динамічності; β_x – коефіцієнти в'язкого тертя підвіски несучого тіла; ω – частота «застрягання» віброзбудника.

Величина вібраційного моменту пропорційна квадрату динамічності, що свідчить про значне та досить стрімке зростання навантаження на електродвигун в області власних частот вібромашини, яке й призводить до виникнення ефекту Зоммерфельда.

Знайдено формулу для визначення частоти повільних коливань p_w незрівноваженого ротора в області ефекту Зоммерфельда; при цьому, рівняння швидких коливань ротора дебалансного віброзбудника отримано у вигляді, наведеному у роботі [3].

Аналіз рівняння швидких коливань свідчить, що при встановленні стаціонарного режиму в області ефекту Зоммерфельда, буде мати місце чітко виражений перехідний процес, який являє собою згасаючі бігармонічні коливання швидкості віброзбудника з основною частотою p_w . Показано, що початкові амплітуди цих коливань є порівняно великими, а їх затухання відбувається досить повільно.

Результати виконаного комп'ютерного моделювання переконливо свідчать, що повільні коливання швидкості віброзбудника являють собою нестационарний процес в області ефекту Зоммерфельда (рис. 2).

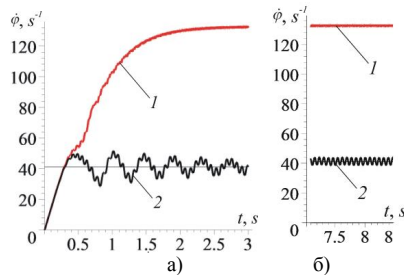


Рисунок 2 – Зміни частоти обертання віброзбудника: а) з моменту пуску електродвигуна; б) у зарезонансному усталеному режимі: 1 – проходження резонансної зони; 2 – «застрягання» кутової швидкості

Встановлено, що для випадку, коли несуча система вібромашини має кілька ступенів вільності, рівняння повільних рухів та швидких коливань ротора дебалансного віброзбудника зберігає вигляд рівняння для найпростішої системи з одним ступенем вільності; змінюється лише формула для частоти повільних коливань, методика визначення якої залишається тією ж самою.

Виконані дослідження сприятимуть вибору параметрів для алгоритмів керування проходженням зони резонансу вібраційними машинами з інерційними віброзбудниками.

Література

1. Блехман И.И. Вибрационная механика и вибрационная реология (теория и приложения) / И. И. Блехман. – Москва: «ФИЗМАТЛИТ», 2018. 752с.

2. Blekhman I.I., Indeitsev D.A., Fradkov A.L. Slow motions in systems with inertial excitation of vibrations. Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2008. Vol. 37. Issue 1. P. 21-27.

3. Yaroshevich N., Puts V., Yaroshevich T. Slow oscillations in systems with inertial vibration exciters. Vibroengineering Procedia, 2020. Vol. 32. P. 20-25.

Ярошевич Ольга Миколаївна - аспірант кафедри галузевого машинобудування, Луцький національний технічний університет, e-mail: jaroshevytsch.olia@gmail.com

Шовкомуд Олександр Павлович - к.т.н., доцент, доцент кафедри галузевого машинобудування, Луцький національний технічний університет, e-mail: o.shovkomud@lntu.edu.ua

Ярошевич Микола Павлович – д.т.н., професор, професор кафедри галузевого машинобудування, Луцький національний технічний університет, e-mail: yaroshevichmp@gmail.com

SLOW OSCILLATIONS OF INERTIAL EXCITERS IN VIBRATIONAL MACHINES WITH A FEW FREEDOM MODES

Annotation

It is shown that during the start of vibration machine with unbalanced drive the “slow” speed oscillations of unbalanced vibration exciter can occur. Formulas for the frequency of such oscillations for vibration machines with a flat nature of the carrier body motion are obtained.

Key words: vibrations, vibrating machine, dynamic model, oscillations

Yaroshevych Olga Mykolayivna - graduate student of the Department of Industrial Engineering, Lutsk National Technical University, e-mail: jaroshevytsch.olia@gmail.com

Shovkomud Oleksandr Pavlovych - Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial Engineering, Lutsk National Technical University, e-mail: o.shovkomud@lntu.edu.ua

Yaroshevych Mykola Pavlovych - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Industrial Engineering, Lutsk National Technical University, e-mail: yaroshevichmp@gmail.com

ВИМІРЮВАННЯ МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ РОТОРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН В ДИНАМІЧНОМУ РЕЖИМІ

^{1,2}Вінницький державний технічний університет

Анотація

Запропоновано метод визначення приведенного моменту інерції роторів електричних машин в динамічному режимі його роботи, який враховує його момент опору.

Ключові слова: динаміка, момент інерції, електрична машина.

Момент інерції ротора електричних машин (ЕМ) є одним із важливих параметрів, який визначає їх динамічні властивості. Але в довідниках даний параметр у відповідності з державними стандартами подається з великими технологічними відхиленнями від номінального значення (до $\pm 10\%$). При проектуванні різноманітних електроприводів і систем автоматики розробників цікавлять більш точні значення моментів інерції ЕМ (а іноді й у зборі з виконавчими механізмами), оскільки вони визначають швидкодію та тепловий режим роботи ЕМ. Визначити момент інерції ротора чи рухомої частини можна розрахунковими та експериментальними методами. Розрахунки моменту інерції є трудомісткими через неоднорідності матеріалів та складність геометричної форми ротора ЕМ. Крім того такі методи не характеризуються високою точністю і тому використовуються рідко. Експериментально момент інерції визначається багатьма методами [1]. Державні стандарти на випробування ЕМ передбачають три методи визначення моменту інерції: метод допоміжного маятника, метод само гальмування, метод крутильних коливань.

Недоліками методу допоміжного маятника є те, що він характеризується низькою точністю, тому що важко визначити відстань центру ваги маятника від осі обертання, оскільки при цьому повинна врахована маса важеля. Ротор повинен бути відбалансованим, тому що його неврівноваженість спотворює результати вимірювань. За періодом T коливань маятника знаходять момент інерції $J = (GaT^2)/(4\pi^2)$, де G – вага ротора; a – відстань центра тяжіння від осі обертання.

При використанні методу крутильних коливань ротор підвішують на пружній проволочі і приводять в крутильний коливальний рух. При цьому визначається період малих коливань, який потім порівнюється із періодом коливань зразкового тіла з відомим моментом інерції $J = J_x \cdot (T_x/T_3)^2$, де J_x – момент інерції зразкового тіла; T_x – період коливань зразкового тіла; T_3 – період коливань ротора, момент інерції якого визначають. Вимагається, щоб перед дослідом ротор був відбалансованим і точка підвісу знаходилась точно на осі обертання. Якщо точка підвісу буде зміщена з осі обертання, то зростає похибка визначення моменту інерції. Основні недоліки цього методу такі: необхідність розбору ЕМ та значна трудомісткість проведення вимірювального експерименту. Метод самогальмування вимагає попереднього визначення механічних втрат (наприклад, з досліду холостого ходу). Недоліком цього методу є те, що механічні втрати задаються як константа, коли в дійсності вони є функцією від кутової швидкості. Це зумовлює низьку точність визначення моменту інерції ЕМ методом самогальмування.

Метою даної роботи є розробка сучасних методів вимірювання моменту інерції ротора ЕМ більш високої точності і швидкодії порівняно з відомими.

З метою розширення функціональних можливостей в [2] запропоновано вдосконалення методу самогальмування, суть якого полягає в тому, що спочатку вимірюють кутове прискорення самогальмування ротора ξ_{r1} , а потім кутове прискорення самогальмування ξ_{r2} із зразковим моментом інерції. Зразковий момент інерції J_3 виконаний у вигляді простого тіла обертання, наприклад, диску чи циліндру. Момент інерції J_3 визначають за його геометричними та ваговими параметрами. Рівняння руху ЕМ із зразковим моментом інерції та без нього мають вигляд:

$$\begin{cases} 0 = M_0(\omega_r) + M_{ВП}(\omega_r) + (J(\omega_r) + J_{ВП}(\omega_r)) \cdot \xi_{r1}(\omega_r); \\ 0 = M_0(\omega_r) + M_{ВП}(\omega_r) + (J(\omega_r) + J_{ВП}(\omega_r) + J_3(\omega_r)) \cdot \xi_{r2}(\omega_r), \end{cases} \quad (1)$$

де $M_{ВП}$ - момент механічних втрат вхідного валу вимірювального перетворювача (ВП); $J_{ВП}$ - момент інерції вхідного валу ВП.

Всі вищепераховані величини представлені як функція від кутової швидкості ω_r . З рівнянь (1) при умовах $J_{ВП} \ll J$ та $M_{ВП} \ll M_0$ знаходять

$$J(\omega_r) = J_3 \cdot \frac{\xi_{r1}(\omega_r)}{\xi_{r2}(\omega_r) - \xi_{r1}(\omega_r)}, \quad M_0(\omega_r) = J_3 \cdot \frac{\xi_{r1}(\omega_r) \cdot \xi_{r2}(\omega_r)}{\xi_{r2}(\omega_r) - \xi_{r1}(\omega_r)}. \quad (2)$$

Відмітимо, що даний метод дозволяє також визначити залежність $M_0(\omega_r)$. Визначення моменту інерції зводиться до вимірювання кутової швидкості ω_r , цифрового диференціювання $\xi = d\omega_r/dt$, згладжування результатів диференціювання та опосередкованого визначення моменту інерції.

Галузь застосування засобів вимірювань, що здійснюють даний метод є високоточні вимірювання моменту інерції в процесі сертифікації електричних машин підвищеної швидкодії. Дана позитивна якість досягається за рахунок введення в структурну схему засобу мікроконтролера і вимірювального перетворювача з змісним або тензорезистивним сенсорами.

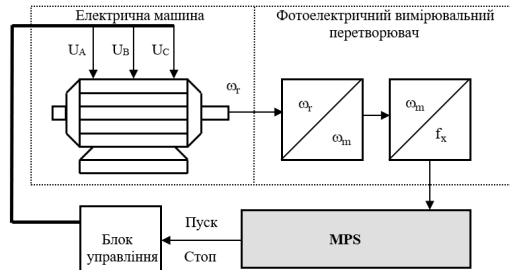


Рис. Структурна схема реалізації методу вимірювання моменту інерції

Висновки:

1. Проведено аналіз існуючих методів вимірювання моменту інерції ротора ЕМ, показано, що найбільш перспективними є група методів, які використовують режим самогальмування ЕМ.
2. Розглянуто моделі залежностей моменту опору від параметрів руху ЕМ. Встановлено, що вони можуть бути використані для розробки методу вимірювання моменту інерції.
3. Запропоновано метод вимірювання моменту інерції, який на відміну від існуючих має високу швидкодію, можливість використання в процесі експлуатації ЕМ та враховує залежність моменту опору від параметрів руху ЕМ.
4. Розроблено структурну схему засобу вимірювань та узагальнений алгоритм практичної реалізації методу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кучерук В.Ю. Спосіб визначення моменту опору електричних машин та пристрій для його реалізації. //Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - Хмельницький. -1999. -№3. -с.49-52.
 2. Кучерук В.Ю. Елементи теорії побудови систем технічного діагностування електромоторів. Монографія: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003.-195 с.
- Кучерук Володимир Юрійович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри метрології та промислової автоматики Вінницького національного технічного університету, Vladimir.kucheruk@gmail.com

MEASURING MOMENT OF INERTIA ROTOR ELECTRIC MACHINES IN DYNAMIC MODE

Abstract

A method for determining the reduced moment of inertia of the rotors of electric machines in the dynamic mode of its operation, which takes into account its moment of resistance, is proposed.

Keywords: dynamics, moment of inertia, electric machine.

Volodymyr Kucheruk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Metrology and Industrial Automatics in the Vinnytsya National Technical University, Vinnytsya, Vladimir.kucheruk@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ СИСТЕМИ «КАВІТАТОР - ТЕХНОЛОГІЧНЕ СЕРЕДОВИЩЕ»

Вінницький національний аграрний університет

Анотація. Для встановлення ефективних режимів та параметрів ультразвукової кавітаційної обробки технологічних середовищ запропоновано застосування поетапної перехідної фізичної моделі та критерії реалізації процесу.

Ключові слова: дискретна модель, континуальна модель, кавітаційна область, бульбашка.

З точки зору хвильової теорії процесів, спільну участь в якому беруть дві практично відмінні за властивостями підсистеми, знехтувати їхньою взаємодією, означає мати недостовірну інформацію. І тому основною передумовою теоретичних досліджень являється гіпотеза, що визначення ефективних режимів і параметрів робочого процесу акустичної обробки технологічного середовища є застосування поетапної перехідної фізичної моделі від дискретного до континуального виду (рис. 1) [1, 2].

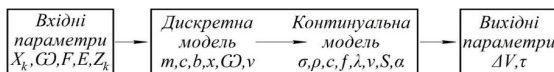


Рисунок 1 – Структурна схема моделі

Предбачається, що за такої схеми математичні рівняння мають з достовірністю для реальних умов, відображати протікання процесів зародження бульбашок, їх розвитку, утворення кавітаційної області бульбашок максимального об'єму та стадії їх сплескування.

Критеріями реалізації ефективного процесу являються вирази:

$$K_o = \frac{dV}{dt} \rightarrow \max; \quad K_e = \frac{dE}{dt} \rightarrow \min,$$

де K_o – критерій об'єму, що являє собою визначення кавітаційної області бульбашок; K_e – критерій енергії, яка витрачається на протікання акустичної обробки технологічного середовища; dV – об'єм кавітаційної області бульбашок, що сплескуються; dE – енергія, яка витрачається на протікання акустичної обробки технологічного середовища; dt – час протікання акустичної обробки технологічного середовища.

Важливим аспектом забезпечення критеріїв та формулювань передумов є розгляд протікання стадій процесу кавітаційної обробки у контексті зміни акустичних та реологічних параметрів технологічного середовища.

Перехід від руху одинокої бульбашки (дискретна модель) до сплескування їх великої кількості (кавітаційна область, континуальна модель) в описі процесу обумовлено важливістю цієї стадії. Наглядним супроводом поведінки бульбашок може слугувати еволюція рівнів складності формування кавітаційної області.

На першому рівні розглядається фізика процесу утворення та визначення залежностей радіусу окремої кавітаційної бульбашки R від часу t , інтенсивності ультразвукових коливань I і реологічних властивостей середовища, зокрема щільності ρ , коефіцієнта в'язкості ν , модуля пружності E .

Встановлена залежність радіуса кавітаційної бульбашки є передумовою для визначення середнього рівня деталізації моделі формування кавітаційної області. Реалізацією цього рівня досліджень є аналітичні залежності робіт при певних уточненнях числових значень акустичних параметрів середовищ і апарату. В силу цього встановлюється допустимий діапазон числових значень інтенсивності ультразвукових коливань, в якому реалізується сплескування бульбашок.

Наступною передумовою досліджень є середній рівень, коли визначається вже сукупність кавітаційних бульбашок в області з розмірами L , які є меншими за довжину ультразвукової хвилі λ , але є багаті більшими за радіус кавітаційної бульбашки R_0 :

$$\lambda \gg L \gg R_0.$$

Ця умова дає можливість встановити залежність об'ємного вмісту кавітаційних бульбашок V_0 та їх концентрації n_0 від інтенсивності ультразвукових коливань I , часу t і реологічних властивостей рідини ρ :

$$V_0 = \frac{4}{3} \pi R^3 n_0,$$

де $n_0 = f(t, I, \rho, \nu, E)$, R – миттєвий радіус бульбашки, який визначається на нижньому рівні моделі.

На третьому рівні визначається сумарний об'єм і форма кавітаційної області, встановлюється інтенсивність ультразвукової дії, за якою забезпечуються умови інтенсивного режиму розвиненої кавітації, як кінцевого етапу технологічного процесу.

Запропоновано схему побудови математичної моделі системи «кавітатор – технологічне середовище».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Берник І., Луховський О., Войчик В., Шедреєва І., Кармакова Г. Theoretical Investigations of the Interaction of Acoustic Apparatus with Technological Environment Working Process. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2019, №1(4). P. 32–37.

Берник І.М. Дослідження в'язкості дисперсних середовищ в умовах їхньої інтенсивної обробки. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2018, №1 (100). С. 62–67.

Берник Ірина Миколаївна, к.т.н., доцент, завідувачка кафедри харчових технологій та мікробіології Вінницького національного аграрного університету, м. Вінниця, iryna_bernyk@ukr.net.

RESEARCH OF THE MOVEMENT OF THE SYSTEM «CAVITATOR - TECHNOLOGICAL ENVIRONMENT»

Abstract. To establish effective modes and parameters of ultrasonic cavitation processing of technological media, the application of a step-by-step transitional physical model and criteria for the implementation of the process are proposed.

Keywords: discrete model, continuum model, cavitation region, bubble.

Bernyk Iryna, PhD, Associate Professor, Head of Microbiology and Processing Technology Department Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, iryna_bernyk@ukr.net.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ НЕПЕВНОСТІ ВІБРОПЕРЕТВОРЮВАЧА

Вінницький національний технічний університет

Анотація. *Запропоновано математичну модель априорного оцінювання динамічної непевності віброперетворювача на основі динамічних властивостей засобу вимірювання та частотного спектру вхідного сигналу, яка дозволяє кількісно оцінити та врахувати для подальших розрахунків значення динамічної непевності при проведенні динамічних вимірювань віброприскорення і подавати результати досліджень відповідно до вимог міжнародних стандартів.*

Ключові слова: віброперетворювач, динамічні вимірювання, динамічна непевність, частотна характеристика.

Диференціальне рівняння, що описує динаміку роботи віброперетворювача має вигляд

$$\frac{d^2 X_s(t)}{dt^2} + 2h \frac{dX_s(t)}{dt} + h_k^2 X_s(t) = \frac{F_0}{m} \sin(\omega_0 t), \quad (1)$$

де $F(t) = F_0 \sin(\omega_0 t)$ - гармонічна вимушена сила коливань поверховості об'єкту; F_0 - амплітуда сили; ω_0 - кутова частота вимушеної сили; $X_s(t)$ - механічні коливання інерційної маси; m - маса акселерометра; c - параметр демпфування; k - еквівалентна жорсткість п'єзоелементів, $h = c/2m$ - коефіцієнт демпфування; $h_k = \sqrt{k/m}$ - критичне значення коефіцієнту демпфування [1 - 4].

Значення динамічної непевності, що вноситься за рахунок інерційних властивостей використовуваного під час динамічних вимірювань віброперетворювача пропонується оцінити на основі модельного рівняння спектральної функції вхідного сигналу і частотної характеристики віброперетворювача за виразом

$$|u_D(t)| = \left[\left(\int_0^{\pi f_s} \pi^{-1/2} \sigma_{\Delta X}(\omega) \cos(\omega t) d\omega \right)^2 + \left(\int_0^{\pi f_s} \pi^{-1/2} \sigma_{\Delta X}(\omega) \sin(\omega t) d\omega \right)^2 \right]^{1/2}. \quad (2)$$

де $\sigma_{\Delta X}(\omega) = \pi^{-1/2} \left((2T)^{-1} \int_0^{\pi f_s} \left| \frac{K_C(j\omega)}{K_C} - 1 \right|^2 |X(j\omega)|^2 d\omega \right)^{1/2}$ - динамічна непевність перетворювача

в частотній області, приведена до входу перетворювача [5]; K_C - частотна характеристика віброперетворювача при $\omega = 0$; $|K_C(j\omega)| = (a^2(\omega) + b^2(\omega))^{1/2}$ - модуль частотної характеристики віброперетворювача; $a(\omega)$, $b(\omega)$ - дійсна і уявна частини частотної характеристики віброперетворювача $K_C(j\omega)$; $X(j\omega)$ - спектральна функція вхідного сигналу, f_s - частота дискретизації.

В результаті проведення відповідних математичних перетворень, отримано математичну модель динамічної непевності в частотній області ω , яка має вигляд

$$\sigma_{\Delta X}(\omega) = \pi^{-1/2} \left(\frac{1}{2T} \int_0^{\pi f_s} \omega F_0 \left[\frac{(k(h_k^2 - \omega^2) - m(h_k^2 - \omega^2)^2 - 4m\omega^2 h^2)^2 + 4k^2 \omega^2 h^2}{2Tm(\omega_0^2 - \omega^2)(m(h_k^2 - \omega^2)^2 + 4m\omega^2 h^2)^2} \right] d\omega \right)^{1/2}. \quad (3)$$

Підставляючи отриману математичну модель (3) у вираз для оцінки динамічної непевності (2), отримаємо вираз для дослідження амплітудного значення динамічної непевності віброперетворювача в часовій області. Характеристики зміни динамічної непевності

віброперетворювача, що описується диференціальним рівнянням (1) при різному часі спостереження T на різних частотах, представлено на рис. 1.

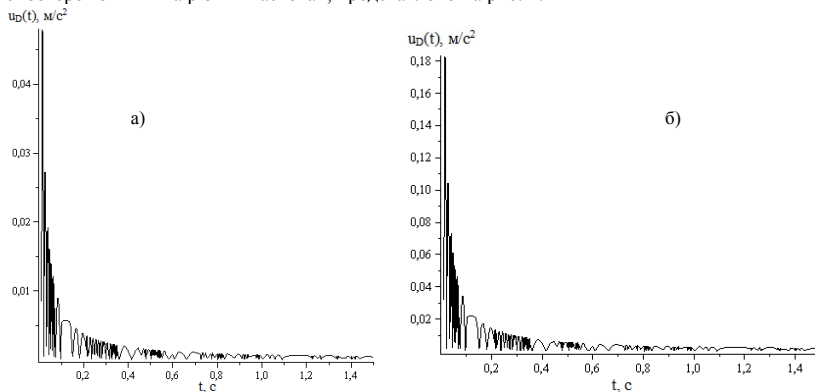


Рисунок 1 – Характеристика зміни динамічної непевності віброперетворювача: а) – при роботі на частоті 10 кГц та часові спостереження 600 с; б) при роботі на частоті 6 кГц та часові $T = 300$ с

Таким чином, запропонована математична модель оцінювання динамічної непевності віброперетворювача дає змогу досліджувати значення непевності при різних значеннях параметрів впливних величин та подавати результати досліджень відповідно до вимог міжнародних стандартів з оцінювання якості вимірювань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Васілевський О. М. Оцінка невизначеності вихідних сигналів засобів виміральної техніки в динамічних режимах роботи // Системи обробки інформації. – 2010. – № 4 (85). – С. 81 - 84.
2. Поджаренко В. О., Дідич В. М., Васілевський О. М. Оцінка вірогідності автоматизованого контролю складових елементів гумусу в ґрунті // Вісник національного університету „Львівська політехніка”. Серія: „Автоматика, вимірювання та керування”. – 2009. - № 639. - С. 51 – 54.
3. Сопрунок П. М., Васілевський А. Н., Чабанюк Ю. А. Неопределенность результатов измерений при контроле асинхронности вращения электромеханических преобразователей // Системи обробки інформації. – 2006. – №7 (56). – С. 72 – 75.
4. Vasilevskiy O.M., Kulakov P.I., Dudatiev I.A., Didych V.M., Kotyra Andrzej, Suleimenov Batorybek, Assebay Azat, Ainur Kozbekova Ainur, *Vibration diagnostic system for evaluation of state interconnected electrical motors mechanical parameters*, Proc. SPIE 10445, 2017, 104456C.
5. Vasilevskiy, O.M., & Didych, V.M. (2020), "The method of expressing the uncertainty of dynamic measurements", *Modern engineering research: topical problems, challenges and modernity* : Collective monograph. - Riga : Izdevnieciba "Baltija Publishing", pp. 63-83, ISBN 978-9934-588-47-1. - DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-47-1.4>.

Васілевський Олександр Миколайович - доктор технічних наук, професор, професор кафедри метрології та промислової автоматики, професор кафедри обчислювальної техніки ВНТУ, o.vasilevskiy@gmail.com
Коваль Марина Миколаївна – старший лаборант кафедри біомедицинської інженерії ВНТУ.

MATHEMATICAL MODEL FOR ESTIMATING THE DYNAMIC UNCERTAINTY OF THE VIBRATION TRANSDUCER

Abstract. *A mathematical model is proposed for a priori estimation of the dynamic uncertainty of the vibration transducer based on the dynamic properties of the measuring instrument and the frequency spectrum of the input signal, which allows one to quantitatively evaluate and take into account for further calculations the value of dynamic uncertainty during dynamic measurements of vibration acceleration and to present the research results in accordance with the requirements of international standards.*

Keywords: vibration transducer, dynamic measurements, dynamic uncertainty, frequency response.

Vasilevskiy Oleksandr – Doctor of Science, prof. VNTU, o.vasilevskiy@gmail.com
Koval Maryna – Assistant Department of Biomedical Engineering VNTU.

ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ІМПУЛЬСНОГО НАСИЩЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ

Анотація

Запропонована технологія та устаткування для ефективного гідроімпульсного насичення будівельних виробів. Розглянуто принципову схему обладнання для циклічного гідротермічного насичення будівельних виробів, що призводить до покращення фізичних, хімічних і механічних властивостей будівельних виробів органічного та мінерального походження.

Ключові слова: гідроімпульс, тиск, частота, технологія, устаткування, гідропривод, термічне насичення, будівельні матеріали.

Сучасні вимоги до будівельних виробів мотивують вдосконалення технологічних і конструктивних рішень, що стосуються обладнання для виготовлення мінеральних та органічних будівельних виробів. Сьогодні відомі деякі способи модифікації будівельних матеріалів шляхом насичення спеціальними речовинами їх пористих структур [1-2].

Однією із найбільш ефективних в даному контексті є технологія виготовлення будівельних матеріалів шляхом імпульсного насичення зразків спеціальними речовинами. Дана технологія полягає у глибокому проникненні рідини та її утримання в капілярно-пористому тілі просочуваного виробу. Технологія циклічного гідротермічного насичення будівельних виробів може використовуватись для покращення властивостей виробів, які використовуються за різним призначенням, наприклад, дерев'яні палі, несучі балки, елементи обшивки фасаду, елементи конструкції підлог та терас будинків, дерев'яні шпалі для залізниць, залізобетонні плити для злітно-посадкових смуг аеродромів тощо [3]. На рисунку представлена схема запропонованого устаткування для циклічного гідротермічного насичення будівельних виробів [4] із позначенням його основних елементів. Після завантаження будівельних виробів, які підлягають насиченню, до просочувальної камери в ній створюється періодично змінний тиск, який повторюється в автоматичному режимі.

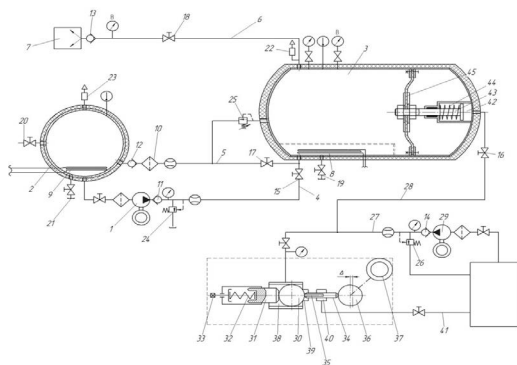


Рисунок 1 — Устаткування для циклічного гідротермічного насичення будівельних виробів: 1, 29 — рідинні насоси; 2 — маневрова камера; 3 — просочувальна камера; 4 — напірний трубопровід; 5 — зливний трубопровід; 6 — вакуумна лінія; 7 — вакуумний насос; 8, 9 — термонагрівачі; 10 — фільтр; 11, 12, 13, 14 — зворотні клапани; 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 — засувки; 22, 23 — дихальні клапани; 24, 25, 26 — запобіжні клапани; 27 — напірна магістраль; 28 — гідролінія; 30 — кульковий запірний елемент; 31 — плунжер; 32, 44 — пружини; 33 — регулювальний гвинт; 34 — штовхач; 35 — поздовжні лиски; 36 — ексцентрик; 37 — двигун; 38 — надклапанна порожнина; 39 — підклапанна порожнина; 40 — кільцева розточка; 41 — гідравлічний розподільник; 42 — робоча порожнина; 43 — шток; 45 — мембрана

Відбувається процес насичення будівельних виробів. Регулювання частоти обертів двигуна 37 надає змогу отримати імпульси тиску в просочувальній камері 3 з частотою, заданою проектом. Гідравлічний розподільвач створює імпульсний режим зміни тиску в просочувальній камері 3, який викликає перепад тиску, що зумовлює рух просочувальної рідини в порах і капілярах будівельних виробів. Даний перепад тиску можна описати залежністю:

$$\Delta p = p_k + p_{lmn} - p_{втр} - p_n,$$

де Δp – перепад тиску; p_k – капілярний тиск; p_{lmn} – перепад тиску, обумовлений гідравлічним імпульсом рідини; $p_{втр}$ – втрати тиску в капілярі (пори); p_n – тиск повітря, затиснутого в середині капіляра (пори).

В процесі насичення будівельних виробів терморегулятор із першим трубчастим електричним нагрівачем 8 підтримує задану температуру просочувальної рідини в просочувальній камері 3.

Завдяки використанню запропонованої технології та обладнання досягається глибоке проникнення складу спеціальних рідин в товщу будівельних виробів. Наслідком цього є покращення їх фізичних, хімічних та механічних характеристик.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баженов Ю. М. Бетонополимеры: Москва, СТРОЙИЗДАТ, 1983. 462 с.
2. Коц І. В., Горюн О. О. Аналітичний огляд сучасних технологій виготовлення бетонополімерних виробів: materials of the XIII International scientific and practical Conference "Scientific horizons - 2018", Sheffield, September 30 - October 7 2018, Sheffield, 2018. – Т. 7 : Construction and architecture. P. 46-49.
3. Горюн, О. О. Напрямки вдосконалення технології виготовлення будівельних виробів на основі полімерного бетону для аеродромних покриттів: наук.-техніч. конф. м. Вінниця, 13-15 березня 2019 р., Вінниця, 2019. С. 1981-1984
4. Патент № 145860 Україна, МПК6 C04B 41/45. Устаткування для циклічного гідротермічного насичення будівельних виробів. / Коц І. В., Горюн О. О. № u202004696; заявл. 24.07.2020 ; опубл. 6.01.2021, Бюл. № 1. - 6 с.

Коц Іван Васильович – канд. техн. наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, завідувач і науковий керівник науково-дослідної лабораторії гідродинаміки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ivan.kots.2014@gmail.com

Горюн Олег Олегович — аспірант кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: olezhka.gor.94@gmail.com

TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR HYDROPULSE SATURATION OF BUILDING PRODUCTS

Abstract

The technology and equipment for effective hydropulse saturation of construction products are offered. The basic scheme of equipment for cyclic hydrothermal saturation of construction products, which leads to the improvement of physical, chemical and mechanical properties of construction products of organic and mineral origin, is considered.

Key words: hydraulic impulse, pressure, frequency, technology, equipment, hydraulic drive, thermal saturation, building materials.

Kots Ivan V. – Ph.D., Professor of the Department of Engineering Systems in Construction, Head and Research Manager of the Research Laboratory of Hydrodynamics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ivan.kots.2014@gmail.com

Horiun Oleh O. – Postgraduate student of the Department of Engineering Systems in Construction Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: olezhka.gor.94@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ СТРІЧКИ ТРУБЧАТОГО КОНВЕЄРА

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Анотація

Наведені результати аналітичних досліджень по визначенню оптимальних параметрів і режимів роботи конвеєра, що забезпечують максимальну довговічність трубчастої стрічки під час її роботи.

Ключові слова: трубчаста стрічка, вантаж, довговічність, конвеєр, параметри, режими роботи.

В основу розробленої математичної моделі покладено дослідження втомного руйнування стрічки під час руху завантаженої гілки конвеєра по роликівих опорах [1, 2]. (рис. 1).

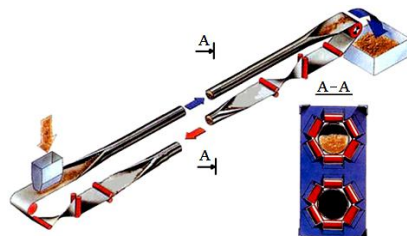


Рисунок 1 – Трубчастий стрічковий конвеєр з неповним заповненням перерізу труби

На першому етапі теоретичних досліджень з'ясовано кількості циклів дії потоку кускового вантажу і кількість ударів гострою кромкою кусків по одній і тій же поверхні стрічки на роликівій опорі [1, 2].

На другому етапі теоретичних досліджень з'ясовано, як параметри конвеєра і вантажу впливають на величину здавлювання стрічки, що рухається на лінійній частині конвеєра. Здавлювання відбувається завдяки тиску матеріалу, що транспортується.

Прийнявши припущення, що формування поперечного перерізу вантажу після проходження завантажувальної і перехідної ділянок закінчилося, а частки вантажу на усій довжині транспортування, аж до початку розвантаження, знаходяться в однакових умовах і не зміщуються одна відносно іншої, можна вважати, що траєкторії головних напружень тисків на стрічку з круглими стінками є вертикальними і горизонтальними прямими [1, 2].

На третьому етапі теоретичних досліджень з'ясовано, як параметри стрічки і сумарний пасивний тиск по поперечному перерізу стрічки впливають на загальну енергію стискування стрічки на роликівих опорах лінійної частини трубчастого конвеєра.

Встановлено, що енергія стискування стрічки на роликівих опорах лінійної частини конвеєра залежить від параметрів конвеєра і вантажу. Максимальна енергія стискування стрічки на лінійної частини конвеєра має місце при проходження нею роликівій опорі [1, 2].

На четвертому етапі теоретичних досліджень з'ясовано, як параметри конвеєра і вантажу впливають на термін служби стрічки при транспортуванні кусковатих і рихлих вантажів.

Встановлено, що термін служби стрічки залежить від багатьох чинників, в першу чергу - від зносу стрічки. Втомний знос пов'язаний зі зниженням модуля пружності і товщини гуми, жорсткості прокладок на розтягування. При виборі параметрів стрічки для трубчастого конвеєра доцільно використовувати її втомну характеристику, що враховує число і силу ударів кусків

транспортованого вантажу, а також зв'язок між енергією і силою деформації стиснення конвеєрної стрічки до її руйнування [1, 2].

Визначено термін служби стрічки трубчастого конвеєра транспортуючого кусковатий вантаж

$$T_c = \frac{2 \cdot 3600 C_c L_k}{V_c} \left[\left(\Pi_{n1}^{1/m_c} + \Pi_{n1}^{1/m_c} \frac{L_k}{l_p} \right) + \frac{0,27}{A_k R_{np}} \left(\Pi_{n1}^{1/m_c} \frac{0,3d_p}{(2l_m - d_p)} + \Pi_{n1}^{1/m_c} \frac{L_k}{l_p} \right) \right]^{-1}, \text{ год.} \quad (1),$$

і рихлий вантаж

$$T_c = \frac{2 \cdot 3600 C_c L_k}{V_c} \left(\Pi_{n1}^{1/m_c} + \Pi_{n1}^{1/m_c} L_k / l_p \right)^{-1}, \text{ год.} \quad (2),$$

де C_c – працездатність конвеєрної стрічки, Джс; L_k – довжина конвеєра, м; V_c – швидкість руху стрічки, м/с; $A_k = 1/d_c$ – кривизна асиметричної поверхні куса вантажу m^1 ; d_c – діаметр виступу куса, м; l_m – відстань між роликівими опорами в пункті завантаження, м; l_p – відстань між роликівими опорами, м; R_{np} – радіус труби, м; m_c – параметр, що характеризує кут нахилу логарифмічних характеристик втоми стрічки на стискування; Π_{n1} – загальна енергія стискування стрічки кусками вантажу на роликівих опорах лінійної частини конвеєра, Джс; Π_{n1} – загальна енергія стискування потоком вантажу на роликівій опорі лінійної частини конвеєра, Джс; Π_{n1} – загальна енергії здавлювання стрічки в пункті завантаження при ударі по ній кусками вантажу, Джс; Π_{n1} – загальна енергії здавлювання стрічки потоком вантажу, що падає з висоти в пункті завантаження, Джс.

При розрахунку терміну служби стрічки, яка транспортує рихлий вантаж, енергія здавлювання стрічки кусками вантажу під час удару по ній куском вантажу i -ї фракції (гострою кромкою) в пункті завантаження Π_{ni} і на роликах лінійної частини конвеєра Π_{ni} не враховуються [1, 2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гаврюков А.В. Определение долговечности трубчатой ленты при транспортировании насыпных грузов. / Гаврюков А.В. – Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія гірничо-електромеханічна. – Донецьк: ДонНТУ, 2013. – Вип. 2(26). С. 45-82.

2. Гаврюков О.В. Розвиток теорії трубчастих стрічкових конвеєрів: монографія / Гаврюков О.В. – Краматорськ: ДонНАБА, 2017. – 279с.

Гаврюков Олександр Володимирович, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри машинобудування Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Краматорськ. E-mail: gavryukov@ukr.net

STUDY OF THE DURABILITY OF THE TUBE CONVEYOR BELT

Abstract

The results of analytical researches on definition of optimum parameters and operating modes of the conveyor providing the maximum durability of a tubular tape during its work are resulted.

Keywords: tubular tape, cargo, durability, conveyor, parameters, operating modes.

Gavryukov Olexandr, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department of Mechanical Engineering Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Kramatorsk. E-mail: gavryukov@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ ЗІ ЗМІННОЮ ДОВЖИНОЮ ТРАНСПОРТУВАННЯ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Анотація

Розглянуто технологічні схеми роботи стрічкових конвеєрів зі змінною довжиною транспортування, наведені результати досліджень щодо визначення їх оптимальних параметрів та режимів роботи.

Ключові слова: конвеєр, змінна довжина транспортування, статичне і динамічне натягнення, працюючий і зупинений привод.

Наявність телескопічного пристрою з системою автоматичного контролю натягнення стрічки дозволяє подовжувати конвеєр під час його роботи [1, 2].

Використання стрічковим конвеєром зі змінною довжиною транспортування в технологічній схемі рис.1,а, в порівнянні з існуючою рис.1,б, дозволяє: збільшити машинний час прохідницького комбайна за рахунок скорочення технологічних операцій пов'язаних з подовженням конвеєра, виключити перевантажувачі [1, 2].

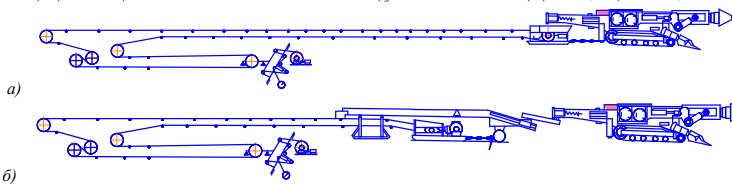


Рисунок 1 – Технологічні схеми робочого процесу будівництва тунелю з застосуванням стрічкового конвеєра зі змінною довжиною транспортування (а) і традиційним методом (б)

Отримані залежності для визначення оптимальних параметрів стрічкового конвеєра зі змінною довжиною транспортування та режими його роботи.

Зміна довжини транспортування конвеєра відбувається завдяки роботі ходового механізму прохідницького комбайна, що переміщує пересувну кінцеву станцію конвеєра.

Теоретичні дослідження здійснено в декілька етапів.

На першому етапі теоретичних досліджень з'ясовано, як параметри механізму зміни довжини транспортування стрічкового конвеєра і параметри конвеєра впливають на швидкості та прискорення пересувної станції і порожньої та вантажної гілок конвеєра [2].

На другому етапі теоретичних досліджень з'ясовано, як параметри механізму зміни довжини транспортування і параметри конвеєра впливають на збільшення статичного натягнення стрічки під час подовження конвеєра [2].

На третьому етапі теоретичних досліджень з'ясовано, як параметри механізму зміни довжини транспортування і параметри конвеєра впливають на збільшення динамічного навантаження стрічки під час подовження конвеєра [2].

На четвертому етапі теоретичних досліджень було визначено натягнення стрічки під час подовження конвеєра з працюючим і зупиненим приводом [2].

Натяг стрічки, що виникає на барабані пересувної станції під час зміни довжини:

- для конвеєра із зупиненим приводом визначається як сума натягу стрічки перед початком подовження конвеєра $S_{OH}^{зуп.}$, статичного і динамічного збільшення навантаження стрічки в фазі зрушення $S_{ст.зуп.}^{зруш.}$, $S_{дин.зуп.}^{зруш.}$ і розгону $S_{ст.зуп.}^{розг.}$, $S_{дин.зуп.}^{розг.}$ стрічки

$$S_{6,зуп.} = S_{6H}^{зуп.} + S_{ст.зуп.}^{зупи.} + S_{ст.зуп.}^{розз.} + S_{дин.зуп.}^{зупи.} + S_{дин.зуп.}^{розз.}, H \quad (1)$$

- для конвеєра із працюючим приводом, визначається як сума натягу стрічки перед початком подовження конвеєра $S_{6H}^{np.}$, статичного $S_{ст.нр.}$ і динамічного $S_{дин.нр.}$ збільшення навантаження стрічки під час подовження конвеєра

$$S_{6нр.} = S_{6H}^{np.} + S_{ст.нр.} + S_{дин.нр.}, H \quad (2)$$

Встановлено, що більше збільшення натягнення стрічки під час зміни довжини транспортування виникають при подовженні конвеєра із зупиненим приводом (рис.2).

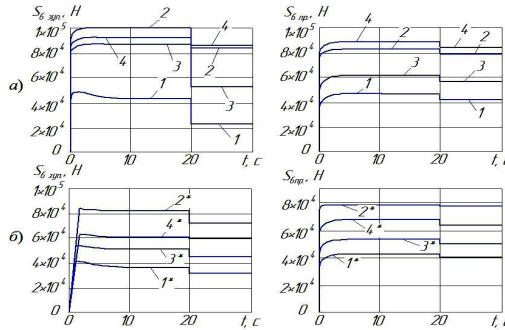


Рисунок 2 – Графіки зміни натягу стрічки на барабані пересувної станції під час зміни довжини транспортування: а) з зупиненим приводом конвеєра, б) з працюючим приводом конвеєра: 1 – $\beta = 0^\circ$, $l_{(3-6)} = 835\text{ м}$; 2 – $\beta = 4^\circ$,

$l_{(3-6)} = 835\text{ м}$; 3 – $\beta = 7^\circ$, $l_{(3-6)} = 835\text{ м}$; 4 – $\beta = 15^\circ$, $l_{(3-6)} = 835\text{ м}$; 1* – $\beta = 0^\circ$, $l_{(3-6)} = 200\text{ м}$; 2* – $\beta = 4^\circ$, $l_{(3-6)} = 200\text{ м}$; 3* – $\beta = 7^\circ$, $l_{(3-6)} = 200\text{ м}$; 4* – $\beta = 15^\circ$, $l_{(3-6)} = 200\text{ м}$. ($l_{(3-6)}$ – відстань від барабана пересувної станції до рухомого барабана телескопічного пристрою, β – кут установки конвеєра).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гаврюков А.В. Энергоэффективность на конвейерном транспорте. Снижение энергоёмкости рабочих процессов. / Гаврюков А.В., Третяк А.В. – Энергосбережение. – 2012 – № 9 (155) - С. 16-18.
2. Гаврюков О.В. Развитие теории трубчатых стрічкових конвеєрів: монографія / Гаврюков О.В. – Краматорськ: ДонНАБА, 2017. – 279с.

Гаврюков Олександр Володимирович, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри машинобудування Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Краматорськ. E-mail: gavryukov@ukr.net

RESEARCH OF VARIABLE CONVEYORS WITH VARIABLE TRANSPORT LENGTH

Abstract

Technological schemes of operation of belt conveyors with variable length of transportation are considered, results of researches concerning definition of their optimum parameters and operating modes are resulted.

Keywords: conveyor, variable length of transportation, static and dynamic tension, working and stopped drive.

Gavryukov Olexandr, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department of Mechanical Engineering Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Kramatorsk. E-mail: gavryukov@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ СХОДУ СТРІЧКИ З БАРАБАНА, ЩО МАЄ КРИВОЛІНІЙНУ ТВІРНУ

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Анотація

Наведені результати досліджень по визначення залежностей перехідного процесу бокового сходження стрічки з барабана, що має не значну криволінійну твірну.

Ключові слова: стрічка, барабан, криволінійна твірна, бокове сходження, перехідний процес.

Відомо, що бокове сходження стрічки при розвороті барабана буде менше, якщо барабан має криволінійну твірну.

В результаті виконаних досліджень отримано залежності для визначення перехідного процесу бокового сходження стрічки з барабана, що має не значну криволінійну твірну.

Не значна криволінійність твірної барабана обумовлена виконаними дослідженнями в роботі [1] в якій вказується, що кут нахилу до осі конвеєра утворюючих кінцевих ділянок барабана не повинен перевищувати кут тертя стрічки по поверхні барабана. При порушенні цієї вимоги криволінійна поверхня барабанів не лише не відновлює центральний хід стрічки, а, навпаки, сприяє її відведенню убік. Діапазон зміни цього показника, залежить від циліндричної жорсткості її механічних властивостей і геометричних параметрів стрічки.

Теоретичні дослідження здійснено в декілька етапів.

На першому етапі теоретичних досліджень з'ясовано, що нормальний тиск за відсутності проковзувань стрічки по барабану не впливає на дотичне навантаження взаємодії стрічки з барабаном під час його розвороту [2, 3].

На другому етапі теоретичних досліджень з'ясовано, який вигляд має залежність перехідного процесу сходження стрічки на повернутому барабані із не значною криволінійністю твірної, в криволінійній системі координат lOz , якщо вплив ваги і тертя-ковзання стрічки на роликів опор не враховувати [2, 3] (рис.1).

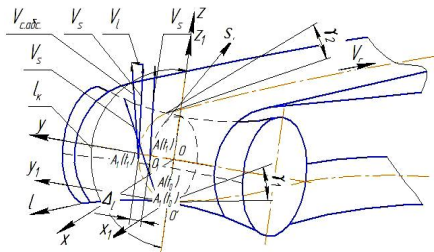


Рисунок 1 – Розрахункова схема визначення швидкості ковзання по довжині контакту стрічки з барабаном V_l і швидкості бокового сходження стрічки з барабана $V_{б.с.}$.

На третьому етапі теоретичних досліджень з'ясовано, який вигляд має залежність перехідного процесу сходження стрічки на повернутому барабані із не значною криволінійністю твірної в декартовій системі координат zxy , якщо вплив ваги і тертя-ковзання стрічки на роликів опор не враховується [2, 3].

На четвертому етапі теоретичних досліджень для практично важливого випадку з'ясовано, який вигляд має залежність перехідного процесу сходження стрічки на повернутому барабані із не значною криволінійністю твірної в декартовій системі координат zxy з врахуванням впливу ваги і тертя-ковзання стрічки на роликів опор [2, 3].

Встановлено, що боковий схід стрічки на обвідних барабанах завжди має місце за відсутності перпендикулярності осі стрічки відносно осі барабана (рис.2).

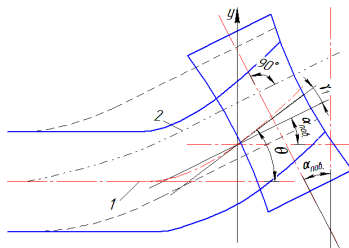


Рисунок 2 – Схема поперечного зміщення стрічки на барабані: 1 – положення стрічки в перехідному режимі; 2 – положення стрічки в стабільному режимі

Перехідний процес сходу стрічки на повернутому барабані із не значною криволінійністю твірної описується рівнянням, відповідним аперіодичній ланці першого порядку.

$$(T_0^{ex} \lambda + 1) y = K_0 \alpha_{нов.}$$

де $T_0^{ex} = S_c (K_{кривол.}^{параб.} + 1) / (q_c \cdot g \cdot c_{м.к.} \cdot V_c)$ – постійна часу об'єкта регулювання (стрічки), c ; $\lambda = d / dt$ – оператор диференціювання, c^{-1} ; $K_0 = S_c / (q_c \cdot g \cdot c_{м.к.})$ – коефіцієнт передачі по куту повороту барабана, m ; $K_{кривол.}^{параб.}$ – коефіцієнт криволінійності барабана, що має параболічну твірну; $c_{м.к.}$ – тангенс кута нахилу лінійної частини графіка залежності коефіцієнта тертя від ковзання стрічки по роликівих опорах; q_c – погонна маса стрічки, $кг/м$; V_c – швидкість руху стрічки, $м/с$; g – прискорення вільного падіння, $м/с^2$; S_c – натягнення стрічки, H .

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гринько П.А. Барабан циліндро-криволінійний увігнутий / П.А. Гринько, О.М. Шеглов, В.В. Суглобов. - Настоящие исследования и развитие 2012: Материалы VIII международной научно - практической конференции (Болгария, г. София, 17-25 января 2012 г.): сб. материалов – София: Бял ГРАД-БГ., 2012. – Т. 20. – С. 24-26.
2. Гаврюков А.В. Исследование процесса схода ленты на барабане с незначительной выпуклостью при его разворотах. / Гаврюков А.В. – Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія гірничо-електромеханічна. – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – Вып. 23(196). С 51-68.
3. Гаврюков О.В. Развитие теории трубчатых стрічкових конвейерів: монографія / Гаврюков О.В. – Краматорськ: ДонНАБА, 2017. – 279с.

Гаврюков Олександр Володимирович, доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри машинобудування Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Краматорськ. E-mail: gavryukov@ukr.net

INVESTIGATION OF THE REST OF A TAPE FROM A DRUM HAVING A CURVULAR PRODUCTION

Abstract

The results of researches on definition of dependences of transient process of lateral convergence of a tape from a drum having not considerable curvilinear product are resulted.

Keywords: tape, drum, curvilinear generator, lateral ascent, transition process.

Gavryukov Olexandr, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department of Mechanical Engineering Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Kramatorsk. E-mail: gavryukov@ukr.net

ДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ В ГІДРОПРИВОДІ СТРИЛИ З ВРІВНОВАЖУВАЛЬНИМ КЛАПАНОМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розв'язано рівняння математичної моделі гідроприводу стріли експериментального зразка з врівноважувальним клапаном та регульованим насосом. Досліджено динамічні процеси в гідроприводі стріли експериментального зразка при різних режимах навантаження.

Ключові слова: динамічні процеси, гідропривод стріли, врівноважувальний клапан.

Сучасні гідроприводи розраховані на мультирежимну роботу в різні пори року, що окреслено в вимогах до обладнання [1, 2, 3]. Значна увага приділяється динамічним процесам в гідроприводах та його характеристикам: час перехідного процесу, його величина перерегулювання та коливальність [4].

Метою роботи є дослідити динамічні процеси в гідроприводі стріли з врівноважувальним клапаном та визначити, які параметри впливають на них.

Математичні моделі гідроприводу стріли експериментального зразка розроблено на кафедрі Технологій та автоматизації машинобудування і складаються із рівнянь нерозривності потоків в гідролініях; рівнянь рівноваги моментів, що діють на планшайбу насоса та стрілу; рівнянь рівноваги сил, що діють на золотники [5, 6]. Особливістю математичної моделі є опис роботи гідроприводу стріли як при зустрічному так при супутньому навантаженню виконавчого органу та врахування конструктивних особливостей нового врівноважувального клапана. Розв'язок рівнянь математичної моделі гідроприводу стріли виконано в пакеті програм MATLAB Simulink. Точність моделювання становить 0,1% та використано метод дослідження за Розенброком 2-го порядку.

На рис. 1 зображено перехідні процеси в гідроприводі стріли експериментального зразка на основі врівноважувального клапана та регульованого насоса. В якості вихідних характеристик обрано швидкість руху V стріли. Дослідження проведені при двократному збільшенні та зменшенні навантаження T на виконавчому органу та його швидкості руху V .

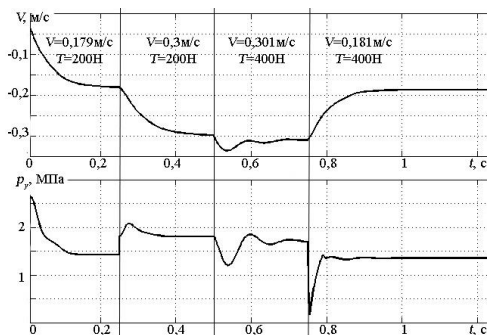


Рис. 1. Перехідні процеси по швидкості переміщення V стріли та тиску p_p в робочій гідролінії при супутньому навантаженні

Розраховано, що не впливають, або їх вплив є не суттєвий, на перехідні процеси в гідроприводі стріли конструктивні параметри врівноважувального клапана, що відповідають за масу та довжину золотників, зазор між золотником та корпусом, а також об'єми гідроліній. Суттєвий вплив мали параметри пружини врівноважувального клапана (жорсткість та величина попереднього стиснення), діаметр золотника, коефіцієнт підсилення робочого вікна, дроселі для демпфування.

Результати дослідження показали, що при супутньому навантаженні перехідні процеси по швидкості руху V стріли експериментального зразка є в основному аперіодичні. Час перехідного процесу не перевищує 0,2с. Коливальність рівна 2 для випадку зростання навантаження на виконавчому органу в 2 рази.

Перехідні процеси по тиску p , в робочій гідролінії гідроприводу стріли експериментального зразка повторюють динаміку за перехідними процесами по швидкості руху V стріли. Однак, має місце відносне перерегулювання, що не перевищує 10% під час роботи гідроприводу при різних режимах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пionткєвич О. В. Підвищення ефективності багаторежимного гідроприводу фронтального навантажувача : дис. кандидата техн. наук : 05.02.02 / Пionткєвич Олег Володимирович. – Київ, 2019. – 249 с.
2. Мурашенко А. М. Розрахунок мобільних приводів машин / А. М. Мурашенко, О. М. Яхно, О. П. Губарев, В. Г. Василюк, М. Коваленко // Problems of Friction and Wear. – 2019. – Vol. 3(84). P. 83 – 89.
3. Поліщук Л. К. Динаміка вмонтованого гідроприводу консервів мобільних машин / Л. К. Поліщук. – Вінниця: ВНТУ, – 2018. – 240 с.
4. Козлов Л. Г. Вимоги до гідросистем фронтальних навантажувачів / Л. Г. Козлов, О. В. Пionткєвич, А. О. Іванов // Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування: матеріали. – 2015. – С. 2. – Режим доступу: URL: <http://ctam.vntu.edu.ua/doc/57.pdf>
5. Козлов Л. Г. Гідропривод з гідрозамком / Л. Г. Козлов, О. В. Пionткєвич. – Пат. 107185 Україна, МПК Е 02 F 9/22, № u201511543; Опубл. 25.05.2016, Бюл. № 10. – 8 с.
6. Пionткєвич О. В. Вплив параметрів системи керування гідроприводом мобільної робочої машини на динамічні характеристики [Текст] / О. В. Пionткєвич // Вісник машинобудування та транспорту. – 2016. – №2(4). – С. 68–76.

Пionткєвич Олег Володимирович — к-т техн. наук, старший викладач кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: piontkevych@vntu.edu.ua;

Козлов Леонід Геннадійович — док. техн. наук, професор та завідувач кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: osna2030@gmail.com;

Сердюк Ольга Валентинівна — к-т техн. наук, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: karvatkoolga@ukr.net;

Котик Сергій Іванович — інженер-конструктор на виробництві ТОВ «ГРІН КУЛ», м. Вінниця, e-mail: sergii.kotik@gmail.com

Dynamic processes in a hydraulic boom drive with a counterbalance valve

Abstract

The equations of the mathematical model of the hydraulic boom drive of the experimental sample with the counterbalance valve and the variable pump are solved. The dynamic processes in the hydraulic boom drive of an experimental sample are investigated under various load conditions.

Keywords: dynamic processes, hydraulic boom drive, counterbalance valve.

Piontkevych Oleh V. — Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: piontkevych@vntu.edu.ua;

Kozlov Leonid H. — Doctor of Engineering, Professor and Chair of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: osna2030@gmail.com;

Serdiuk Olga V. — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: karvatkoolga@ukr.net;

Kotyk Sergiy I. — design engineer at the production of LLC "GREEN COOL", Vinnytsia, e-mail: sergii.kotik@gmail.com

ДИНАМІЧНІ ЯВИЩА В ПРИВОДАХ З КУЛЬКОВИМИ ОБГІННИМИ МУФТАМИ

¹Національний університет „Львівська політехніка”

²Одеський національний політехнічний університет

Анотація. Розглянуто коливі явища у механічному приводі з новою кульковою обгінною муфтою для піднімання висотних споруд. Запропоновано розрахункову динамічну схему та математичну модель, що описує залежності основних навантажувальних чинників системи з визначенням максимально допустимого обертального моменту, який спроможна передавати кулькова обгінна муфта зі згладжуванням максимальних значень робочих навантажень.

Ключові слова: динаміка, приводи, муфти, обгінні муфти.

У приводах механізмів і машин з традиційними обгінними муфтами коливання обертального моменту двигунів частково згладжується за рахунок проковзування роликів по поверхнях півмуфт, що приводить до інтенсивного їх спрацювання та зменшення терміну роботи [1-5]. Процес проковзування завжди прогресує під час піднімання висотних споруд, наприклад, бурових вишок, що зібрані на поверхні землі. Тому в процесі пошуку з покращення функціонування цих пристроїв розроблено кулькові обгінні муфти [6-18]. На даний час існують описи конструкцій нових муфт, проведено дослідження геометричних, кінематичних, силових параметрів [19-21], розроблено методики розрахунку міцності їх основних елементів [22-23]. Тут наводяться деякі результати досліджень цих муфт питання щодо динамічних явищ у приводах з муфтами нового типу, коли навантаження передається не за рахунок тертя між роликками та поверхнями півмуфт, а зачепленням кульок з півмуфтами. Однак встановлено, що в кінці процесу зачеплення повністю виключити нерівномірність руху практично неможливо. Особливо у приводах, що дуже схильні до виникнення коливань з причини їх геометричних параметрів особливо висотних споруд. Це і спонукало проведення дослідження коливних явищ у механічному приводі з новою кульковою обгінною муфтою з визначенням максимально допустимого обертального моменту, який може нею передаватися.

Об'єктом дослідження вибрано конструкцію кулькової обгінної муфти, що розроблена на рівні патентів з обґрунтуванням її геометричних [6-18] та силових параметрів [19-23] у статичній постановці задачі. Однак, зі збільшенням швидкостей руху елементів привода можливі поштовхи чи удари, тому існуючі розв'язки цих задач є істотно недостатніми. Першою чергою це для неусталених режимів роботи, під час яких неможливо уникнути коливних явищ з боку висотної споруди, що часто приводить до значних перевантажень елементів системи. Однак, отримані результати в статичній постановці [19-23] є підґрунтям для проведення досліджень динамічних явищ з метою визначення величин збільшення навантажень робочих елементів муфт та інших елементів пружної системи під час коливань. Для розв'язку поставленої задачі спочатку проведено аналіз режимів руху частин механічного привода з кульковими обгінними муфтами з теоретичним визначенням закономірностей цього руху, враховуючи рушійні сили та маси елементів при односторонній пов'язі між ними. Для спрощення розв'язку задачі припускаємо, що [23]: муфта надійно вмикається всіма кульками одночасно; робочі деталі є абсолютно жорсткими та пов'язані між собою невагомими пружними ланками; втрати енергії на тертя кульки під час вмикання порівняно з корисним навантаженням є малими та ними можна знехтувати.

Колівні явища можливі також внаслідок імовірності появи неточностей виготовлення та монтажу кулькових обгінних муфт, що передають обертальний момент не за рахунок тертя, а зачепленням кульок з пазами напівмуфт.

Враховуючи специфіку привода та нехтуючи величиною розсіювання енергії, дану систему зведено до динамічної розрахункової схеми, що наведена на рис. 1.

Наявність початкового зазору між кульками та периферійними кінцями робочих пазів веденої напівмуфти уможливило виділення із загальної розрахункової схеми (рис.1) підсистеми, що включає в себе ведучу масу із зведеним моментом інерції I_1 , ведену масу з моментом інерції I_2 , що зв'язані між

собою невагомою пружною ланкою, жорсткість якої C_1 . Така постановка задачі базується на класичній теорії динаміки машин [24-25].

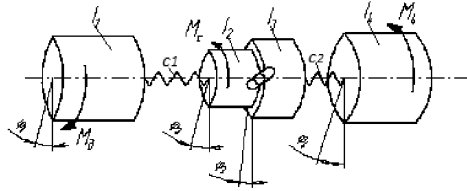


Рис. 1. Розрахункова схема привода з кульковою обгінною муфтою

Тоді математична модель руху мас для першого етапу піднімання має вигляд (1):

$$I_1 \ddot{\phi}_1 + C_1 (\phi_1 - \phi_2) = M_o \phi; \quad (1)$$

$$I_2 \ddot{\phi}_2 - C_1 (\phi_1 - \phi_2) = -M_c \phi;$$

де ϕ_1 , ϕ_2 – кутові переміщення відповідних мас; M_o – рушійний момент і M_c – момент опору з боку другої частини системи.

Помноживши перше рівняння (1) на I_2 , а друге – на I_1 і склавши їх, зводимо початкову систему до одного рівняння вигляду

$$I_1 I_2 (\ddot{\phi}_1 - \ddot{\phi}_2) + C_1 (I_1 + I_2) (\phi_1 - \phi_2) = M_o I_2 + M_c I_1, \quad (2)$$

або, після заміни $\phi_1 - \phi_2 = \phi$, до більш простого вигляду

$$\ddot{\phi} + k^2 \phi = M_o / I_1 + M_c / I_2, \quad (3)$$

де $k^2 = \frac{C_1 (I_1 + I_2)}{I_1 I_2}$ – стала величина для даного привода.

Тепер розв'язок рівняння (3) запишеться наступним рівнянням [22]

$$\phi = A \sin kt + B \cos kt + \frac{M_o I_2 + M_c I_1}{I_1 I_2}. \quad (4)$$

Слід зауважити, якщо відлік часу проводити з початку руху ведучої маси, то початковими умовами будуть сталі інтегрування: $t=0$; $\phi=0$; $\dot{\phi}=0$. За цими початковими умовами матимемо

$$A = 0; B = -\frac{M_o I_2 + M_c I_1}{C_1 (I_1 + I_2)}, \quad (5)$$

а деформація пружної ланки запишеться у вигляді (6)

$$\phi = \frac{M_o I_2 + M_c I_1}{C_1 (I_1 + I_2)} (1 - \cos kt). \quad (6)$$

Із (6) очевидно, що максимально можлива деформація пружної ланки на кінець першого етапу піднімання описується рівнянням (7)

$$\phi_{\max} = \frac{2(M_o I_2 + M_c I_1)}{C_1 (I_1 + I_2)}, \quad (7)$$

а максимальне динамічне навантаження – рівнянням (8)

$$M_{\max 1} = \frac{2(M_o I_2 + M_c I_1)}{I_1 + I_2}. \quad (8)$$

Тепер можемо записати переміщення ведучої маси від її початку руху до моменту дотику кульок до кінців пазів веденої півмуфти у вигляді рівняння (9)

$$\phi_1 - \phi_2 = M_c / C_1 + d + a, \quad (9)$$

де $\frac{M_c}{C_1}$ – деформація пружної ланки; d – діаметр кульок; a – початкове віддалення точки дотику кульки від пазу веденої півмуфти, $0 \leq a \leq a_{\max}$ (рис. 1).

Початкове взаємне положення кульок і пазів може бути різним, тому значення відстані a може

змінюватись и час вмикання муфти є також величиною змінною, тобто маємо:

$$t_{\min} = \arccos \left[1 - \frac{(M_c + dC_1)(I_1 + I_2)}{M_\delta I_2 + M_c I_1} \right] / k; \quad (10)$$

$$t_{\max} = \arccos \left[1 - \frac{(M_c + a_{\max} C_1 + dC_1)(I_1 + I_2)}{M_\delta I_2 + M_c I_1} \right] / k, \quad (11)$$

$$\text{де } k = \sqrt{\frac{C_1(I_1 + I_2)}{I_1 I_2}}.$$

Враховуючи специфічність конструкції щодо передавання руху тільки в одному напрямку подальший аналіз динамічних явищ можна проводити для другої частини системи, до якої прикладається M_{\max} з початковою швидкістю, яку дістанемо після диференціювання рівняння (4)

$$\phi' = \frac{(M_\delta I_2 + M_c I_1)k}{C_1(I_1 + I_2)} \sin kt. \quad (12)$$

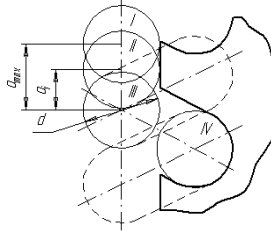


Рис. 2. Можливі положення кульки відносно пазів веденої напівмуфти. I, II, III, IV – відповідно гірше, проміжне, краще і робоче положення кульки

Математична модель руху мас на другому етапі матиме подібний до (1) вигляд

$$I_3 \ddot{\phi}_3 + C_2(\phi_3 - \phi_4) = M_{\max}; \quad (13)$$

$$I_4 \ddot{\phi}_4 - C_2(\phi_3 - \phi_4) = -M_4.$$

Подібно до (1), розв'язок системи (13) зводиться до рівняння вигляду

$$\phi_3 = A_1 \sin k_1 t + B_1 \cos k_1 t + \frac{M_{\max} I_4 + M_4 I_3}{C_2(I_3 + I_4)}, \quad (14)$$

де $k_1^2 = \frac{C_2(I_3 + I_4)}{I_3 I_4}$; $\phi_3 = \phi_3 - \phi_4$ – пружна деформація другої ланки, що має жорсткість C_2 (рис. 1). На

другому етапі відлік часу проводиться від початку руху веденої напівмуфти

$$\phi_3 = \phi_{\max}; \quad \dot{\phi}_3 = \frac{(M_\delta I_2 + M_c I_1)k}{C_1(I_1 + I_2)} \sin kt. \quad (15)$$

За початковими умовами (15), із (14) отримано сталі інтегрування у вигляді:

$$A_1 = 0; \quad B_1 = \frac{2(M_\delta I_2 + M_c I_1)}{C_1(I_1 + I_2)} - \frac{M_{\max} I_4 + M_4 I_3}{C_2(I_3 + I_4)}.$$

Деформація пружної ланки з жорсткістю C_2 змінюється за закономірністю (16)

$$\phi_3 = (\phi_3 - \phi_4) = \left[\frac{2(M_\delta I_2 + M_c I_1)}{C_1(I_1 + I_2)} - \frac{M_{\max} I_4 + M_4 I_3}{C_2(I_3 + I_4)} \right] \cos k_1 t + \frac{M_{\max} I_4 + M_4 I_3}{C_2(I_3 + I_4)}, \quad (16)$$

а максимальні динамічні навантаження в кінці другого етапу неусталеного режиму роботи привода механізму підйому висотних споруд визначаються із рівняння (16) і матимуть вигляд

$$M_{\max 2} = \frac{2(M_o I_2 + M_o I_1) C_2}{(I_1 + I_2) C_1} \quad (17)$$

За отриманими виразами (8) і (17) визначаються максимальні навантаження ланок механізму за відомими його геометричними та жорсткостними параметрами. Це дає можливість здійснювати коректування процесу навантаження ланок механічних приводів великомасових систем ще на стадії проектування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя / В.И. Анурьев// В 3т. - М.: Машиностроение, 1979-1982. - т.1. - 728с.; т.2.- 559с.; т.3.- 557с.
2. Заблонский К.И. Детали машин / К.И. Заблонский / - К.: Вища школа, Главное изд. 1999. - 518 с.
3. Иванов Е.А. Муфты приводов/ Е.А. Иванов // - М.: Машгиз, 1959. - 348 с.
4. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків / В.О. Малащенко// - Львів, НУ "Львівська політехніка", 2006. 196 с.; 2009. - 216 с.
5. Мальцев В.Ф. К динамике заклинивания роликовых механизмов свободного хода / В.Ф. Мальцев // Современные проблемы теории машин и механизмов.: Изд-во «Наука», 1965. - С.314-322.
6. А.С. № 1423838, БИ № 34, 1988. Обгонная муфта. /Малащенко В.А., Калинин С.Г., Петренко П.Я. - 6 с.
7. А.С. № 1423839, БИ № 34, 1988. Обгонная муфта. /Малащенко В.А., Калинин С.Г., Петренко П.Я. - 5 с.
8. А.С. № 1691623, БИ № 42, 1991. Обгонная муфта. /Малащенко В.А., Калинин С.Г., Петренко П.Я. - 6 с.
9. А.С. № 1691624, БИ № 42, 1991. Обгонная муфта. /Малащенко В.А., Калинин С.Г., Петренко П.Я. - 4 с.
10. А.С. № 1698520, БИ № 42, 1991. Обгонная муфта. /Малащенко В.А., Рыбов В.Г. - 3с.
11. А.С. № 17916442А1, БИ № 4, 1993. Обгонная муфта. /Малащенко В.А., Калинин С.Г., Петренко П.Я. - 2с.
12. Пат. 28884А Україна, МКІ F16D41/06. Кулькова муфта вільного ходу. / Малащенко В.О., Сороківський О.І. Опубл. 29.123.99. Бюл. № 8.
13. Пат. 29068А Україна, МКІ F16D41/06. Конічна обгінна муфта. / Малащенко В.О., Петренко П.Я., Сороківський О.І. Опубл. 29.123.99. Бюл. № 8.
14. Пат. 32809А Україна, МКІ F16D41/06. Обгінна муфта. / Малащенко В.О., Петренко П.Я., Сороківський О.І. Опубл. 29.123.99. Бюл. № 8.
15. Пат. 45667А Україна, МКІ F16D41/06. Обгінна муфта. / Малащенко В.О., Павлице В.Т., Петренко П.Я., Сороківський О.І. Опубл. 15.04.2002. Бюл. № 4.
16. Пат. 66514А Україна, Запобіжна муфта / Гапук П.М., Малащенко В.В., Сороківський О.І. Опубл. 2004. Бюл. №5.
17. Пат. 53354А Україна, МКІ F16D41/06. Обгінна муфта / Куновський Г.П., Кравець І.С., Малащенко В.О., Сороківський О.І. Опубл. 15.01.2003. Бюл. № 1.
18. Пат. 56483А Україна, МКІ F16D41/06. Обгінна муфта /Куновський Г.П., Кравець І.С., Малащенко В.О., Сороківський О.І. Опубл. 15.01.2003. Бюл. № 5.
19. Малащенко В.О. Кінематичний аналіз кулькової муфти вільного ходу/ В.О. Малащенко, С.Г. Калінін, О.І. Сороківський // Первый украинский съезд по теории механизмов и машин «ТММ и техносфера Украины XXI века»: Тезисы докладов. - Харьков, 1997. - С. 42 - 48.
20. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Курсове проектування/ В.О. Малащенко, В.В. Янків// - Львів, Новий світ - 2000, 2004. - 232с., 2005- - 252 с.
21. Malashtchenko V. Vol'nobezna kulbekova spojka / V. Malashtchenko, J. Homuschin, O. Sorokivskiy//Strojstvo Strojinstvi, № 12, 2001. - С.56-58 (Slovinsko).
22. Малащенко В.О. Динамічні явища у приводах транспортних систем з кульковими муфтами вільного ходу/ В.О. Малащенко, В.В. Малащенко, Г.П. Куновський, І.С. Кравець// Вісн. Східноукраїнського націон. університету. -Луганськ, 2003. - С. 192 - 196.
23. Malashtchenko V. The Selection of Parameters of a Coaster Ball clutch and Recommendation for its Construction / V Malashtchenko, O. Sorokivskiy// Transactions of the Universities of Kosiel, № 2, 2002. - С. 1 - 6 (Slovinsko).
24. Комаров М.С. Динамика механизмов и машин / М.С. Комаров// - М.: Машиностроение, 1969. - 205с.
25. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике / Г. Корн, Т. Корн//. - М.: Мир, 1970. - 540 с.

Малащенко Володимир Олександрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри „Теоретична механіка та динаміка машин” Національного університету „Львівська політехніка”, м. Львів, volod.malash@gmail.com

Семениук Володимир Федорович, доктор технічних наук, професор кафедри підйомно-транспортного і робототехнічного обладнання державного університету „Одеська політехніка”, м. Одеса, onpusemenjuk@gmail.com

Abstract. *Oscillatory phenomena in a mechanical drive with a new ball overrunning clutch for lifting high-rise buildings are considered. A calculated dynamic scheme and a mathematical model are proposed, which describes the dependences of the main loading factors of the system with the determination of the maximum allowable torque that can be transmitted by a ball bypass coupling with smoothing of maximum values of working loads.*

Keywords: dynamics, drives, couplings, overtaking couplings.

Malashchenko Volodymyr O., Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor, Jefe del Departamento de Mecánica Teórica y Dinámica de Máquinas, Universidad Nacional Politécnica de Lviv, Lviv, volod.malash@gmail.com

Semeniuk Volodymyr F., Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor del Departamento de Elevación, Transporte y Equipos Robóticos, Universidad Estatal Politécnica de Odessa, Odessa, onpusemenjuk@gmail.com

РОЗРАХУНОК НЕСТАЦІОНАРНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМАХ БУРОВИХ УСТАНОВОК

Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація. На прикладі підіймальної системи бурових установок запропоновано метод розрахунку нестационарних процесів в машинних агрегатах, який ґрунтується на сумісному інтегруванні нелінійних диференціальних рівнянь електромагнітного стану асинхронних двигунів і звичайних диференціальних рівнянь та рівнянь з частковими похідними, що описують рух механічної системи, і забезпечує підвищення точності визначення динамічних зусиль в елементах машин та дає можливість виявляти автоколивальні явища квазірезонансного характеру і прогнозувати ресурс відповідальних деталей та вузлів. Для чисельної реалізації методу побудовано алгоритм розв'язання задач із застосуванням скінченнорізничевої дискретизації ланок, що мають яскраво виражені розподілені параметри.

Ключові слова: бурова установка, електромеханічна система, нестационарні процеси, метод скінченних різниць.

Дослідженням динаміки бурових установок приділяється значна увага у зв'язку з відповідальністю бурової техніки, екстремальними умовами її експлуатації, динамічним характером навантажень привідних систем й несівних металоконструкцій [1-4]. Наукові розробки у даній галузі ґрунтуються на загальних методологічних принципах динаміки механізмів і машин і враховують особливості конструктивного виконання та специфіку експлуатаційних режимів машин нафтової і газової промисловості.

Велика увага спеціалістів у галузі розрахунку та конструювання бурових установок приділяється аналізу коливальних явищ у підіймальній системі, що пов'язано зі значним зростанням навантажень її елементів під час виконання спуско-підіймальних операцій. Багато робіт присвячено теоретичному дослідженню процесів пуску і гальмування підіймальних механізмів. Широко досліджується динамічна взаємодія колони бурильних труб зі свердловиною і бурового інструменту з вибоєм. Більшість досліджень з динаміки бурових установок підтверджують суттєвий вплив коливальних процесів на зусилля в елементах трансмісії, талевому канаті, колоні бурильних труб, несівних металоконструкціях.

У наукових працях знайшли застосування як дискретні, так і континуально-дискретні розрахункові моделі бурових установок. У багатьох дослідженнях колона бурильних труб розглядається як пружна ланка з розподіленими параметрами. Такий підхід слід визнати обґрунтованим, оскільки довжина колони сучасних бурових установок сягає кількох тисяч метрів, а її маса – сотень тон. Привід бурової установки здебільшого розглядають як абсолютно жорстке тіло. Для наближених оцінок динамічних навантажень у колоні, талевому канаті і конструкції вишки таке припущення є прийнятним. Однак, для дослідження динаміки трансмісії і аналізу віброактивності силових агрегатів необхідно привідну систему розглядати більш детально. Крім цього, математичне моделювання динамічних процесів у бурових установках необхідно здійснювати на основі застосування уточнених континуально-дискретних розрахункових моделей і урахування динамічних властивостей привідних двигунів, оперативних муфт, систем керування, а також чинників, що визначають технологічні навантаження.

У даній праці на прикладі підіймальної системи бурових установок запропоновано метод розрахунку нестационарних режимів роботи машинних агрегатів, як електромеханічних систем, із застосуванням нелінійних континуально-дискретних розрахункових моделей та врахування взаємозв'язку механічних коливань і електромагнітних коливальних явищ в асинхронних

двигунах. Дискретизацію рівнянь руху виконано шляхом сітченно-різницевої апроксимації функцій, що описують переміщення колони бурильних труб, як одномірного пружного тіла.

Побудовані скінченно-різницеві схеми у просторово-часовій області дають можливість аналізувати хвильові явища у колоні бурильних труб східчастого поперечного перерізу за допомогою нескладних алгебричних формул. Даний підхід є достатньо ефективним як у випадках плавної зміни навантажень, так і у випадках, коли динамічні процеси супроводжуються ударними навантаженнями, що генерують хвилі деформацій із крутим фронтом.

Дослідження перехідних режимів роботи машинного агрегату ротора бурових установок підтверджують наявність тісного взаємозв'язку електромагнітних і хвильових механічних коливальних явищ, що необхідно враховувати при оцінці міцності і надійності відповідальних деталей і вузлів. Коливання моменту двигуна, зумовлені електромагнітними перехідними процесами, суттєво впливають на віброактивність машинного агрегату. В режимі електромагнітного резонансу навантаження на елементи агрегату можуть перевищувати номінальні значення у 10 – 15 разів і більше.

При нестационарних режимах роботи підіймальної системи бурових установок динамічні зусилля в елементах конструкцій значною мірою залежать від максимального значення і характеру зростання моменту тертя в оперативному фрикційному пристрої. Більші коефіцієнти динамічності притаманні ланкам привідних механізмів, менші – талевому канатові, вищі і бурильній колоні. Забезпечення раціональних характеристик привідної системи дає можливість досягти зниження динамічних навантажень в елементах установки на 30 – 40%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Моделирование нештатных ситуаций при бурении глубоких скважин: монография / [В. И. Гуляев, С. Н. Глазунов, О. В. Глушак и др.] – Киев: Издательство «Остон», – 2017. – 544 с.
2. Kharchenko Ye., Hutyi A., Haiduk V. The influence of friction forces on longitudinal waves propagation in a drill string under release of a stuck borehole, Tribologia, 2018, Volume 282, Nr 6, pp. 79-87.
3. Khulief Y.A., Al-Naserb H. Finite element dynamic analysis of drillstrings. Finite Elements in Analysis and Design, 41, (2005), pp. 1270–1288.
4. Tucker R. W., Wang C. An integrated model for drill-string dynamics. Journal of Sound and Vibration, 224 (1), (1999), pp. 123–165.

Харченко Євген Валентинович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Опір матеріалів та будівельна механіка», Національний університет «Львівська політехніка», Львів, e-mail: yevhen.v.kharchenko@lpnu.ua;

Віра Володимир Володимирович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра «Опір матеріалів та будівельна механіка», Національний університету «Львівська політехніка», Львів, e-mail: volodymyr.v.vira@lpnu.ua;

Мальон Андрій Володимирович, студент групи МП-21, Інститут механічної інженерії та транспорту, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, e-mail: andrii.malon.mp.2019@lpnu.ua.

CALCULATION OF NON-STATIONARY PROCESSES IN ELECTROMECHANICAL SYSTEMS DRILLING INSTALLATIONS

Abstract. *On the example of the lifting system of drilling rigs the method of calculation of nonstationary processes in machine units is offered, which is based on joint integration of nonlinear differential equations of electromagnetic state of induction motors and usual differential equations and partial differential equations describing the motion of mechanical system. In the elements of machines and makes it possible to detect self-oscillating phenomena of quasi-resonant nature and predict the life of critical parts and components. To numerically implement the method, an algorithm for solving problems using finite-difference sampling of units with pronounced distributed parameters is constructed.*

Keywords: *drilling rig, electromechanical system, non-stationary processes, finite difference method.*

Kharchenko Yevhen, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Material Resistance and Structural Mechanics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, e-mail: yevhen.v.kharchenko@lpnu.ua;

Vira Volodymyr, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Material Resistance and Structural Mechanics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, e-mail: volodymyr.v.vira@lpnu.ua;

Malion Andrii, student of MP-21 group, Institute of Mechanical Engineering and Transport, Lviv Polytechnic National University, Lviv, e-mail: andrii.malon.mp.2019@lpnu.ua.

ВПЛИВ ОБ'ЄМНОСТІ СХЕМИ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ НА ОЦІНКУ ВИКОРИСТАНОГО РЕСУРСУ ПЛАСТИЧНОСТІ ПРИ ХОЛОДНОМУ ПЛАСТИЧНОМУ ДЕФОРМУВАННІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі уточнено розрахунок використаного ресурсу пластичності при холодному формуванні внутрішніх шліцьових поверхонь в глухих отворах. При розрахунку використаного ресурсу пластичності враховано вплив об'ємності схеми напруженого стану.

Отримані в роботі результати можуть бути використані для оцінки граничного формозмінення в подібних технологічних процесах, що супроводжуються об'ємною схемою напруженого стану.

Ключові слова: використаний ресурс пластичності, граничне формозмінення, шліцьові поверхні, холодне пластичне деформування, напружений стан.

В даній роботі досліджується процес формування внутрішніх шліцьових поверхонь з глухим отвором, в якому найважливішим параметром, що відповідає за якість виробів, прийнято використаний ресурс пластичності, тому метою роботи є уточнення розрахунку використаного ресурсу пластичності в технологічних процесах, що супроводжуються об'ємною схемою напруженого стану.

Формування внутрішніх шліцьових поверхонь в глухих отворах холодним пластичним деформуванням забезпечує якість готових виробів, що використовуються в гідротрансмісії тихохідних машин.

За результатами досліджень отриманими в роботах [1, 2]: вивчено механіку процесу формування шліцьової поверхні; сформовано технологічний паспорт матеріалу (сталь 20X), з якого виготовляються деталі з внутрішньою шліцьовою поверхнею; використовуючи методику запропоновану в роботі [3] розраховано і досліджено напружено-деформований стан в різних областях формуемого виробу з метою оцінки використаного ресурсу пластичності; визначено, що найсприятливішою, з точки зору деформування заготовки без руйнування та використаного ресурсу пластичності (ψ), є комбінована схема навантаження ($\psi = 0,3$ – поблизу центральної частини впадини шліцьової поверхні; $\psi = 0,31$ – поблизу зуба шліцьової поверхні).

Із результатів розрахунків напружено-деформованого стану [2] випливає, що найбільш небезпечними областями, з точки зору руйнування, є області поблизу центральної частини впадини шліцьової поверхні – точки 1, 2, та поблизу зуба шліцьової поверхні $\theta = 30^\circ$.

На діаграмі пластичності, в координатах граничний ступінь накопиченої інтенсивності деформації до моменту руйнування e_p , показник напруженого стану η , для областей, найбільш близьких до руйнування, побудували шляхи деформування характерних точок 1, 2 (рис. 1).

Використаний ресурс пластичності ψ розраховували за критерієм (1) запропонованим Г. Д. Делем,

В. А. Огородніковим і В. Г. Нахайчуком

$$\psi = \int_0^{e_p} n \frac{e_u^{n-1}}{e_p(\eta)^n} de_u, \quad (1)$$

де $n = 1 + a \cdot \arctg \frac{d\eta}{de_u}$; e_u – інтенсивність деформацій; $e_p(\eta)$ – діаграма пластичності.

Для оцінки деформуемості заготовок потрібно мати інформацію про напружено-деформований стан протягом усього процесу формозмінення, цим зумовлена необхідність поетапного формування внутрішніх шліцьових поверхонь з глухим отвором, з можливістю зняття заготовки для дослідження після проходження через 2, 4, 6, 7 волюки.

В зв'язку з тим, що при формуванні внутрішніх шліцьових поверхонь з глухим отвором реалізується об'ємний напружений стан, необхідно врахувати третій інваріант тензора напружень $I_3(T_\sigma)$.

Використовуючи методику запропоновану В. А. Огородніковим [5] для врахування впливу $I_3(T_\sigma)$ на величину граничної деформації, розрахували показник напруженого стану за критерієм (2)

$$\chi = \frac{\sqrt{I_3(T_\sigma)}}{\sqrt{3I_2(D_\sigma)}} = \frac{\sqrt[3]{\sigma_1\sigma_2\sigma_3}}{\sigma_u} \quad (2)$$

де $I_1(T_\sigma)$ – перший інваріант тензора напружень; $I_2(D_\sigma)$ – другий інваріант девіатора напружень;

σ_u – інтенсивність напружень.

Для різних значень показника η ($-2 \leq \eta \leq 0$), визначили $f(\eta)$ за функціональною залежністю наведеною в роботі [4]. Із виразу

$$f(\eta) = \frac{\chi}{\Delta\eta - \eta} \quad (3)$$

визначили $\Delta\eta$. Величина $\Delta\eta$ визначає “зміщення” вздовж осі η кривої $e_p^* = f(\eta)$, що побудована при $I_3(T_\sigma) \neq 0$ відносно кривої $e_p = f(\eta)$, побудованої при $I_3(T_\sigma) = 0$.

Таким чином, нами було введено поправку на діаграмі пластичності пов'язану з впливом показника χ (рис. 1).

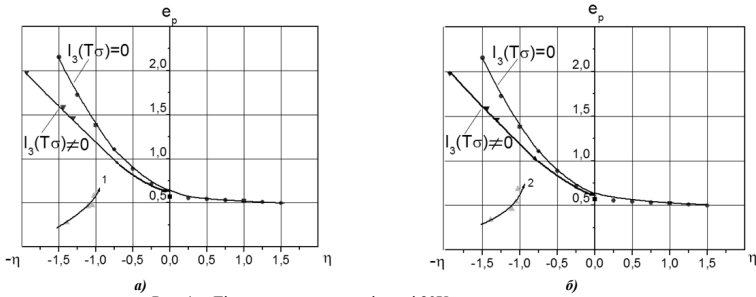


Рис. 1 – Діаграма пластичності сталі 20X з урахуванням показника χ і шляхи деформування частинок матеріалу в небезпечних областях при формуванні внутрішніх шліцьових поверхонь з глухим отвором
а) т. 1; б) т. 2

Отримані результати по діаграмі пластичності сталі 20X з урахуванням показника χ використовували для розрахунку використаного ресурсу пластичності за критерієм (4)

$$\psi = \int_0^{e_p^*} (1+f) \frac{e_u^f de_u}{e_p^* [\eta(e_u)]^{1+f}}, \quad (4)$$

$$\text{де } f = 0.2 \operatorname{arctg} \left(\frac{d\eta}{de_u} + \frac{d\chi}{de_u} \right).$$

Висновки

1. На основі аналізу напружено-деформованого стану уточнено розрахунок використаного ресурсу пластичності в процесі формування внутрішніх шліцьових поверхонь з глухим отвором. Використаний ресурс пластичності оцінено з урахуванням показників напруженого стану, що включають в себе три інваріанти тензора і девіатора напружень. Показано, що врахування третього інваріанта тензора напружень ($I_3(T_\sigma)$) при оцінці використаного ресурсу пластичності призводить до пониження граничної до руйнування

деформації, а відповідно до збільшення використаного ресурсу пластичності. Інформація про використаний ресурс пластичності дозволила рекомендувати, для підвищення продуктивності даного процесу, зменшення використаного ресурсу пластичності та збільшення величини коефіцієнту заповнюваності шліцьового профілю, проводити проміжний відпал та перейти до схеми деформування з обмеженою осьюою течеісо металу.

2. Отримані в роботі результати з метою оцінки використаного ресурсу пластичності можуть бути застосовані для оцінки граничного формозміннення в подібних технологічних процесах для виробів, що виготовляються із інших марок сталей шляхом моделювання відповідних процесів. Це твердження засноване на гіпотезі широко підтвердженій в роботах [4, 5]. Сутність цієї гіпотези полягає в тому, що шляхи деформування частинок матеріалу в координатах η (e_{ij}) практично не залежать від властивостей матеріалу, а відповідно з'являється моделювання подібних технологічних процесів з побудовою діаграм пластичності інших матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кириця І. Ю. Процес формування внутрішніх шліцьових поверхонь у глухих отворах методом холодного пластичного деформування / І. Ю. Кириця // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 1. – С. 34–37.
2. Огородников В. А. Оценка деформируемости металла при холодном формообразовании внутренних шлицевых поверхностей / В.А. Огородников, И. Ю. Кирица // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов. – Краматорск: ДГМА. – 2020. – №1(50) – С. 136-146.
3. Огородников В. А. Напряженно-деформированное состояние при формировании внутреннего шлицевого профиля методом обжатия на оправке / В. А. Огородников, И. Г. Савчинский, О. В. Нахайчук // Тяжелое машиностроение. – 2004. – № 12. – С. 31–33.
4. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В. А. Огородников. – Киев: Вища школа. Головное изд – во, 1983. – 175 с.
5. Огородников В. А. Моделирование напряженного состояния в процессах объемного формоизменения на основании гипотезы о подобии путей деформирования / В. А. Огородников, М. А. Рвачев, В. Д. Покрас, О. Л. Гайдамак // Кузнечно-штамповочное производство. – 1991. – № 11. – С. 2–4.

Кириця Інна Юрівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри опору матеріалів та прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: kyrytsya@vntu.edu.ua, tel. +380679843705.

INFLUENCE OF VOLUME STRESS SCHEME ON THE ASSESSMENT OF USED PLASTICITY RESOURCE IN COLD PLASTIC DEFORMATION

Abstract

Process of forming internal spline surfaces in blind holes by the cold plastic deformation method is investigated. Based on the analysis of stress-strain state, the used resource of plasticity is estimated and areas are closest to destruction are defined: near the central part of the tooth space of spline surface and near the tooth of spline surface.

The calculation of the used resource of plasticity at cold forming internal spline surfaces in blind holes is refined in this work. At calculation of the used resource of plasticity takes into account influence of volumetric scheme of the stress state. The used resource of plasticity is estimated taking into account indicators of the stress state, which includes three stress tensor invariants and stress deviator. It is shown, that accounting for the third invariant of the stress tensor at assessment of the used resource of plasticity leads to a lowering limiting to fracture deformation, and accordingly to the increasing of the used resource of plasticity.

The obtained results can be applied to evaluate the limiting deformation in such processes, involving a volumetric scheme of the stress state.

Keywords: *used resource of plasticity, limiting deformation, spline surfaces, cold plastic deformation, the stress state.*

Kyrytsya Inna Y. – PhD, Assistant Professor of Materials Resistance and Applied Mechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kyrytsya@vntu.edu.ua, tel. +380679843705.

Я.Ю.Бейгельзімер¹,
Р.Ю.Кулагін²,
Ю.З.Естрін³,
О.А.Давиденко¹,
В.Ю.Дмитренко¹

МЕХАНІЧНЕ ЗМІШУВАННЯ МЕТАЛІВ ПРИ КРУЧЕННІ ПІД ВИСОКИМ ТИСКОМ

¹Донецький фізико-технічний інститут ім.О.О.Галкіна НАН України,

²Технологічний інститут Карлсруе,

³Університет Західної Австралії

Анотація

Процес інтенсивної пластичної деформації представлений як життєздатний інструмент для змішування металів у твердому стані. Розглянуто перший етап процесу: а саме, механічне перемішування (stirring), коли дифузією можна знехтувати. Запропоновано метод оцінки якості перемішування. Він базується на параметрі, який кількісно характеризує рівномірність концентрації складових зразка в об'ємі. Висвітлено основні відмінності в перемішуванні твердих металів та рідин.

Ключові слова: інтенсивна пластична деформація, механічне перемішування, композит, кручення під високим тиском, концентрація компонентів, оцінка якості перемішування

Кручення під високим тиском (КВТ) [1] є одним з основних методів інтенсивної пластичної деформації (ПД), що застосовуються для отримання субмікрокристалічних матеріалів [2]. Схема КВТ представлена на рис.

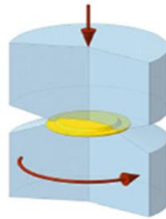


Рисунок - Схема кручення під високим тиском (КВТ)

Останнім часом, КВТ все частіше використовують для створення композитів і архітектурних матеріалів [3-5]. У певному сенсі, це повернення до витоків, оскільки КВТ було запропоновано П.Бріджманом для вивчення з'єднань і фазових перетворень різних речовин в умовах великого зсуву під високим тиском [6].

В основі синтезу лежить змішування (mixing) різних речовин, і в цьому плані осередок КВТ являє собою міксер. Пристрої з такою назвою широко застосовуються в металургії, хімії, фармацевтиці, харчової промисловості та ін. для змішування рідин і порошків. КВТ дозволяє змішувати різні матеріали у твердій фазі. В тій чи іншій мірі, ця функція властива і іншим процесам ПД [5].

В даний час вже багато відомо про закономірності змішування рідин і порошків [7]. Змішування ж матеріалів у твердій фазі, поки що, є слабо вивченим явищем. Для його аналізу необхідно скористатися результатами, отриманими при дослідженні перемішування рідких і сипучих середовищ, але при цьому врахувати принципову їх відмінність від пластичних матеріалів в фізичних механізмах деформації.

У роботах по змішуванню рідин чітко розрізняють два різних фізичних процеси, stirring та mixing. Перший з них являє собою чисто механічне перемішування, при якому дифузіїю можна знехтувати. У другому процесі, змішування відбувається на атомному і молекулярному рівнях, а дифузія є основним його механізмом. Незважаючи на те, що кінцевою метою, як правило, є утворення нових сполук, яке відбувається за допомогою mixing, процесу stirring рідин приділяють не меншу увагу. Same stirring повинен забезпечити зближення молекул і атомів рідких речовин на такі відстані, щоб з'явилася можливість формування з'єднань. Зазвичай це не відбувається в усьому об'ємі суміші: навіть при дуже великому часі stirring вона може залишатися сильно неоднорідною в макроскопічних масштабах. З цієї причини постійно йде робота над вдосконаленням міксерів на основі результатів численних досліджень. Для глибокого розуміння stirring рідин необхідно було залучити такі сучасні розділи математики і фізики, як теорію динамічних систем і теорію хаосу.

Зараз в дослідженнях з перемішування в металах вивчають лише змішування речовин на атомному рівні, тобто mixing. Stirring металів не вивчається як самостійний процес, зокрема, не оцінюється його якість. Представлена доповідь присвячена саме stirring металів. Вперше аналізується його якість при обробці шаруватих композицій методом КВТ. З цією метою обґрунтовується чисельна міра ступеня механічного перемішування, заснована на параметрі Гіббса. Запропонована методика оцінки якості stirring може бути застосована при КВТ порошкових матеріалів, а також при аналізі процесів синтезу шаруватих і порошкових композицій іншими методами. У доповіді розглядаються шари, паралельні площині ковадл. Це пов'язано з тим, що відмінності в механізмах stirring рідких і пластичних середовищ в цьому випадку виявляються найбільш гостро. Принаймні, подібні схеми змішування не використовуються для рідин, проте, як показують експерименти, метод КВТ дуже ефективний при stirring металевих композицій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. A.P. Zhilyaev, T. G. Langdon. Using high-pressure torsion for metal processing: Fundamentals and applications / Prog. Mater. Sci. -2008.- V.53. P.893-979.
2. R. Z. Valiev, Y. Estrin, Z. Horita, T. G. Langdon, M. J. Zehetbauer, Y. T. Zhu. Producing Bulk Ultrafine-Grained Materials by Severe Plastic Deformation: Ten Years Later / JOM.- 2016.- V.68. P.1216-1226.
3. Han J.K., Herndon T., Jang J.I., Langdon T.G., Kawasaki M. Synthesis of Hybrid Nanocrystalline Alloys by Mechanical Bonding through High-Pressure Torsion. / Advanced Engineering Materials.- 2020.- V.22(4). P.1-16.
4. R.Kulagin, Y.Beygelzimer, A.Bachmaier, R.Pippan, Y.Estrin. Benefits of pattern formation by severe plastic deformation / Applied Materials Today.- 2019.- V.15. P. 236-241.
5. Yan Beygelzimer, Yuri Estrin, Roman Kulagin. Synthesis of Hybrid Materials by Severe Plastic Deformation: A New Paradigm of ИПД Processing / Advanced Engineering Materials.- 2015.- V.17:12. P. 1853-1861.
6. Bridgman P.W. Effects of High Shearing Stress Combined with High Hydrostatic Pressure // Phys. Rev., 1935. – V. 48. – P. 825-847.
7. Handbook of industrial mixing science and practice, Edited by Edward L. Paul, Victor A. Atiemo-Obeng, Suzanne M. Kresta. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2004. 1377 p.

Бейгельзімер Ян Юхимович, д.т.н., професор, головний науковий співробітник, Донецький фізико-технічний інститут ім.О.О.Галкіна НАН України, м.Київ, yanbeygel@gmail.com

Кулагін Роман Юрійович, к.т.н., науковий співробітник, Інститут нанотехнологій, Технологічний інститут Карлсруе, м.Карлсруе, roman.kulagin@kit.edu

Естрін Юрій Захарович, к.ф.-м.н., почесний доктор РАН, професор, Університет Західної Австралії, Перт, yuri_estrin@uwa.edu.au

Давиденко Олександр Анатолійович, к.т.н., старший науковий співробітник, Донецький фізико-технічний інститут ім.О.О.Галкіна НАН України, м.Київ, dav76@ukr.net

Дмитренко Вікторія Юріївна, вчений секретар, Донецький фізико-технічний інститут ім.О.О.Галкіна НАН України, м.Київ, dmitrenko_v@ukr.net

MECHANICAL MIXING OF METALS BY HIGH PRESSURE TORSION

Abstract

A severe plastic deformation process is presented as a viable tool for mixing of metals in solid state. A first stage of the process of mechanical mixing, viz. stirring, when diffusion can be neglected is considered. A method for assessing the quality of stirring is suggested. It is based on a parameter that characterizes the uniformity of the concentration of the constituents of a sample in the bulk in a quantitative way. Principal differences in stirring of solid metals and liquids are elucidated.

Keywords: severe plastic deformation, mechanical mixing, stirring, composite, high pressure torsion, concentration of components, evaluation of stirring efficacy

Beygelzimer Yan, Professor, Principal Researcher, Donetsk Institute for Physics and Engineering named after O.O.Galkin, NASU, Kyiv, yanbeygel@gmail.com

Kulagin Roman, PhD, Researcher, Institute of Nanotechnology, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, roman.kulagin@kit.edu

Estrin Yuri, Professor, The University of Western Australia, Perth, yuri.estrin@uwa.edu.au

Davydenko Oleksandr, PhD, Senior Researcher, Donetsk Institute for Physics and Engineering named after O.O.Galkin, NASU, Kyiv, dav76@ukr.net

Dmitrenko Viktoria, PhD, Scientific Secretary, Donetsk Institute for Physics and Engineering named after O.O.Galkin, NASU, Kyiv, dmitrenko_v@ukr.net

¹Пузир Р.Г.
²Аргат Р.Г.
²Клімов Е.С.
²Черненко С.М.
²Черниш А.А.
¹Сіра Ю.Б.
¹Гайков Р.М.
³Агарков В.В.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОЗДАЧІ КІНЦІВ ПОРОЖНИСТИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ

¹Коледж Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

²Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

³Науково-виробниче об'єднання Держстандартметрологія

Анотація. Подано результати моделювання процесу роздавання трубних заготовок асиметричним інструментом. Приведено порівняння результатів дослідження роздавання кінцівок труб симетричним і асиметричним інструментом, яке показало, що потоншення зон напівфабрикату біля його торцю зменшено практично у 2 рази.

Ключові слова: роздавання, пуансон, трубна заготовка, деформація, автомобіль.

Відповідальними деталями кожного транспортного засобу є трубчасті сполучні магістралі, які входять в гальмівну, паливну та вихлопну системи автомобілів. До цих трубопроводів пред'являються високі вимоги по надійності, вібростійкості, міцності, корозійній стійкості та довговічності [1, 2]. Як показує практика, основним конструктивним елементом, який найчастіше піддається розгерметизації, є з'єднання трубопроводів з іншими деталями систем. Зниження надійності трубопровідних з'єднань настає внаслідок неякісного складання та технічного обслуговування, внутрішнього надлишкового тиску, вібрації системи, температурних деформацій і корозійних процесів [3, 7].

З метою покращення експлуатаційних властивостей трубопровідних елементів автомобілів було запропоновано отримувати розширення на кінцях труб за рахунок роздавання асиметричним пуансоном, який має вигляд, представлений на рисунку 1.

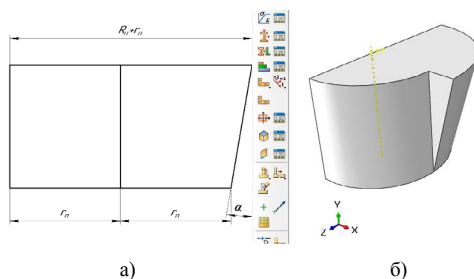


Рис. 1. Асиметричний пуансон: а – вид з переду $\frac{1}{2}$ частини пуансону; б - 3D модель $\frac{1}{2}$ пуансону.

Геометрія пуансона з прямолінійною твірною: діаметр верхньої основи - $D_p = 29$ мм; діаметр нижньої основи - $d_p = 21$ мм; кут нахилу твірної - $\alpha = 15^\circ$; висота пуансона - $l_p = 15$ мм. Заготовка: діаметр зовнішній - $D_0 = 25$ мм; товщина стінки - $s = 2$ мм; висота - $l_z = 50$ мм. Конструктивні розміри пуансона і заготовки вибиралися таким чином, щоб забезпечити роздачу без втрати стійкості і руйнування, спираючись на рекомендації [4-6]. Геометрія асиметричного пуансона пояснюється рис. 1, де R_p - радіус верхньої основи; r_n - радіус нижньої основи; α - кут нахилу твірної конусу.

Застосування пуансону асиметричної будови дасть можливість за 2 переходи процесу роздавання отримати раструб заданих розмірів зі збільшеною товщиною стінки і, відповідно, з покращеними функціональними характеристиками.

Для скінчено-елементного моделювання процесу роздавання використовували програмний комплекс Simulia Abaqus – student edition. Результати моделювання та порівняння проміжного переходу роздавання асиметричним пуансоном з класичним процесом роздавання жорстким симетричним пуансоном подано на рисунку 2.

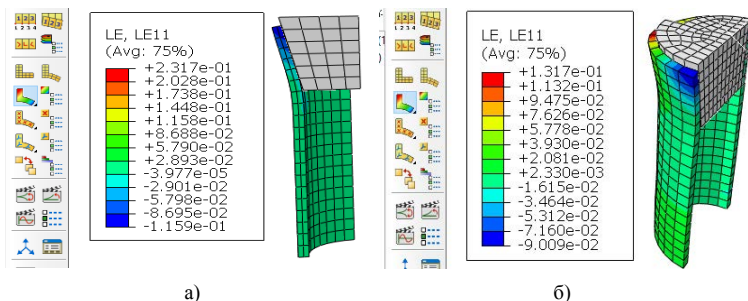


Рис. 2. Результати моделювання роздавання трубною заготовкою: а – роздавання класичним пуансоном; б – роздавання асиметричним пуансоном

Аналізуючи представлені діаграми, можливо зробити висновок, що при заданих однакових коефіцієнтах роздавання логарифмічні деформації по товщині заготовки для симетричного пуансону будуть більшими (-0,16), ніж для напівфабрикату, який отриманий дією асиметричного інструменту (-0,09). Розвернувши асиметричний пуансон на 180° , отримуємо готовий виріб с потоншими стінками на торці.

Отримані результати дають привід рекомендувати цей спосіб роздавання для удосконалення технологічного процесу формозміни трубних заготовок для економії матеріальних ресурсів та полегшення трубопровідних систем транспортних засобів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Пузырь Р. Г. Численное моделирование потери устойчивости трубной заготовки при раздаче соединительных переходников / Р. Г. Пузырь, Р. В. Левченко, Ю. Б. Сирая, С. Н. Лепко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії. – Х.: НТУ «ХП», 2019. – № 12(1337). – С. 51-56.
- Кисликов В. Ф. Будова й експлуатація автомобілів / В. Ф. Кисликов, В. В. Лушчик. – К.: Либідь, 2006. – 400 с.
- Мосьян Д. В. Определение потребного крутящего момента при радиально-ротационном профилировании ободьев колес / Д. В. Мосьян, В. В. Драгобецкий, Р. Г. Пузырь // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2008. – Т. 2. – № 6(53). – С. 64-66.
- Аверкиев Ю. А. Технология холодной штамповки / Ю. А. Аверкиев, А. Ю. Аверкиев, М. Машиностроение, 1989. – С. 304.
- Пузырь Р. Г. Учет упрочнения металла при определении зоны возможной кольцевой потери устойчивости на первой операции раздачи при изготовлении ободьев колес / Р. Г. Пузырь, Л. Э. Дикая // Вестник Херсонского национального технического университета. – Херсон: ХНТУ, 2015. – №3 – С. 165-169.
- Мовшович И. Я. Расчет меридиональных напряжений на первой операции процесса радиально-ротационного профилирования ободьев колес / И. Я. Мовшович, Р. Г. Пузырь // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением, 2013. – № 10. – С. 3 – 7.
- Огородников В. А. Механіка процесів холодного пластичного деформування вісесиметричних заготовок з глухим отвором: монографія / В. А. Огородников, І. Ю. Кириця, В. С. Перлов. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 164 с.

Пузыр Руслан Григорович – д-р техн. наук, доц.

Коледж Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, м. Кременчук
E-mail: puzyruslan@gmail.com

Аргат Роман Григорович - канд. техн. наук, доц.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук
E-mail: argat@ua.fm

Климов Едуард Сергійович - канд. техн. наук, доц.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук
E-mail: Edward.klimov@gmail.com

Черненко Сергій Михайлович - канд. техн. наук, доц.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук
E-mail: 772277@rambler.ru

Черниш Андрій Анатолійович - канд. техн. наук, доц.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук
E-mail: chiernysh72@gmail.com

Гайков Роман Миколайович – викл. спец. дисц.

Коледж Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, м. Кременчук
E-mail: tanyahaikova@ukr.net

Сіра Юлія Борисівна - викл. спец. дисц.

Коледж Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, м. Кременчук
E-mail: sobol@i.ua

Агарков Віктор Володимирович – заст. директора-зав. лаб.

Науково-виробниче об'єднання Держстандартметрологія, м. Харків
E-mail: agarkov@i.ua

IMPROVEMENT TECHNOLOGICAL PROCESS OF DISTRIBUTION OF ENDS OF HOLLOW CYLINDRICAL PARTS CARS

Abstract. The results of modeling the process of distributing pipe blanks with an asymmetric tool are presented. A comparison of the results of the study of the distribution of pipe extremities with symmetrical and asymmetrical tools, which showed that the thinning of the zones of the semi-finished product at its end is reduced almost 2 times.

Keywords: distribution, punch, pipe billet, deformation, car.

Puzyr Ruslan – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University College
E-mail: puzyruslan@gmail.com

Arhat Roman - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University.
E-mail: argat@ua.fm

Klimov Eduard - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University.
E-mail: Edward.klimov@gmail.com

Chernenko Serhii - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University.
E-mail: 772277@rambler.ru

Chernish Andrii - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University.
E-mail: chiernysh72@gmail.com

Haikov Roman – Senior Lecturer

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University College
E-mail: tanyahaikova@ukr.net

Sira Yuliia - Senior Lecturer

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University College
E-mail: sobol@i.ua

Agarkov Viktor - head's assistant-head of the laboratory

Kharkiv Regional Research and Production Center for Standardization, Metrology and Certification
E-mail: agarkov@i.ua

МОДЕЛЮВАННЯ КУВАННЯ ЦИЛІНДРА З НАСКРІЗНИМ ОТВОРОМ

Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”¹,
Micas Simulation Ltd, Oxford, Great Britain²

Анотація

Комп'ютерне моделювання кування сьогодні є актуальною темою для досліджень, оскільки з його допомогою можна отримати результати напружено-деформованого стану, структури, а також виявити дефекти та спрогнозувати розподіл металу. В дослідженні кування циліндра з наскрізним отвором моделювання допомагає спрогнозувати виникнення дефектів, течію металу та вплив параметрів кування на форму готової деталі. В результаті дослідження було звужено коло доцільних параметрів заготовки і проведено аналіз розподілу об'єму деформованого металу.

Ключові слова: моделювання, кування, циліндр, протягування.

Актуальність

В сучасних умовах виробництва металопродукції все гостріше стоїть питання покращення фізико-механічних властивостей та якості металу, а також його економії за умов мінімізації витрат на виробництво. Тому все частіше підприємства переходять на комп'ютерне моделювання процесів обробки металів тиском задля значного зменшення витрат на експериментальні роботи над реальними металевими виробами. Кування циліндра з отвором є актуальною та перспективною нішею для дослідження, оскільки тут є складнопрогнозований перерозподіл об'єму металу, а також дану технологію можна застосовувати до великого діапазону деталей, зокрема для великогабаритних деталей, що працюють в умовах високого корозійного впливу та в деталях, що працюють під впливом високого тиску рідини чи газу, зокрема запірної арматури [1] та інші.

Мета

В даній роботі розглядається моделювання процесів обробки металів тиском, зокрема процес кування. Метою є зменшення кількості металу, який йде у відхід при механічній обробці за рахунок наближення форми поковки до форми кінцевої деталі, покращення фізико-механічних властивостей деталі поковки 5 групи, а також прогнозування переміщення металу при куванні.

Результати досліджень

Моделювання процесів обробки тиском є і надалі буде залишатися одним з головних напрямів дослідження в індустрії металообробки [2]. Моделювання процесу кування дозволяє врахувати всі особливості формозміни металу - течію металу, виникнення тріщин, затисків - а також показники напружено-деформованого стану та структуру матеріалу деталі. В роботі за допомогою моделювання в ліцензованому програмному комплексі QFORM вдалося виявити закономірності залежності розподілу металу від параметрів кування при розбивці здеформованого металу в розрізі та аналізі результатів моделювання.

В даній роботі проведено моделювання процесу протягування циліндричної заготовки з наскрізним отвором. Далі (рис.) приведено приклади переходів кування.

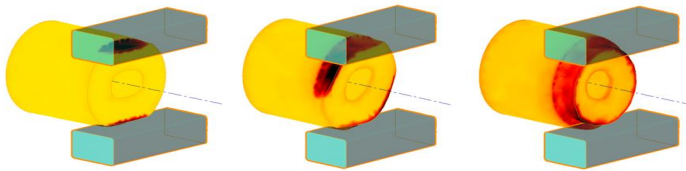


Рисунок - Переходи кування та температурні поля

При поглибленому аналізі отриманих даних виявилось, що для деталей корпусів запірної арматури буде доцільним використання лише середніх значень діаметрів наскрізного отвору, адже в такому разі виходить оптимальний кут закову конусності отвору та невелике збільшення довжини поковки, що ймовірно є найбільш оптимальним для отримання поковки, максимально наближеної до готової деталі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуревич Д.Ф., Воловик А.В. Арматура трубопроводная металлургических производств. Справочник. - М.: Металлургия, 1984.
2. Nikolay Biba, Alexander Maximov, Sergei Stebunov, Alexey Vlasov. The model for simulation of thermally, mechanically and physically coupled problems of metal forming. URL: <http://www.qform3d.co.uk/publications> // Article. - Metal Forming, 2012.

Чухліб Віталій Леонідович, професор, доктор технічних наук, викладач кафедри “КМІТ”, НТУ “ХПІ”, м. Харків, profdnepro@gmail.com
Дуванський Олександр Миколайович, аспірант кафедри “КМІТ”, НТУ “ХПІ”, м. Харків, duvansky_alex@ukr.net

Biba Nikolay, Ph.D, Temple Court, 107 Oxford Road, Oxford, OX4 2ER, U.K., nick@qform3d.com.

SIMULATION OF FORGING CYLINDER WITH THROUGH HOLE

Abstract

Computer simulation of forging is a relevant topic for research today, because it can be used to obtain the results of stress-strain state, structure, as well as to detect defects and predict the distribution of the metal. In the study of forging a cylinder with a through hole, modeling helps to predict the occurrence of defects, metal flow and the influence of forging parameters on the shape of the finished part. As a result of the study, the range of appropriate parameters of the workpiece was narrowed and the analysis of the volume distribution of the deformed metal was performed.

Keywords: modeling, forging, cylinder, broach.

Chukhlib Vitaliy, Professor, Ph.D., lecturer of the Department “KMIT”, NTU “KhPI”, Kharkiv, profdnepro@gmail.com.

Duvanskyi Oleksandr, graduate student of the department “KMIT”, NTU “KhPI”, Kharkiv, duvansky_alex@ukr.net.

Biba Nikolay, Ph.D, Temple Court, 107 Oxford Road, Oxford, OX4 2ER, U.K., nick@qform3d.com.

ФОРМУВАННЯ ВНУТРІШНЬОГО УСТУПУ ПУСТОТІЛИХ ПОКОВОК ЄМНОСТЕЙ ВИСОКОГО ТИСКУ

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»¹
Micas Simulation Ltd, Oxford, Great Britain²

Анотація

В роботі розглянуті ємності високого тиску, які відносяться до відповідальних типів деталей і працюють під тиском та мають переваги над ємністю зі зварним швом. Для визначення оптимальних режимів кування таких поковок з заковуванням внутрішнього уступу пустотілого циліндра виконувалось моделювання формозміни металу у програмного комплексу QForm. Використання цього програмного продукту дозволило спрогнозувати течію металу та розробити технологічний процес кування шляхом протягування з заковуванням внутрішнього уступу.

Ключові слова: ємність, циліндр, формування, моделювання, заковування, тиск.

Актуальність роботи

Ємності високого тиску відносяться до відповідальних типів деталей [1]. Однією з технологій отримання таких деталей є вільне кування. Характерним типом поковок для отримання ємностей високого тиску є пустотілі циліндри з внутрішнім уступом. Однак отримання куванням внутрішнього уступу такого типу поковок досліджений недостатньо і дослідження формозміни металу при його отриманні є актуальним.

Аналіз літературних даних

В залежності від умов роботи та технології виготовлення ємності високого тиску розділяють на наступні типи: 1) кованні; 2) ковано-зварні; 3) штампувально-зварні; 4) багатощарові; 5) рулонні; 6) спірально-рулонні; 7) кручені [2]. Перевагами виробництва куванням ємностей високого тиску є відсутність зварних з'єднань та покращення механічних характеристик металу в зонах заковування уступу [3].

Метою даної роботи є визначення оптимальних режимів формування заковування частини пустотілого циліндра з внутрішнім уступом.

Матеріали та методи дослідження.

За допомогою ліцензованого програмного комплексу Qform [4] були розроблені схеми кування пустотілого циліндру з уступом. В якості матеріалу вихідної заготовки була обрана сталь 40ХІНВА, яка застосовується для циліндрів, які можуть працювати під високим тиском [1]. У якості деформуючого технологічного обладнання – гідравлічний кувальний прес, а інструмент - плоскі бойки.

Результати досліджень

Дослідження перерозподілу металу в зоні уступу пустотілого циліндра показало, що об'єм металу перерозподіляється по різним напрямкам. На рис. наведена формозміна металу при куванні при стисканні плоскими бойками за наявності сили тертя на поверхні бойків. На поверхні заготовки з'являються розтягуючі напруження та розподілення металу (уступу) зосереджене на заковуванні отвору.

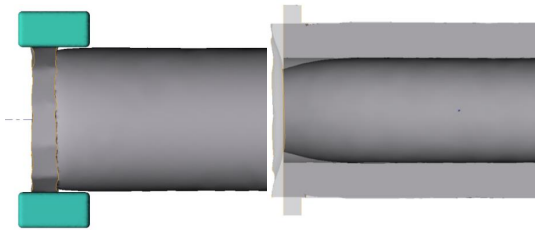


Рисунок - Схема обтиску пустотілого циліндра з уступом

Формозміна металу свідчить про значний перерозподіл матеріалу заготовки в різних напрямках і частина цього металу йде на заковування внутрішнього діаметру і на формування внутрішнього уступу. Саме утворення внутрішнього уступу і зумовлює якість отриманої продукції, яка є особливо відповідальною – ємності високого тиску. Дослідження саме формування внутрішнього уступу процесом кування дозволило спрогнозувати течію металу заготовки та отримувати якісну ковану продукцію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сосуды и трубопроводы высокого давления. Справочник /Е.Р.Хисматулин, Е.М.Королев, В.И.Лифшиц. –М.: Машиностроение, 1990. –384 с.
2. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов. Каталог. – М.: Машиностроение, 1981. – 428 с.
3. Пат. 86881 Україна, МПК(2013.01) В 21 J 5/00. Спосіб кування порожнистих циліндрів з дном / Марков О. Є., Маркова М. О.; заявник та власник Марков О. Є., Маркова М. О., Краматорськ. – № u201309697; заявл. 05.08.13; опубл. 10.01.14, Бюл. № 1. – 5 с. : іл.
4. Nikolay Biba, Ruslan Rezvykh, Ivan Kniazkin. Quality Prediction and Improvement of Extruded Profiles by Means of Simulation, 2019

Чухліб Віталій Леонідович, проф., доктор. техн. наук., завідувач кафедри комп'ютерного моделювання та інтегрованих технологій обробки тиском, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, profdnepro@gmail.com.

Палієнко Володимир Олексійович, аспірант кафедри комп'ютерного моделювання та інтегрованих технологій обробки тиском, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, mustmix13@gmail.com.

Nikolay Biba, Ph.D, Temple Court, 107 Oxford Road, Oxford, OX4 2ER, U.K., nick@qform3d.com.

FORMATION OF INTERNAL STEP OF HIGH PRESSURE CAPACITIES HIGH PRESSURE CAPACITIES

Abstract

The paper considers high-pressure tanks, which belong to the responsible types of parts and work under pressure and have advantages over the tank with a weld. To determine the optimal forging modes of such forgings with forging of the inner ledge of the hollow cylinder, the modeling of metal deformation in the QForm software package was performed. The use of this software product allowed to predict the flow of metal and to develop the technological process of forging by drawing with forging of the internal ledge.

Keywords: Capacity, cylinder, formation, modeling, forging, pressure.

Chukhlib Vitalii, Dr. Techn. Sc., Prof., Head of department of computer simulation and integrated pressure treatment technologies, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, profdnepro@gmail.com.

Palienko Vladimir, graduate student, department of computer simulation and integrated pressure treatment technologies, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, mustmix13@gmail.com.

Biba Nikolay, Ph.D, Temple Court, 107 Oxford Road, Oxford, OX4 2ER, U.K., nick@qform3d.com.

ВИКОРИСТАННЯ ЕФЕКТУ ДАКТИЛЮВАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ КОМПОЗИЦІЙНОЇ СТРУКТУРИ В БІЛИХ ЧАВУНАХ ПРИ ОБРОБЦІ ТИСКОМ

Національна металургійна академія України¹
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»²

Анотація

Підвищення рівня механічних властивостей сучасних зносостійких чавунів є важливою і актуальною задачею сьогодення. В структурі цих сплавів утворюються складні карбідні евтектики у вигляді суцільної сітки навколо дендритів первинного аустеніту. Застосування обробки тиском сприяє подрібненню карбідної складової та перетворює білий чавун в матеріал з унікальним комплексом властивостей, що поєднує високу стійкість до абразивного зносу з високою стійкістю до ударних навантажень. Обмеження впровадження обробки тиском в промисловості пояснюється їх низькою пластичністю у литому стані. На кафедрі матеріалознавства ім. Тарана Ю. Н. НметАУ розроблено новий клас білих (дактильованих) чавунів з підвищеною пластичністю завдяки карбідним перетворенням в легваному цементиті.

Ключові слова: чавун, легування, структура, кування, пластична деформація.

Актуальність роботи

В сучасному машинобудуванні та металургії чавун продовжує використовуватись в якості одного з основних ливарних матеріалів, залишаючи за собою першість і в майбутньому, незважаючи на зростаючу зацікавленість до нових конструкційних і інструментальних матеріалів, в тому числі і композиційних. Все частіше чавуни різних марок використовуються для деталей, що вимагають високу конструкційну міцність та інші спеціальні властивості [1-3].

У зв'язку з цим велике значення набуває спрямований вплив на структуру литих матеріалів, в тому числі чавунів, що призводить до її перетворення і заміні на зворотне взаємне розташування складових, тобто забезпечує інверсію мікроструктури [1, 2].

Аналіз літературних даних

В теперішній час відомі різні прийоми такого цілеспрямованого впливу на формування структури сплавів евтектичного типу, а саме: 1) створення сприятливих термодинамічних умов структуроутворення при затвердінні; 2) застосування легування і модифікування; 3) термічна обробка; 4) пластична деформація; 5) поєднання різних методів [4...7].

Одним из наиболее преобразующих как форму изделий из сплавов евтектического типа, так и их микроструктуру, является горячая обработка давлением, в процессе которой происходит дробление евтектической сетки.

Визначальним фактором при цьому є знижена пластичність евтектичних карбідів, особливо карбиду заліза, що є матричною фазою в евтектиці білих низьколегованих чавунів. Утворення тріщин в місях розташування колоній ледебурита, передзе розчленуванню карбідної сітки і призводить до руйнування заготовок в процесі пластичної деформації. Дана проблема була вирішена при створенні нового класу сплавів дактильованих чавунів [5]. Ефект «дактилювання» - полягає в пластифікованні цементиту безпосередньо в процесі гарячої деформації за рахунок його структурування при розвитку фазових перетворень, який спостерігається в білих чавунах, легованих карбідотворюючими елементами, особливо ванадієм. [6,7]. За рахунок цього ефекту в процесі деформації ледебуритні колонії змінюють свою первісну будову: витягаються, згинаються, подрібнюються.

Метою даної роботи є розроблення ефективних способів та режимів деформування, що сприяють утворенню композиційної структури в чавунних заготовках, яка характеризується

навністю волокон із твердої карбідної фази, оточених більш в'язкою матрицею. Причому структуру цієї матриці можна змінювати завдяки додатковій термічній обробці.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводили на сплавах, що містять близько 1,5... 3,2% по масі ванадію та 2,35...3.02%. Гарячу деформацію проводили способом стискання: спочатку при температурах 900, 950, 1050 °С зразки деформували на кулачковому пластометрі конструкції ЮУМЗ при двох швидкостях деформації - 1 ... 3 і 30 с⁻¹. Навантаження проводили одноразово і дворазово. Деформація за один прохід становила 25 ... 51%, а за два проходи досягала 80% без руйнування. Надалі в умовах, наближених до промислових, виконували гарячу ковку і пресування.

Для встановлення впливу співвідношення розмірів заготовок (висота / діаметр) на утворення в них композитної (волоконистої) структури при гарячому куванні з литих стрижнів діаметром 38мм з чавуну, що містить 2,4% С; 3,2% V; 1,78% Сг, вирізали заготовки різної висоти $h = 38\text{мм}$ і $h = 76\text{мм}$. Після попереднього відпалу зразки осаджували на пневматичному молоті з масою падаючих частин 50кг ($\Sigma\varepsilon = 55\%$), а також з меншою швидкістю деформації в 15 ... 20раз на гідравлічній розривній машині з номінальною силою 35Мн ($\Sigma\varepsilon = 50\%$).

Результати досліджень

Розвиток карбідного перетворення в пересиченому ванадієм цементиті викликає підвищення пластичності і сприйнятливості до пластичної течії. Це призводить до утворення після кування волокон із сплюснених евтектичних колоній (Рис.).

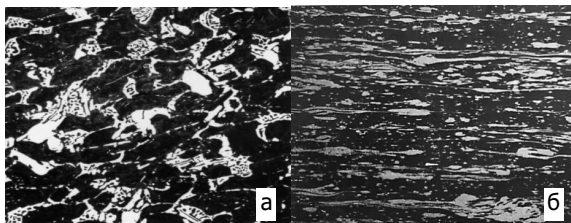


Рисунок - Мікроструктура дактильованого чавуну до (а) і після (б) гарячого кування, 350°

Структура чавуну після деформації нагадує смугастість в сталях, а по ширині b між сплюсненими евтектичними колоніями можна судити про розподіл ступеня деформації по висоті зразка.

Результати кількісного мікроструктурного аналізу методом січних показали, що більш однорідна структура формується при куванні на молоті, причому при збільшенні висоти зразка гілки аустеніту сплющуються в більшій мірі і розташовуються паралельно поверхні зразка, тобто перпендикулярно діючим напруженням стискання. При куванні з меншими швидкостями на розривній машині структура чавуну змінюється нерівномірно, особливо в заготовці, що має $h/d = 2$. У центральній частині такого зразка евтектична сітка повністю подрібнюється.

Формування структури матриці, навколо волокон евтектичних карбідів, в експериментальних сплавах значно залежить від режимів після деформаційного відпалу і подальшого гартування, за допомогою яких можна варіювати властивостями чавунів в досить широких межах.

Таким чином економнолеговані ледебуритні чавуни за допомогою пластичної деформації і подальшої термічної обробки можна широко використовувати в якості композиційних матеріалів, наприклад прокатних валків, направляючих роликів та інше.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Таран-Жовнир Ю.Н. Строеие эвтектик и создание новых сплавов эвтектического типа. / Ю.Н. Таран-Жовнир // Сучасне матеріалознавство XXI сторіччя – Київ, 1998 р. – С. 176 – 197.

2. Сильман Г.И. Кристаллизация ванадиевых чугунов с инвертированной структурой карбидной эвтектики / Г.И. Сильман, А.А. Жуков, Л.З. Эпштейн // Литейные свойства сплавов. - 1972. - С. 201 – 204.
3. Щербединский Г.В. Чугун как перспективный материал XXI столетия/ Щербединский Г.В. // МИТОМ, М.,2005, №7, с.83-93.
4. Dojka, M.; Kondracki, M.; Studnicki, A.; et al. (2018) Crystallization Process of High Chromium Cast Iron with the Addition of Ti and Sr. Archives of Foundry Engineering. Volume 18, Issue: 2, pp.57-64.
5. Деформируемые экономнолегированные белые чугуны. / Ю. Н. Таран, П.Ф. Нижниковская, О. Р. Даничек, Т. М. Миронова, М. А. Лойферман, С. И. Белорусов, Г. Ф. Демченко, Д. Д. Хижняк // МИТОМ, - Москва, – 1989.– № 5. – С. 35-43.
6. Миронова Т.М. Управление формированием структуры в белых ледебуритных чугунах на различных этапах деформационного предела / Т.М.Миронова, М.М. Рябчий // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2008. – №4. – С. 79-81.
- 7.Т. Mironova Peculiarities of Alloying Effect on the Eutectic Cementite Behavior Under Hot Rolling / Mironova T., Proidak S. New Trends In Production engineering/ Zakopane. -2019,- Volume 2, Issue, - pp. 289-300. DOI 10.2478/ntpe-2019-0093.

Миронова Тетяна Михайлівна, проф., доктор. техн. наук., професор кафедри матеріалознавства ім. Ю.М.Тарана-Жовнира, Національна металургійна академія України, Дніпро, t.myronova.myh@gmail.com.
Ашкелянець Антон Володимирович, доц., канд. техн. наук., доцент кафедри комп'ютерного моделювання та інтегровані технології обробки тиском, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Anton.Ashkelianets@khp.edu.ua.

UTILIZATION OF THE DACTYLING EFFECT TO OBTAIN A COMPOSITIONAL STRUCTURE IN WHITE IRON USING METAL FORMING

Abstract

Improving the level of mechanical properties of modern wear-resistant cast irons is an important and urgent issue today. In the structure of these alloys, complex carbide eutectics are formed in the form of a continuous mesh around the dendrites of primary austenite. The application of metal forming promotes the grinding of the carbide component and converts white iron into a material with a unique set of properties that combines high resistance to abrasive wear with high resistance to impact loading. The limitation of the metal forming implementation in industry is explained by their low plasticity in the cast state. At the Department of Materials named after Y. N. Taran of National Metallurgical Academy of Ukraine developed a new class of white (dactylated) irons with increased plasticity due to carbide transformations in alloyed cementite.

Keywords: cast iron, alloying, structure, forging, plastic deformation.

Mironova Tetyana, Dr. Techn. Sc., Prof., Professor Department of material science the name U.N.Taran-Zhovnir, National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro, t.myronova.myh@gmail.com.

Ashkelianets Anton, Ph.D. techn. Sc., Doz., Assistant professor Department of computer simulation and integrated pressure treatment technologies, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Anton.Ashkelianets@khp.edu.ua.

ВПЛИВ ГЕОМЕТРІЇ ТРИКУТНОГО КІНЕМАТИЧНОГО МОДУЛЯ З КРИВОЛІНІЙНОЮ СТОРОНОЮ НА ПИТОМІЙ ТИСК

Донбаська державна машинобудівна академія¹,
 Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова Національної академії наук України²

Анотація

В роботі розглянуто можливість застосування трикутного кінематичного модуля з криволінійною стороною для моделювання процесу осесиметричного поперечного видавлювання. Показано вплив на приведений тиск модуля параметру, що описує кривизну стінки модуля, та можливість його знаходження з використанням методів оптимізації.

Ключові слова: поперечне видавлювання, кінематичний модуль, кінематично можливе поле швидкостей, питомий тиск, параметр оптимізації.

Осесиметричне поперечне видавлювання є першою стадією процесу послідовного прямого видавлювання комбінованого з роздачею порожнистих виробів (рис. 1, а). Центральну зону осередку деформації 2 можна описати кінематичним модулем трикутної форми з опуклою криволінійною стороною, яка відповідає формі осередку деформації, визначеної експериментально [1, 2]. Схема процесу містить також жорстку зону 1 та зони 7 та 8, які є, відповідно, нижньою і верхньою напівматрицями. Для трикутного модуля 2 важливим є вибір форми криволінійної границі між ним і жорсткою зоною 1, яка переміщується вниз зі швидкістю V_0 .

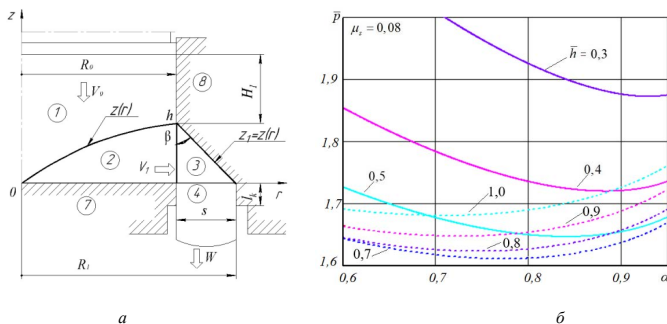


Рисунок 1 – Розрахункова схема процесу комбінованого прямого видавлювання з роздачею (а) та графіки залежності приведенного тиску від параметра α при змінних значеннях відносної висоти \bar{h} (б)

Форму кривої $z(r)$, яка описує криволінійну верхню границю, визначали з умов безперервності нормальної компоненти швидкості на поверхні зрізу по обидва боки від неї і умови нестисненості металу [1]:

$$z(r) = \frac{h \cdot r^2}{R_1^2 \cdot (1 - \alpha) + \alpha \cdot r^2} \quad (1)$$

На основі кінематично можливого поля швидкостей (КМПШ) модуля та рівняння енергетичного балансу величина приведенного тиску приймає вигляд:

$$\bar{p}_1(\alpha) = \frac{N_{d2}(\alpha) + N_{c1-2}(\alpha) + N_{c2-3}(\alpha) + N_{f2-8}(\alpha)}{\pi \cdot \sigma_s \cdot V_0 \cdot R_0^2}, \quad (2)$$

де N_{d2} – потужність сил пластичного деформування в зоні 2, N_{c1-2} , N_{c2-3} – потужності сил зрізу на поверхнях розриву швидкостей між зонами 1 і 2, 2 і 3 відповідно, N_{f2-8} – потужності сил контактного тертя заготовки з інструментом в площині матриці між зонами 2 та 8, σ_s – межа плинину.

За результатами розрахунків побудовано графіки залежності приведенного тиску \bar{p}_1 від параметра оптимізації α (рис. 1, б). Аналіз поведінки функції приведенного тиску \bar{p}_1 підтверджує можливість оптимізації даної величини по параметру α та використання трикутного кінематичного модуля з криволінійною стороною для побудови математичної моделі послідовного прямого видавлювання з роздачею. При цьому така можливість є характерною при різних співвідношеннях геометричних параметрів модуля і умов тертя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Hrudkina N., Aliieva L., Markov O., Kartamyshev D., et al. Modeling the process of radial-direct extrusion with expansion using a triangular kinematic module, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 105. No. 3/1. P. 17–22, 2020. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203989>

2. Алиев И. С. Технологические возможности новых способов комбинированного выдавливания. *Кузнечно-штамповочное производство*. 1990. 2. С. 7–10.

Алієв Іграмотдін Серажутдінович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, igramaliev@gmail.com.

Левченко Володимир Миколайович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний інженер відділу поширення радіохвиль в природних середовищах, Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова Національної академії наук України, Харків, goldangel271@gmail.com.

Алієва Лейла Іграмотдіївна, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютеризованих дизайну і моделювання процесів і машин, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, leyliali2017@gmail.com.

Картамішев Дмитро Олександрович, асистент кафедри автоматизації виробничих процесів, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, dima_kartamyshev@ukr.net.

THE INFLUENCE OF GEOMETRY OF THE TRIANGULAR KINEMATIC MODULE WITH CURVILINEAR SIDE ON THE UNIT PRESSURE

Abstract

The thesis considers the possibility of using the triangular kinematic module with curvilinear side to simulating of the process of axisymmetric transversal extrusion. The influence of the parameter describing the curvature of the module wall on the unit module pressure and the possibility to find it using optimization methods were shown.

Keywords: transversal extrusion, kinematic module, kinematically possible velocity field, unit pressure, optimization factor.

Aliiev Igramotdin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Metal Forming Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, igramaliev@gmail.com.

Levchenko Volodymyr, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Lead Engineer of Department of Radiowave Propagation in Natural Media, O.Ya. Usikov Institute for Radiophysics and Electronics National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, goldangel271@gmail.com.

Aliieva Leila, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Computer Design, Processes and Machine Simulation Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, leyliali2017@gmail.com.

Kartamyshev Dmytro, Assistant of the Department of Manufacturing Processes and Automation Engineering, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, dima_kartamyshev@ukr.net.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМОУТВОРЕННЯ БІМЕТАЛЕВИХ ЗАГОТОВОК МЕТОДАМИ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ ТИСКОМ

НУ «Запорізька політехніка»

Анотація

Розглянуто основні види біметалів, що застосовуються у сучасному виробництві, та способи їхнього отримання. Наведено технології виготовлення широкого класу біметалів. Визначено основні переваги їхнього використання.

Ключові слова: видавлювання, біметалева заготовка, шаруватість, пластичність, тривимірна модель.

Сучасні технології висувають особливі вимоги до сировини, що використовується. Цим пояснюється широке використання шаруватих металевих композитів – біметалів.

За призначенням всі вироблені на даний час біметали можна поділити на наступні види: корозійностійкі, антифрикційні, електротехнічні, інструментальні, зносостійкі, термобіметали.

При цьому розрізняються і способи їхнього виробництва: одночасне прокатування; волочіння труби із вкладеним всередину стрижнем з іншого металу (при виготовленні біметалевого дроту); одночасне пресування; налив розплаву одного металу на інший більш тугоплавкий; занурення в розплав; гальванічний спосіб; газотермічне напилнення; наплавлення; електричне нагрівання; плазмове нагрівання; зварювання вибухом та ін.

Одним з основних промислових способів отримання широкого класу біметалів є спільне гаряче прокатування. При цьому способі складений пакет з двох або більше шарів різних металів у вигляді пластин або профілів підлягає гарячій деформації (рис. 1).

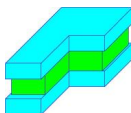


Рисунок 1 – Заготовка для прокатування біметалевого листа

Для успішного перебігу цього процесу необхідна спеціальна підготовка контактних поверхонь (різання, фрезерування або абразивна зачистка). У процесі гарячого прокатування виникає міцне зчеплення шарів по контактним поверхням слябів і пластин, найчастіше через проміжні сполучні підшари, а також утворюється однорідний кант з вуглецевої сталі по периметру пакета за рахунок зварювання з'єднувальних планок з верхнім і нижнім шарами.

Існує безліч варіантів гарячого пресування біметалів для отримання круглих або фасонних біметалевих профілів. Принципово розрізняють два види пресування: з поперечною шаруватістю і з поздовжньою шаруватістю.

Видавлювання заготовок із поздовжньою шаруватістю може відбуватися за наступною схемою. У вічко матриці вводиться серцевина і одночасно видавлюється два контейнери з різними матеріалами в матрицю (рис. 2).

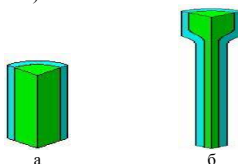


Рисунок 2 – Заготовка із поздовжньою шаруватістю, отримана видавлюванням: а – вихідна заготовка; б - деталь

Видавлювання заготовок із поперечною шаруватістю полягає в послідовному розташуванні заготовок в матриці і їхньому одночасному видавлюванні (рис. 3). При цьому в умовах всебічного стискування виникає надійне з'єднання шарів з можливим утворенням інтерметалідів.

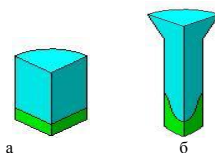


Рисунок 3 – Заготовка із поперечною шаруватістю, отримана видавлюванням: а – вихідна заготовка; б - деталь

При видавлюванні біметалевої шаруватої заготовки спостерігається утворення кривої параболічної лінії на поверхні контакту двох металів. Такий характер з'єднання можна пояснити нерівномірною деформацією, а також зниженими характеристиками пластичності на поверхні контакту заготовки із матрицею через охолодження матеріалу та наявність сил тертя.

Отримані таким чином біметалеві прутки можуть бути використані в якості електродів свічок запалювання з поліпшеними технічними характеристиками. В цілому використання біметалу дозволяє підвищити довговічність і надійність великої різноманітності деталей і обладнання. В результаті економії вартісних кольорових металів (Ni, Cr, Cu, Mo, Ti та ін.) скорочуються витрати на їхнє виготовлення. Використання шаруватих композицій сприяє розробці більш досконалих конструктивних рішень при створенні сучасних машин, приладів, апаратів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Медведєв Е.Б. Особенности формоизменения оболочки биметаллического электрода свечи зажигания ДВС, полученного прямым выдавливанием из заготовки с поперечной слоистостью / Е.Б. Медведєв, А.Н. Абрамов // Кузнечно-штамповочное производство – 2008. - № 12, С. 43-47.
2. Бень А.Н. Исследование процесса изготовления биметаллических заготовок компрессорных лопаток авиадвигателей методом выдавливания / А.Н. Бень // Обработка материалов давлением – 2013. - № 4 (37). – С. 83-86.
3. Голованенко С.А. Производство биметаллов: уч. изд. / С.А. Голованенко, Л.В. Меандров. – Москва: Металлургия, 1966 - 153 с.

Бень Анна Миколаївна, ст. викл. НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, benanna1985@gmail.com.

SPECIFIC FEATURES OF BIMETALLIC WORKPIECES FORMING BY METAL PRESSURE TREATMENT

Abstract

The main types of bimetallics used in modern production and methods of their production are considered. The technologies for manufacturing a wide class of bimetallics are presented. The main advantages of their use are determined.

Keywords: extrusion, bimetallic workpiece, layering, plasticity, three-dimensional model

Ben Anna, senior lecture of Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, benanna1985@gmail.com

ДВОРІВНЕВІ ЕЛАСТОМІРНІ КОМПЕНСАТОРИ СИСТЕМИ «ПРЕС-ШТАМП»

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

Анотація

Розглянуто сили, що діють на двошаровий еластомерний компенсатор системи "прес-штамп". Показано раціональність впровадження додаткової ланки - конектору, який забезпечує принципи паралельного перенесення сил і зменшує похибки у системі "прес-штамп" при асиметричному навантаженні повзуну. Запропоновано узагальнений метод розрахунку двошарових компенсаторів із конектором.

Ключові слова: прес-штамп, похибка, листове штампування, асиметричне навантаження, повзун.

В процесі розробки принципу дії компенсатора, що забезпечує паралельне перенесення сили реакції центру тиску штамп, був проаналізований характер напружено-деформованого стану одинарного еластомерного пружного елемента довільного перетину. Додавання стискаючої сили викличе деформацію еластомеру, що призведе до появи рівних, співвісних стискаючим, сил пружності, що прагнуть повернути його в початковий стан. Можна вважати, що дана конструкція знаходиться в стані стійкої рівноваги незалежно від величини і ексцентриситету позacentрового навантаження [1] до досягнення максимальних напружень в перерізі еластомеру, що припустимі для обраного матеріалу.

Аналіз характеру НДС одинарного еластомерного пружного елемента, замкнутого між двома абсолютно жорсткими паралельними плитами, при прикладанні стискаючих сил в характерних точках його горизонтального перетину, дозволяє зробити наступні висновки: 1. При прикладанні стискаючих сил в межах ядра перетину, площа кожного еластомерного елемента, що сприймає розподілене навантаження, не змінюється і відповідає його загальній площі. 2. Зміна напрямку вектора стискаючої сили залежить від її величини. 3. Позacentрово стиснений еластомерний елемент, в даній конструкції, має властивість заломлювати вектор прикладеної стискаючої сили на кут, рівний куту між двома абсолютно жорсткими плитами. 4. Площиною заломлення вектора позacentрового навантаження в даній конструкції є площина, на якій лежить бісектриса кута між двома абсолютно жорсткими плитами, що обмежують еластомерний елемент.

На підставі аналізу НДС позacentрово навантаженого одинарного еластомерного елемента, обмеженого двома абсолютно жорсткими плитами, можна припустити, що паралельний перенос вектору технологічної сили в точку центру тиску штамп може бути реалізований за допомогою конектору – проміжної плити дворівневого еластомерного компенсатора, що передає розподілене навантаження між несучими площинами еластомерних елементів.

При збігу напрямків векторів сили пружності верхнього і нижнього еластомерних елементів в точці, що лежить в середньому перетині проміжної плити, компенсатор позacentрового навантаження, прикладеного до однієї з зовнішніх плит, відбувається без появи паразитних обертаючих моментів на зовнішніх плитах. Результати даного теоретичного дослідження повністю підтверджуються методами натурного і математичного моделювання. На підставі літературного огляду та патентного пошуку можна зробити висновок, що теоретичне обґрунтування можливості паралельного перенесення вектору сили зроблено вперше.

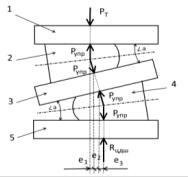
Порядок розрахунку дворівневого еластомерного компенсатора може передбачати наступні етапи: 1) побудова розрахункової схеми (рис. 1); 2) визначення розмірів перетину заданого типу; 3) визначення робочого кута нахилу конектору; 4) визначення висоти конектору (для варіанту 1) або еластомерного елемента (для варіанту 2); 5) визначення відносного монтажного зміщення між центрами ваги верхнього і нижнього еластомерних елементів.

Після виконання всіх необхідних перетворень та підстановок отримані залежності для визначення сумарного ексцентриситету, що компенсується при обраній розрахунковій схемі:

$$e_x = \frac{H_0 \cdot \varepsilon_{\text{дон}}}{l_x} \cdot \left(\frac{H_0 \cdot P}{F \cdot E} \left(1 + \frac{x_p^2 \cdot F}{I_y} \right) + H_K \right); \quad (1)$$

$$e_x = \frac{H_0^2 \cdot P \cdot \varepsilon_{\text{дон}}}{F \cdot E \cdot I_y \cdot l_x} \left(I_y + F \cdot x_p^2 \right) + \frac{H_0 \cdot H_K \cdot \varepsilon_{\text{дон}}}{l_x}, \quad (2)$$

де H_0 і H_K – висота еластомерного елемента до стиснення і конектору відповідно; $\varepsilon_{\text{дон}}$ – допустимий коефіцієнт деформації; l_x – габаритний розмір еластомерного елемента у точці прикладання сили P ; F і E – площа перетину і модуль Юнга матеріалу еластомерного елемента; x_p – координата точки прикладання навантаження; I_y – осьовий момент інерції перетину еластомерного елемента.



- 1, 5 – зовнішні абсолютно жорсткі плити;
- 2, 4 – дзеркально розгорнуті еластомерні пружні елементи;
- 3 – конектор, буквами позначені: a – кут повороту між обмежуючими плитами та конектором;
- P_t – технологічна сила; $P_{\text{спр}}$ – сила пружності;
- $P_{\text{тиску}}$ – реакція центру тиску штамп;
- e_1, e_3 – ексцентриситет, що компенсується еластомерними елементами; e_2 – ексцентриситет, що компенсується конектором

Рисунок – Схема паралельного перенесення вектору сили у конструкції дворівневого компенсатору позацентрового навантаження

Взаємне розташування однакових еластомерних елементів дворівневого компенсатору по осі X на вигляді зверху визначається одним зі способів: а) відстанню між їх центрами тяжіння по вісі X : $c_x = 2 \cdot x_p + e_x$; б) зовнішніми габаритами їх проєкцій: $L_x = 2 \cdot (x_p + a_x) + e_x$, де a_x – відстань від центра ваги перерізу еластомеру до його нестисливого краю, тобто, до нейтральної лінії. Для простих перерізів: а) квадратних елементів: $c_x = (b/3) + e_x$; $L_x = (b/3) + e_x$, де b – габаритна сторона квадратного елемента; б) для однакових круглих елементів: $c_x = (D/8) + e_x$; $L_x = (D/4) + e_x$, де D – габаритний діаметр еластомерного елемента.

Як видно з наведеної методики розрахунку, вона дозволяє отримати основні конструктивні параметри дворівневого еластомерного компенсатору зміщення центру тиску штампя щодо вектора технологічного навантаження завдяки реалізації принципу паралельного перенесення вектору сили. Запропонована методика розроблена вперше та не вимагає складних обчислень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1 Z. Chval, M. Cechura. Optimization of Power Transmission on Mechanical Forging Presses. *Procedia Engineering*, 2014, 69, pp. 890–896

Глязко Владислав Володимирович, аспірант, ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь
Кухар Володимир Валентинович, д-р. техн. наук, проф., завідувач кафедри ОМТ, ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь, kvv.maripol@gmail.com.

TWO-LEVEL ELASTOMERIC COMPENSATOR FOR THE "PRESS-DIE" SYSTEM

Abstract

The forces acting system on a two-layer elastomeric "press-die" system compensator is considered. The rationality of using an additional link – a connector is shown, which provides the principles of forces parallel displacement and reduces errors in the "press-die" system under slider eccentric loading. A generalized method for calculating two-layer compensators with a connector is proposed.

Keywords: press-die, error, sheet forming, asymmetrical load, slider.

Glazko Vladyslav, Post-Graduate, Metal-Forming Department, Pryazovskiy State Technical University, Mariupol.

Kukhar Volodymyr, D.Sc. (Eng.), Professor, Head of Metal-Forming Department, Pryazovskiy State Technical University, Mariupol, kvv.maripol@gmail.com.

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ КРИТЕРІЙ ЗНОШУВАННЯ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблено енергетичний критерій зносу вузлів на поверхнях, що труться деталей машин. Оцінюється коефіцієнт приросту твердості за рахунок затвердіння. Коефіцієнт приросту твердості встановлюється відповідно до співвідношення питомих потенційних енергій. Отримані формули, що дозволяють оцінити потенційну енергію, витрачену на знос за час експлуатації, що дозволяє визначити ресурс, який використовується при експлуатації машинобудівних виробів.

Ключові слова: енергія зношування, твердість, феноменологічний критерій.

В процесі експлуатації деталей машин елементи конструкцій сприймають знакомі динамічні навантаження, які викликають інтенсивне зношування контактних поверхонь.

Якість поверхневого шару може бути оцінена шляхом ідентифікації механічних властивостей в локальних точках поверхневого шару [1]. Однак часто виникає проблема кількісної оцінки міри працездатності вузлів деталей машин. В роботі розроблений метод оцінки граничних параметрів величини зношування, при досягненні яких елементи конструкцій мають бути замінені.

Пропонується феноменологічний критерій зношування, який оснований на експериментальному методі вимірювання твердості поверхонь тертя [2] – вимірювання твердості до початку та в процесі експлуатації за вихідною твердістю визначають універсальну механічну характеристику матеріалу – криву течії в координатах – інтенсивність напружень σ_u , інтенсивність деформацій ϵ_u , яку можна описати рівнянням:

$$\sigma_u = A \epsilon_u^n, \quad (1)$$

де A , n – коефіцієнти апроксимації. Інтегрування кривої течії визначає питому потенціальну енергію, яка витрачається на зношування.

Верхня межа інтегралу ϵ_u^*

$$W_{уд} = \int_0^{\epsilon_u^*} \sigma_u d\epsilon_u = A \int_0^{\epsilon_u^*} \epsilon_u^n d\epsilon_u = \frac{A \epsilon_u^{n+1}}{n+1}. \quad (2)$$

Перемножуємо отримане значення на об'єм, охоплений деформацією, розраховуємо енергію деформації:

$$W_{def} = W_{уд} \cdot V. \quad (3)$$

Метод дозволяє на стадії експлуатації вимірюванням твердості оцінювати можливість подальшої експлуатації деталей виробів машинобудування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Никитин Ю. А. Новые направления в оценке качества поверхности материалов / Ю. А. Никитин, В. В. Запорожец // Сучасні процеси механічної обробки інструментами з НТМ та якість поверхні деталей машин: Зб. наук. праць (серія Г «Процеси механічної обробки, верстати та інструменти») НАН України ім. Бакуля. – Київ, 2003. – 332 с.
2. Огородников В. А. Энергия. Деформации. Разрушение (Задачи автотехнической экспертизы). : Монография / В. А. Огородников, В. Б. Киселев, И. О. Сивак. – Винница : Универсум-Винница, 2005. – 204 с.

Губанов Андрій Васильович, завідувач лабораторіями кафедри ОМІМ, ВНТУ, м. Вінниця, gubanovav@ukr.net.

ENERGY CRITERIA OF FRICTION WEAR UNITS OF MACHINE PARTS

Abstract

An energy criterion has been developed for the wear of knots on the rubbing surfaces of machine parts. The coefficient of hardness increment due to hardening is evaluated. The coefficient of hardness increment is set in accordance with the ratio of the specific potential energies. Formulas have been obtained that allow estimating the potential energy expended on wear during the operation time, which allows us to determine the resource used in the operation of engineering products.

Keywords: wear energy, hardness, phenomenological criterion.

Gubanov Andrei, head of laboratories of the department MSAM, VNTU, Vinnitsa, gubanovav@ukr.net.

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ КУВАННЯ ПОКОВОК ВИСОКОЛЕГОВАНИХ МАРОК СТАЛЕЙ НА ГІДРАВЛІЧНИХ ПРЕСАХ

НУ «Запорізька політехніка»

Анотація

Розглянуто основні способи підвищення енергоефективності процесу кування поковок високолегованих марок сталей, застосування яких призведе до зниження енерговитрат та підвищення об'єму випуску якісної продукції.

Ключові слова: кування, гідропрес, поковка, високолеговані марки сталей, напружено-деформований стан металу.

Розробка ресурсозберігаючого технологічного процесу, заснованого на оптимальному способі кування, дозволить вивести на новий рівень якість проектованої продукції і призведе до підвищення техніко-економічних показників виробництва. У зарубіжній і вітчизняній спеціалізованій літературі, присвяченій питанням оптимізації процесів пластичної деформації конструкційних і легованих сталей, розглядаються способи кування, що підтвердили свою практичну доцільність та пропонуються рекомендації щодо їх вдосконалення. Одне положення залишається сталим: на якість готової продукції ковальського виробництва прямий вплив має напружено-деформований стан металу. Таким чином, знаючи шляхи керування напружено-деформованого стану металу можна досягти високої якості кованих виробів та створити ресурсозберігаючі технології процесу кування поковок високолегованих марок сталей та сплавів.

В роботі розглянуті способи підвищення якості кування поковок високолегованих марок сталей та сплавів на гідропресах. Одним з основних способів керування якістю готової кованої продукції є вплив на напружено-деформований стан металу. В свою чергу, на напружено-деформований стан металу має вплив ряд чинників. До основних слід віднести фактор форми, а саме форма інструменту та форма злитку. Ще одним чинником, що впливає на розподіл напружено-деформованого стану металу є кінематичний фактор, а саме кінематика впливу інструменту на заготовку.

У виробничих умовах багатьох підприємств технологи стикаються з проблемами тріщиноутворенням, незаковами, великим зерном, відхиленнями геометрії від заданої і іншими дефектами, причиною яких є нестабільність технологічного виходу при використовуваному термомеханічному режимі. Важливо виділити і зменшити негативний вплив на якість виробу і процесу конкретного фактора, наприклад, нерівномірності температурного поля або температури нагріву під деформацію. Управління температурним полем заготовки при куванні також дозволяє впливати на напружено-деформований стан заготовки і мікроструктуру металу. Заготовка може мати різний вигляд температурного поля: однорідне температурне поле, неоднорідне симетричне з різним видом розподілу температур по перетину і неоднорідне несиметричне.

Збільшення точності розмірів і зниження підсумкової розмірної похибки можливо за рахунок збільшення часу додаткових кувальних операцій вигладжування, білетування, забивання, що займає більше 40% від основного часу кування. Таким чином, це означає збільшення часу непродуктивного використання номінальної потужності преса. Одним з рішенням даної проблеми може бути використання прокатної кліті для калібрування поперечних розмірів поковки. Так, зменшення кувального розміру на величину підсумкової розмірної помилки 14-15 мм при середній довжині заготовки 4 м для сталі 4Х5МФС, 4Х5МЗФ призводить до зменшення відходу з 555 кг до 283 кг, тобто в 1,96 рази. Час обробки на обдирання і обточування штанг інструментальних сталей, що становить 11,61 години,

скорочується на третину. Таким чином, продуктивність праці збільшується приблизно на 30-40%[1].

Таким чином, були встановлені основні напрямки вдосконалення технологічних процесів кування поволок циліндричної форми (пруток, штанга), які в свою чергу вплинуть на зниження енерго- та матеріаловитрат, а саме:

- зміна геометрії інструменту або оптимальна комбінація інструменту різної геометрії,
- передача виконання допоміжних операцій пластичного деформування (білетування, прогладжування) з кувального комплексу на прокатну кліть для підвищення коефіцієнта використання виробничих потужностей обладнання. Прокатна кліть може бути встановлена в одній лінії з кувальним комплексом. Прогладжування сорту в прокатній кліті дозволить істотно знизити припуски на механічну обробку, що в свою чергу значно підвищить продуктивність ад'юстажних ділянок і вихід придатної товарної продукції,
- скорочення часу винесення металу на кування (організаційні заходи – чіткий регламент дій, маніпулятори),
- врахування температури внутрішнього розігріву за рахунок теплоти, яка буде утворена при деформації, при нагріванні злитка (заготовки) під кування;
- математичне моделювання процесу кування за критерієм впливу швидкості і ступеня деформації на структуру (зерно) сталі, виключення або зниження утворення поверхневих дефектів (тріщин) і, відповідно, підвищення виходу придатної металопродукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент на корисну модель UA №48451 МПК В 21 J 5/00. Спосіб кування сортового металу / Д.В. Обдур, В.Д. Обдур, В.В. Чигиринський, О.В. Дергачев, В.В. Дувінг (Україна) - №48451; заявл. 21.09.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. №5.

[Матиухін Антон Юрійович](mailto:matiukhin85@gmail.com), доцент НУ «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, matiukhin85@gmail.com.

ENERGY-SAVING TECHNOLOGY FORGING FORGES OF HIGH-ALLOY STEEL BRANDS ON HYDRAULIC PRESSES

Abstract

The main ways to increase the energy efficiency of the forging process of high-alloy steel grades are considered, the use of which will reduce energy consumption and increase the volume of quality products.

Keywords: forging, hydropress, forging, high-alloy steel grades, stress-strain state of metal.

[Matiukhin Anton](mailto:matiukhin85@gmail.com), Associate professor of Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, matiukhin85@gmail.com.

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНО-ДОПУСТИМОГО ДІАМЕТРА ФЛАНЦЯ ПРИ РАДІАЛЬНОМУ ВИДАВЛЮВАННІ

Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація

Запропоновано формулу для розрахунку величини гранично-допустимого діаметра фланця для випадків радіального видавлювання з вільною течією металу в кільцеву порожнину. При цьому на екваторі бічної поверхні реалізується плоский напружений стан і діаграма пластичності не залежить в цьому випадку від виду напруженого стану.

Ключові слова: показник напруженого стану, радіальне видавлювання, фланець.

З представлених в роботі [1] експериментальних даних про зміну компонент тензора логарифмічних деформацій на різних етапах деформування, а також показника напруженого стану η при радіальному видавлюванні сплавів АМЦ-М і АМГ6В слідує, що окружна деформація $e_\varphi = \ln \frac{D_i}{D_0}$ практично дорівнює інтенсивності деформацій e_i на екваторі серединної поверхні меридіонального перетину заготовки. Отже, можемо прийняти наближене співвідношення $e_i = e_\varphi$. Згідно з критерієм Г. А. Смирнова-Аляєва [2]

$$\psi = \frac{e_i}{e_p(\eta)} \leq 1. \quad (1)$$

Введемо в знаменник критерію коефіцієнт ω , який враховує вплив історії навантаження і розраховується за формулою

$$\omega = \frac{e_p(\eta)}{e_p(\eta = const)}, \quad (2)$$

де $e_p(\eta = const)$ – пластичність, яка визначається по діаграмі пластичності; $e_p(\eta)$ – пластичність, яка визначається за критерієм В.А. Огороднікова [2]

$$\psi = \int_0^{e_i} \left(1 + a \operatorname{arctg} \frac{d\eta}{de_u} \frac{d\chi}{de_u} \right) \frac{[e_u(\eta, \chi)]^{a \operatorname{arctg} \frac{d\eta}{de_u}}}{[e_p(\eta, \chi)]^{1 + a \operatorname{arctg} \frac{d\eta}{de_u}}} \leq 1, \quad (3)$$

де χ – показник напруженого стану, який враховує вплив третього інваріанта тензора напружень на пластичність

$$\chi = \frac{\sqrt[3]{I_3(T_\sigma)}}{\sqrt{3I_2(D_\sigma)}}, \quad (4)$$

а – константа матеріалу, а = 0,2 для сталей і кольорових металів.

Тоді критерій (2) запишемо у вигляді

$$\psi = \frac{\ln \frac{D_k}{D_0}}{e_p(\eta) \omega}, \quad (5)$$

де D_k – гранично-допустимий діаметр фланця.

Після нескладних перетворень отримаємо формулу, за допомогою якої можна розрахувати величину гранично-допустимого діаметра фланця

$$D_k \leq \frac{D_0}{\exp \left[e_p (\eta = 0) \exp(-\lambda \eta_k) \right] \omega}. \quad (6)$$

Формула (6) справедлива для випадків радіального видавлювання з вільною течією металу в кільцеву порожнину. При цьому на екваторі бічної поверхні реалізується плоский напружений стан. В цьому випадку діаграма пластичності не залежить від виду напруженого стану.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алиева Л. И. Оценка деформируемости металлов при холодном выдавливании энергетическим методом / Л. И. Алиева // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. Зб. наук. пр. – Краматорськ: ДДМА. – 2006. – С. 346–350.

2. Огородников В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В. А. Огородников. – Головне вид-во «Вища школа», 1983. – 175 с.

Деревенко Ірина Анатоліївна, к.т.н., доцент, доцент кафедри опору матеріалів та будівельної механіки, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів. i.a.derevenko@gmail.com.

CALCULATION OF THE MAXIMUM PERMISSIBLE FLANGE DIAMETER FOR RADIAL EXTRACTION

Abstract

A formula for calculating the value of the maximum allowable flange diameter for cases of radial extrusion with free ingress of metal into the annular cavity is proposed. In this case, a flat stress state is realized at the equator of the side surface and the plasticity diagram does not depend in this case on the type of stress state.

Keywords: stress index, radial extrusion, flange.

Derevenko Iryna, Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of Department of Strength of Materials and Structural Mechanics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, i.a.derevenko@gmail.com.

ВИКОРИСТАННЯ ОБЕРНЕНИХ ЗАДАЧ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ РОЗСПОВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Анотація

Використання обернених задач дозволяє розрахунок розсіювання механічної енергії за необхідними експлуатаційними характеристиками матеріалу і визначення його початкових фізико-механічних параметрів.

Ключові слова: обернені задачі, розсіювання механічної енергії.

Виходячи із класифікації обернених задач, ретроспективні і граничні задачі є лінійними, а коефіцієнтні і геометричні задачі – нелінійні. Тому для нелінійних задач при їх рішенні проводять порівняння результату і багатократне рішення прямої задачі. При цьому необхідно враховувати можливість множини рішень та стійкість до малих змін вхідної інформації.

Для вирішення оберненої задачі, після побудови рішення прямої задачі у загальному виді, формулюють операторне рівняння для знаходження невідомої функції або системи функцій з врахуванням додаткових умов.

Для операторів зі змінними коефіцієнтами існує ряд способів, які дозволяють точно або наближено формувати операторне рівняння і будувати рішення оберненої задачі. Найчастіше використовують метод операторних рівнянь Вольтерра, метод регуляризації Тихонова, метод лінеаризації, метод обернення різницевої схеми, метод оптимізації.

Метою роботи є обґрунтування чисельно-аналітичних методів, які можуть бути використані для рішення обернених задач розсіювання механічної енергії.

На основі наближених експериментальних даних рішення обернених задач ідентифікації, конструювання та прогнозування вимагає створення систем повних базисів з щільним спектром похідних цілих додатних, від'ємних та дробових порядків [1].

Виготовлення деталей відбувається за спеціальними технологічними схемами, які забезпечують вихідні експлуатаційні параметри готового виробу. Можливість отримати вхідні показники фізико-механічних характеристик матеріалів, з яких виготовляють деталі, їх структуру, при заданих вихідних показниках є однією з важливих конструкторських завдань. У такій постановці задача відноситься до обернених задач.

Важливою особливістю обернених задач, які виникають при обробці експериментальних даних, є та, що отримана інформація є наближеною. У зв'язку з цим питання, пов'язані з існуванням і єдиністю рішення цих задач, а також неперервною залежністю розв'язку від вхідних даних обернених задач, вимагають додаткового аналізу. Цей аналіз проводиться в рамках заданої математичної моделі – операторного рівняння $Az = u$, де клас елементів $z \in Z$ повинен містити характеристику \bar{z} реального об'єкту або процесу, а клас U , якому належить права частина u , визначається типом експериментальної інформації. При цьому допускається, що в класі існує елемент $\bar{u} = A\bar{z}$, який намагаються визначити в ході експерименту

Базиси тейлорівського типу можна застосувати до визначення локальної стійкості механічних конструкцій. Запропоновані теоретичні основи побудови повних систем базисних елементів тейлорівського типу з щільним спектром похідних цілих додатних, від'ємних та дробових порядків дозволяють досліджувати якісну поведінку розв'язків диференціальних та інтегральних рівнянь (прямих та обернених задач), обробляти експериментальні дані, ідентифікувати системи, уточнювати математичні моделі об'єктів та процесів, оптимізувати конструкторські проекти з заданими характеристиками, здійснювати прогноз природних явищ.

Методи теорії катастроф дозволяють визначати чутливість критичного, або руйнівного, навантаження, як до динамічного впливу, так і до недосконалості конструкцій (або моделі з дефектами). Алгоритми, які при цьому використовують, дають можливість проводити

діагностику впливу дефектів, недосконалості конструкції (старіння матеріалу тощо) на руйнування.

Для прикладу розглянемо сталь мартенситного класу, з якої шляхом механічної і термічної обробки отримують пустотілі вали для авіаційної техніки. Обидві поверхні валу зміцнюються поверхневим пластичним деформуванням – алмазним вигладжуванням. У поперечному перерізі стінки таких валів можна розглядати як системи з трьома і більше шарами. Розв'яжемо обернену задачу отримання вхідних показників фізико-механічних характеристик матеріалу, з якого виготовляють вали, при заданих експлуатаційних показниках.

Для отримання розрахунку декременту коливань шаруватого стержня при рішенні прямої задачі необхідно задати модулі пружності і декременти матеріалу шарів, конструктивні розміри і форми коливань. При рішенні оберненої задачі задаємо вихідні параметри механічних характеристик, які необхідні при експлуатації. Форми коливань приймаються такі, як для однорідних стержнів. Умови закріплення однакові. Використання теоретичної моделі дозволяє визначити оптимальні характеристики вхідних параметрів матеріалу стержня і, відповідно, вибрати режими механіко-термічних обробок.

Проведемо за допомогою математичної моделі розрахунки декременту вільних затухаючих коливань шаруватої системи при заданому модулі пружності матеріалу. Результати розрахунку проводяться для різних модулів пружності зміцнених шарів. Встановлено, що збільшення модуля пружності поверхневого шару зменшує логарифмічний декремент затухаючих коливань консольного стержня. При цьому час повного загасання і частота коливань збільшуються.

Змінюючи режими поверхневого пластичного деформування, можна отримувати різну величину зміцнення, яка забезпечить необхідне значення логарифмічного декременту і вид графіка затухаючих коливань.

Отже, для стержня з однорідного матеріалу але різними механічними характеристиками у поперечному розмірі, запропоновано розрахунок розсіювання механічної енергії. Рішення такої прямої задачі дало змогу розв'язати обернену задачу – за заданими необхідними експлуатаційними характеристиками визначити технологічні режими і початкові фізико-механічні параметри матеріалу, з якого виготовляється готова деталь.

Використання обернених задач дозволяє, задаючи необхідні параметри розсіювання механічної енергії матеріалом, визначити його вхідні фізико-механічні властивості, вносячи, при необхідності, зміни в режими технологічного циклу виготовлення деталі, оптимізуючи параметри заданих характеристик.

Рішення обернених задач необхідно проводити в рамках математичної моделі досліджуваного об'єкту. При цьому визначають або коефіцієнти диференціальних рівнянь, або області, де діють оператори, або задані початкові умови.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Mozgovoy A.V. Methods of constructing basis in solving inverse problems / A.V. Mozgovoy, V.S. Abramchuk, I.V. Abramchuk // Functional Materials. – 2014. – 21. – No.4. – P. 410 – 415.

Мозговий Олександр Васильович, кандидат технічних наук, доцент кафедри фізики, доцент, кафедра фізики і методики навчання фізики, астрономії, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Вінниця, mavimfto@gmail.com

USE OF INVERSE PROBLEMS IN THE STUDY OF MECHANICAL ENERGY DISSIPATION

Abstract

The use of inverse problems allows the calculation of the scattering of mechanical energy by the required performance characteristics of the material and the determination of its initial physical and mechanical parameters.

Keywords: inverse problems, scattering of mechanical energy.

Mozhovi Olexandr Vasylivych, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics, Associate Professor, Department of Physics and Methods of Teaching Physics, Astronomy, Vinnytsia Mykhailo Kotsyubynskiy State Pedagogical University, Vinnytsia, mavimfto@gmail.com

НОВІ ПІДХОДИ К ДОСЛІДЖЕННЮ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ АВТОМОБІЛЯ

¹Рудненський індустріальний інститут

²Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

Анотація

Розвитком методу аргумент функцій стало рішення прикладної задачі теорії пружності в полярних координатах. Особливістю запропонованого підходу є знаходження не самого рішення, а умов його існування. До розгляду вводяться аргумент функції координат осередку деформації, які задовольняють граничним умовам, а також функції, які спрощують розв'язок задачі в загальному вигляді. У процесі перетворень було встановлено математичний зв'язок між ними у вигляді співвідношень Коші-Рімана. Була вирішена плоска задача, протестована, результат порівняний з дослідженнями інших авторів. При зведенні рішення до частинного результату отриманий вихід на класичні рішення, що підтверджує його достовірність.

Ключові слова: полярні координати, метод аргумент функцій, узагальнені підходи, співвідношення Коші-Рімана.

Розвиток техніки ставить нові задачі в області дослідження працездатності машин та їх елементів. Тенденції до зниження масогабаритних показників деталей машин з одночасним підвищенням їх енергонасиченості змушують переглядати відомі підходи, припущення при визначенні напруженого стану деталей та вимагають розробки нових розрахункових моделей [1- 3]. Істотне значення в інженерних розрахунках займають рішення контактних задач теорії пружності для тіл з круговими межами, коли характерний лінійний розмір області контакту співмірний з радіусами кривизни дотичної поверхні. Вони складають теоретичну основу розрахунків на міцність та жорсткість таких елементів машин, як підшипники ковзання, шарнірні з'єднання, зубчасті передачі. Для отримання конструкції, раціональної з точки зору мінімальних розмірів та металоємності, потребує удосконалення методика проектування валів, [4].

Найбільш широкі дослідження виконані за допомогою аналітичних методів. Саме наявність фундаментальних зв'язків сучасного комплексного аналізу та теорії потенціалу з такою динамічною областю, як механіка визначило їх інтенсивний розвиток та використання в прикладних дослідженнях. Практичне отримання аналітичних залежностей для напружень і переміщень в замкнутій формі для реальних об'єктів навіть в найпростіших випадках пов'язане з істотними труднощами. Внаслідок цього при розгляді контактних задач прийнято вдаватися до ідеалізації. У відмові від цих обмежень та широким застосуванням методів теорії функцій пов'язаний подальший розвиток механіки контактної взаємодії. Одним з таких нових напрямів є випробування в теорії і практиці методу аргумент функцій, [5]. Метод дозволяє отримати певні узагальнення при вирішенні плоских задач теорії пружності таким чином, щоб виявити умови існування рішень у вигляді диференційних співвідношень, накладених на різний кінцевий результат. Розвитком методу аргумент функцій стало рішення задачі теорії пружності в полярних координатах, [6, 7].

Особливістю запропонованого підходу є знаходження не самого рішення, а умов його існування: диференціальних, або інтегральних співвідношень, які дозволяють замкнути рішення в загальному вигляді.

Використовують додаткові функції, або аргумент функції, координат осередку деформації. Носіями запропонованих аргумент функцій повинні бути базові залежності, які задовольняють граничним умовам, а також функції, які спрощують розв'язок задачі в загальному вигляді. В рішення були використані дві базові залежності: тригонометрична і експоненціальна. Їхні

аргументи – дві невідомі аргумент функції. У процесі перетворень було встановлено математичний зв'язок між ними у вигляді співвідношень Коші-Рімана.

При зведенні рішення до частинного результату отриманий вихід на класичні рішення, [8, 9] що підтверджує його достовірність. Отриманий результат корисний і важливий, тому що з'являється можливість вирішувати великий клас осесиметричних прикладних задач, [10, 11] з використанням методу аргумент функцій комплексного змінного.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кравчук А.С., Чигарев, А.В. (2000). Механика контактного взаимодействия тел с круговыми границами. – Мн.: Технопринт. 196с.
2. Papargyri-Beskou, S., Tsinopoulos, S. (2015) Lamé's strain potential method for plane gradient elasticity problems. *Arch Appl Mech Volume* 85, 1399–1419. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00419-014-0964-5>.
3. Зайлес С.А., Нго Као Кыонг. (2016). Современный подход к определению напряженного состояния в очаге деформации при локальном нагружении. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 7(676), с.56-63. DOI: <http://doi.org/10.18698/0536-1044-2016-7-56-63>.
4. Кириловский, В.В. (2018). Резервы совершенствования конструкций валов. *Вестник РУДН*, 19(4), с.426-437. DOI: <https://doi.org/10.222363/2312-8143-2018-19-4-426-437>.
5. Chigirinsky V., Naumenko O. (2019). Studying the stressed state of elastic medium using the argument functions of a complex variable. *Eastern-European Journal of Technologies. Applied mechanics*, 5/7 (101), p.27–36. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.177514>.
6. Chigirinsky V., Naumenko O. (2020). Invariant differential generalizations in problems of the elasticity theory as applied to polar coordinates. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(7(107)), p.56-73. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.213476>.
7. Чигиринський В.В., Науменко О.Г., Овчинников О.В. (2020). Плоска задача механіки судільного середовища в полярних координатах з використанням аргумент функцій комплексного змінного. *Вісник ВПІ*, 3(150), с.73-80. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2020-150-3-73-80>.
8. Тимошенко С. П., Гудьер Дж. (1979). Теория упругости /С. П. Тимошенко, Дж. Гудьер - М.: «Наука», 560с.
9. Тихонов А. Н. (1977). Уравнения математической физики /А. Н. Тихонов, А. А. Самарский - М.: «Наука», 735с.
10. Пат. 37786 UA, МКП 12-15 Шина до коліс транспортного засобу. Торопов О.Г., Науменко О.Г. №s201802193; заявл. 23.08.2018 року; опубліковано 10.10.2018; Бюл. № 19.
11. Пат. 37925 UA, МКПЗ 12-08 Всюдихід. Торопов О.Г., Науменко О.Г. №s201802205, заявл. 29.08.2018; опубліковано 25.10.2018; Бюл. № 20.

Чигиринський Валерій Вікторович, доктор технічних наук, професор кафедри Металургії та гірничої справи, Рудненський індустріальний інститут, м. Рудний, chigirinvv18@gmail.com.

Науменко Олена Геннадіївна, старший викладач кафедри будівельної, теоретичної та прикладної механіки, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, elenanaumenko1971@gmail.com.

NEW APPROACHES TO STUDY THE STRESS STATE OF THE CAR CHASSIS ELEMENTS

Abstract

The method of argument functions has evolved into a solution to the applied problem of elasticity theory in polar coordinates. A special feature of the suggested approach is finding not the solution itself, but the conditions of its existence. The argument functions of the coordinates of the deformation center satisfying the boundary conditions are introduced for consideration. The functions that simplify the solution of the problem in a general way are given. In the process of transformation, a mathematical relationship between them was established in the form of Koshi-Riemann relations. The flat problem is solved and tested. The result is comparable with the studies of other authors. When reducing the solution to a partial result, an analogue to the classical solutions is obtained, which confirms its validity.

Keywords: polar coordinates, argument functions method, generalized approaches, Cauchy-Riemann conditions.

Chigirinsky Valeriy, Sc, D., professor of Metallurgy and mining Department, Rudny Industrial Institute, Rudny, chigirinvv18@gmail.com.

Naumenko Olena, Senior lecturer, Department of Structural, Theoretical and Applied Mechanics, Dnipro University of Technology, Dnipro, elenanaumenko1971@gmail.com.

ОЦІНКА ДЕФОРМОВНОСТІ МАТЕРІАЛУ ЗАГОТОВОК ПРИ ПРЯМОМУ І ЗВОРТНОМУ ВИТИСКУВАННІ МЕТОДОМ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ

Вінницький національний аграрний університет¹,
Вінницький національний технічний університет²

Анотація

В роботі приведені результати розробки і дослідження різних технологічних схем процесу штампування обкочуванням циліндричним і конічним валками для отримання складно профільних заготовок за схемами прямого і зворотного витискування. Проведений аналіз напружено-деформованого стану заготовок з використанням методу сіток, вимірювання твердості та мікроструктурного аналізу. Встановлені зони заготовок, які деформуються в умовах «жорсткого» напруженого стану, для яких проведена оцінка деформовності металів з використанням критеріїв феноменологічної теорії.

Ключові слова: складно профільна заготовка, штампування обкочуванням, пряме і зворотне витискування, напружено-деформований стан, деформовність.

Метою даної роботи є розробка і реалізація схем прямого і зворотного витискування методом штампування обкочуванням (ШО) і оцінка деформовності матеріалу складно профільних заготовок для запобігання браку від руйнування та забезпечення високих службових характеристик виробів.

На рис 1 показані заготовки, що виготовлені за схемами зворотного а), б), в) та прямого г) витискування методом ШО [2].

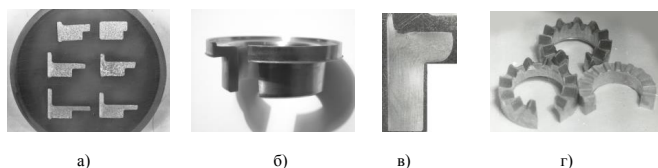


Рисунок 1 - Загальний вигляд і перерізи заготовок, сформованих методами ШО за схемами прямого і зворотного витискування

На рис. 2 а, б приведено вигляд zdeформованої ділільної сітки і мікроструктури сформованого елемента кулачкової муфти, а на рис. 2 в, г - характер розподілу інтенсивності деформацій ε_i і показника напруженого стану η по елементу заготовки, отриманому витискуванням методом ШО на проміжній і заключній стадіях.

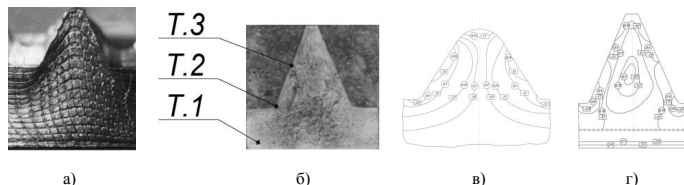


Рисунок 2 - Вигляд zdeформованої сітки, мікроструктури та характер розподілу показників НДС на елементі заготовки

На рис. 3а приведені характерні параметри профілю елемента, що витискується і зб - шляхи деформування часток матеріалу заготовки в найбільш деформованих зонах (1 – посередині бічної поверхні АС; 2 – на вході в формоутворюючий канал (поблизу точки А); 3 – в зоні контакту заготовки з валком), отримані методом координатних подільних сіток з використанням теорії R-функцій.

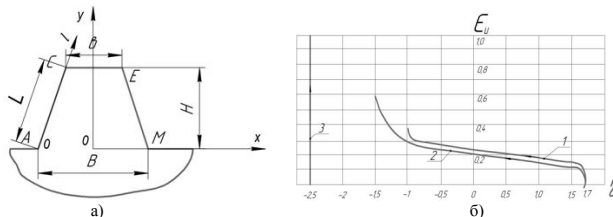


Рисунок 3 - Параметри профілю витиснутого елемента а) і шляхи деформування часток матеріалу заготовки б)

Вказані на рис. 3б шляхи деформування, в координатах накопичена пластична деформація $\bar{\epsilon}_{eq}$ - показник напруженого стану η , представлені нами однозначними функціями, заданими параметричними рівняннями

$$\eta(t) = \frac{b \cdot (tg(t) - t) + a \cdot \sqrt{1 + c \cdot t}}{tg^2(t) + c \cdot t^2} \quad (1)$$

$$\bar{\epsilon}_{eq}(t) = m \cdot \int_0^t \sqrt{\frac{1}{\cos^4 x} + 3} \cdot dx, \quad (2)$$

де a, b, c, m - параметри апроксимації.

Для оцінки деформовності матеріалу заготовок побудували модель накопичення пошкоджень, що базується на критерії В. Огороднікова [1, 2, 3] та певної методики побудови апроксимації кривої граничних деформацій [4]

$$\psi(t) = \int_0^t \frac{n \cdot m^n \cdot \left(\int_0^x \sqrt{\frac{1}{\cos^4 \tau} + 3} \cdot d\tau \right)^{n-1}}{\left(\bar{\epsilon}_{fs}(\eta=0) \cdot \left(\frac{\bar{\epsilon}_{fs}(\eta=1)}{\bar{\epsilon}_{fs}(\eta=-1)} \right)^{\frac{\eta(x)}{2}} \cdot \left(\frac{\bar{\epsilon}_{fs}(\eta=1) \cdot \bar{\epsilon}_{fs}(\eta=-1)}{\epsilon_{fs}^2(\eta=0)} \right)^{\frac{\eta^2(x)}{2}} \right)^n} \cdot \sqrt{\frac{1}{\cos^4 x} + 3} \cdot dx, \quad (3)$$

$$n = 1 + 0.2 \cdot \arctg \left(\frac{d\eta}{d\bar{\epsilon}_{eq}} \right), \quad (4)$$

Оцінку деформовності металів при операціях висаджування і зворотного витискування методом ШО здійснювали для заготовок, представлених на рис. 4.

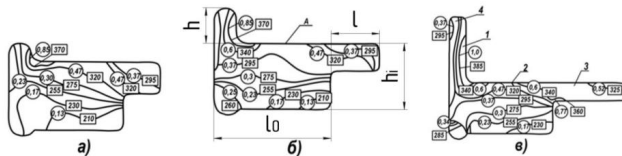


Рисунок 4 - Розподіл ізольованій інтенсивності деформацій $\epsilon_i = const$ (○) і інтенсивності напружень $\sigma_i = const$ (□) в перерізах сформованих ШО кільцевих заготовок з міді М06

Оцінку доформовності проводили на основі феноменологічної теорії, для чого були побудовані криві граничних деформацій і шляхи деформування часток металу небезпечної зони заготовки в координатах « $\varepsilon_1 - \eta$ ».

На рис. 5 представлені криві граничних деформацій трьох сталей і шляхи деформування часток металу вільної поверхні фланця при його висаджуванні, у залежності від параметрів процесу ШО.

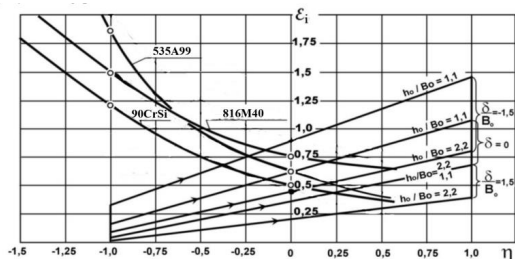


Рисунок 5 - Криві граничних деформацій сталей $\text{---}\bigcirc\text{---}$ і шляхи деформування $\text{---}\blacktriangleright\text{---}$ вільної поверхні периферійної частини фланця при висаджуванні методом ШО (h_0, b_0 - вихідна під обкочування висота і товщина стінки трубної заготовки, δ - величина зміщення вершини конічного валка від осі заготовки)

На основі критерію В. А. Огороднікова нами отримано співвідношення для визначення граничного діаметра фланця d_* :

$$d_* = d_0 \exp \left\{ 0,865 \varepsilon_* (\eta = 0) \exp(-\eta_k \ln \lambda) w - 0,14 \left[\varepsilon_* (\eta = 0) \exp(-\eta_k \ln \lambda) w \right]^2 \right\}, \quad (5)$$

де d_0 – вихідний діаметр заготовки; $\varepsilon_*(\eta = 0)$ - гранична деформація при крученні; η_k - значення показника η в точці перетину шляху деформування часток матеріалу вільної поверхні фланця з кривою граничних деформацій; $\lambda = \varepsilon_*(\eta = -1) / \varepsilon_*(\eta = 0)$ - показник чутливості пластичності матеріалу до схеми напруженого стану; $\varepsilon_*(\eta = -1)$ - гранична деформація при одновісному стиску; w - коефіцієнт впливу історії деформування на пластичність, при висаджуванні фланців методом ШО, $w = 1, 2 \dots 1, 35$.

Висновки

За результатами дослідження напружено-деформованого стану матеріалу заготовок в процесах ШО, побудови кривих граничних деформацій та з використанням феноменологічного критерія проведена оцінка доформовності матеріалів для небезпечних зон заготовок. Визначена величина використаного ресурсу пластичності для проміжних ступенів деформацій, а також граничних (без руйнування) розмірів заготовок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Огородников В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В. А. Огородников. – Киев: Вища школа. 1983. – 175 с.
2. Матвійчук В. А. Совершенствование процессов локальной ротационной обработки давлением на основе анализа деформируемости металлов: Монография / В. А. Матвійчук, И. С. Алиев. – Краматорск: ДГМА, 2009. – 268 с.
3. Михалевич В. М. Тензорні моделі накопичення пошкоджень / В. М. Михалевич. – Вінниця: „УНІВЕРСУМ – Вінниця”. 1998. – 195 с.
4. Михалевич В. М. Аппроксимация кривых предельной деформации сплайн-функциями / В. М. Михалевич, Л. И. Алиева // Обработка металлов давлением: сборник научных трудов. — Краматорск : ДГМА. — 2010. — №3(24). — С. 3—10.

Матвійчук Віктор Андрійович, д-р техн. наук, професор, декан інженерно-технологічного факультету, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, vamatv50@gmail.com.

Михалевич Володимир Маркусович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри вищої математики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, ymykh@yandex.ua.

Колісник Микола Анатолійович, аспірант, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, kolisnik30@gmail.com.

DEVELOPMENT AND STUDY OF PROCESSES STOPPING BY CURRENT COMPOSITION OF PROFESSIONAL PACKAGES

Abstract

In the article the development and research of various technological schemes of the process of stamping by screwing with cylindrical and tapered rolls for obtaining difficult profile blanks has been carried out. It is shown that achievement of significant sizes of various elements of the work piece is possible by providing a directed flow of metal by changing the mutual position of the roll and work piece. The most effective stamping operations are landing, deposition and retrieval. The zones of work pieces which are deformed in the conditions of a "hard" stress state are established, therefore, for the determination of technological possibilities for them, an assessment of the deformability of metals should be made. The manufacture of thin-walled elements of the work piece using a reverse extrusion operation is accompanied by the appearance of significant contact stresses, therefore, for preventing the roll off of the work piece, the rollers of the support should be provided.

Keywords: difficultly profiled work piece, stamping by obliteration, cylindrical and conical rolls, deformability.

Matviichuk Viktor, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Dean of the engineering and technology faculty, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, vamatv50@gmail.com.

Mykhalevych Volodymyr, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair for Higher Mathematics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, ymykh@yandex.ua

Kolisnyk Mykola, Postgraduate Student, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, kolisnik30@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАСТИЧНОСТІ ЧАВУНУ В УМОВАХ ВСЕБІЧНОГО СТИСКАННЯ

¹Центральноукраїнський національний технічний університет,

Анотація

У роботі розглянуто спосіб визначення пластичності малопластичних матеріалів. Розроблені пристрій та методика проведення досліджень. В експериментах досягнуті значні деформації крихкого чавуну. Отримані результати дозволили побудувати діаграму пластичності чавуну в області високого гідростатичного стиснення.

Ключові слова: чавун, пластичність, деформація, стиснення, коефіцієнт жорсткості напруженого стану, діаграма пластичності

Якість поверхневого шару досягається на стадії отримання заготовки, її подальшій обробці і залежить, передусім, від технологічного методу обробки поверхні, що забезпечує отримання оптимальної шорсткості в зоні контактування і необхідних фізико-механічних властивостей робочих поверхонь деталі [1]. Крім зазначених показників, для оцінки якості обробленої деталі широко використовують параметр, що характеризує здатність матеріалу деформуватися без руйнування або значного накопичення внутрішніх дефектів – пластичність [2, 3]. Дослідження показників пластичності є особливо важливим при обробці пластичним деформуванням малопластичних матеріалів, в тому числі такого конструкційного матеріалу як графітовмісткий чавун, можливості пластичної формозміни якого обмежені руйнуванням [4].

Для проведення випробувань розроблено і виготовлено спеціальний пристрій, що складається з досліджуваного зразка, зв'язаного з обіймою для стиснення, а також двох пуансонів [5]. Причому зразок, що досліджувався, являє собою втулку з нескінченною товщиною стінки, яка пластично не деформується. Осьове стиснення для зменшення впливу сил тертя виконується двома пуансонами, що переміщуються один назустріч одному із зусиллям P . Зразок при стиснанні деформувався в осьовому і радіальному напрямках.

В якості об'єкту дослідження був обраний збірний зразок, що складається з тонкостінної втулки із чавуну СЧ20 і пластичного матеріалу (латунь і мідь). Початок руйнування фіксувався у момент появи характерного короткочасного хрусткого звуку, падінням сили, а також перетворювачем сили і переміщень з самописним приладом.

Для стиснення збірного зразка використовувалося наступне поєднання матеріалів: «чавун СЧ20-латунь Л63». Слід зазначити, що латунь Л63 – матеріал, що зміцнюється, який ефективно використовується в якості антифрикційного покриття. Для цієї пари збірного зразка осьова деформація до руйнування складає $k = -0,096$. Встановлено, що разом з появою пластичних ділянок висчерпання ресурсу пластичності, тріщина має ділянку крихкого руйнування. Проведені дослідження дозволили встановити, що при деформації збірного зразка «чавун СЧ20 - латунь Л63» накопичена деформація чавунного зразка складає $\epsilon_0 = 39\%$ при коефіцієнті жорсткості $\eta = -1,89$.

Наступний експеримент виконувався для складеного з трьох втулок зразка: «мідь М1 - чавун СЧ20 - мідь М1». Розміри зразка забезпечили деформацію при $\eta = -3,6$. В цьому випадку була досягнута ще більша пластична деформація до руйнування – $\epsilon_0 = 78\%$ при осьовій деформації $k = -0,28$. При розрізанні верхньої частини мідної втулки на поверхні чавунного зразка зафіксовані значні пластичні деформації.

Отримані дані дозволили уперше отримати діаграму пластичності для чавуну СЧ20, що включає ділянку, на якій деформація відбувається при значних від'ємних значеннях показника жорсткості напруженого стану [6].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рыжов Э.В. Технологическое обеспечение качества деталей с покрытиями / Э.В. Рыжов, С.А. Клименко, О.Г. Гуцаленко – К.: Наук. думка, 1994. – 181 с.
2. Смялянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В. М. Смялянский – М. Машиностроение, 2002. – 300 с.
3. Колмогоров В.Л. Напряжения. Деформации. Разрушения [Текст] / В.Л. Колмогоров. – М.: Металлургия, 1970. – 229 с.
4. Шепеленко І.В. Особливості деформування протягування малопластичних матеріалів/ І.В. Шепеленко, Я.Б. Немировський, Ю.О. Цеханов и др. // Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС - 2020): матер. X Міжн. наук. – практ. конференції 23 – 24 вересня 2020 р., Чернівці, 2020. – Т.3. С.9 – 11.
5. Шепеленко І.В. Дослідження пластичності малопластичних матеріалів/ І.В. Шепеленко, Я.Б. Немировський, М.В. Красота // Сучасні тенденції розвитку машинобудування та транспорту: : матер. VII Міжн. наук. – практ. конференції, 11 – 13 листопада 2020 р., Кременчук, КрНУ, 2020. С.56 – 57.
6. Шепеленко І.В. До питання оцінки якості обробки деталей холодним пластичним деформуванням за показниками пластичності/ І.В. Шепеленко, Я.Б. Немировський, Ю.О. Цеханов и др. // Сучасні технології промислового комплексу – 2020: матер. VI Міжн. наук. – практ. конференції, 08 – 12 вересня 2020 р., випуск 6. – Херсон: ХНТУ, 2020. С.163 – 166.

Шепеленко Ігор Віталійович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, e-mail: kntucpfzk@gmail.com;

Цеханов Юрій Олександрович – доктор технічних наук, професор, кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, e-mail: kntucpfzk@gmail.com;

Немировський Яків Борисович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, e-mail: provotorova1951@gmail.com;

Мірзак Володимир Якович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри обробки металів тиском і спецтехнологій, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, e-mail: mirzak.moodle@gmail.com;

Гуцал Василь Іванович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри вищої математики та фізики, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, e-mail: vigutsul@ukr.net

THE INVESTIGATION OF IRON PLASTICITY IN CONDITIONS OF COMPREHENSIVE COMPRESSION

Abstract

The paper proposes a method for determining the plasticity of low-plastic materials. The device and a technique of carrying out researches are developed. Significant deformations of brittle cast iron were achieved in the experiments. The obtained results allowed to build a diagram of the ductility of cast iron in the region of high hydrostatic compression.

Key words: cast iron; plasticity; deformation, compression, stress stiffness coefficient, plasticity diagram

Shepelenko Ihor – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor Department of Exploitation and Repairing Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, e-mail: kntucpfzk@gmail.com;

Tsekanov Yuri – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor Department of Exploitation and Repairing Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, e-mail: kntucpfzk@gmail.com;

Nemyrovskiy Yakiv – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor Department of Ecology and Environment Protection, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, e-mail: provotorova1951@gmail.com;

Mirzak Volodimir – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor Department of Processing of Metals by Pressure and Special Technologies, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, e-mail: mirzak.moodle@gmail.com.

Gutsul Vasil – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor Department of Higher Mathematics and Physics, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, e-mail: vigutsul@ukr.net

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КОМБІНОВАНОГО ПРЯМОГО ВИДАВЛЮВАННЯ З РОЗДАЧЕЮ МЕТОДОМ ВЕРХНЬОЇ ОЦІНКИ

Донбаська державна машинобудівна академія¹,
Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова Національної академії наук України²

Анотація

В роботі представлено результати моделювання процесу комбінованого прямого видавлювання з роздачею з використанням методу верхньої оцінки. Аналіз на основі розробленої математичної моделі показав істотні відмінності в силовому режимі за рахунок зміни висоти контактної поверхні по ходу процесу, що треба враховувати при виборі величини переміщення інструменту при покрокових розрахунках.

Ключові слова: комбіноване пряме видавлювання, метод верхньої оцінки, приведений тиск, кінематично можливе поле швидкостей, коефіцієнт тертя.

Різновидом поперечно-прямого видавлювання з елементами радіальної течії металу є спосіб послідовного прямого видавлювання комбінованого з роздачею, використання якого дозволяє знизити сили деформування на пуансоні і підвищити його стійкість [1-3]. Представляє інтерес аналіз силового режиму такого способу в порівнянні з традиційними схемами видавлювання порожнистих деталей з глухим отвором. Оперативний наближений аналіз закономірностей впливу параметрів процесу на силовий режим можна забезпечити за допомогою методу верхньої оцінки (МВО). Розрахункова схема процесу (рис. 1, а) містить модулі для аналізу течії металу в характерних зонах деталі: в центральній зоні, де відбувається стиснення і поперечне видавлювання металу, і в перехідній, де на похилій ділянці (фасці) матриці метал піддається об'сисненню та розвороту.

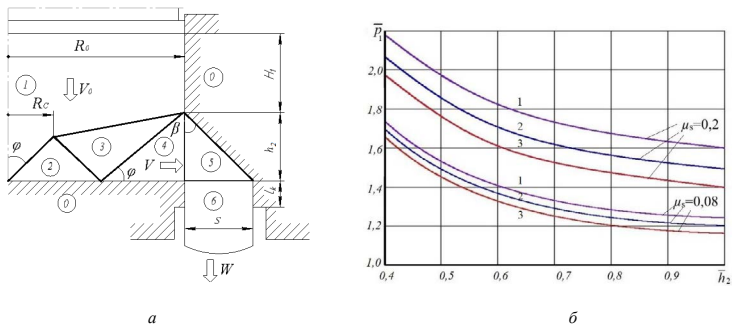


Рисунок 1 – Схема процесу комбінованого прямого видавлювання з роздачею для аналізу МВО (а) та залежність приведенного тиску від відносної товщини відростка при H_1 : 1 – 2,0; 2 – 1,5; 3 – 1,0 (б)

За основу брали кінематично можливе поле швидкостей, розроблене для двостороннього симетричного видавлювання пуансонами, які зустрічно рухаються, і складається з двох жорстких блоків [4].

Розрахункова формула приведенного тиску для процесу:

$$\bar{p}_1 = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{h_2} + \bar{h}_2 \right) + \mu_s \cdot \left(2 - \bar{h}_2 + \bar{H}_1 \right), \quad (1)$$

де $\bar{h}_2 = h_2/R_0$, $\bar{H}_1 = h_1/R_0$, μ_s коефіцієнт тертя за Зібелем.

На рис. 1, б наведено графік приведеного тиску для залежності (1). У розглянутому діапазоні значень h_2 тиск деформування зростає зі зменшення висоти h_2 , тобто немає на кривих лунки, яка б показала мінімум тиску p_1 . Також отримано очікуваний вплив тертя: зі зростанням значення коефіцієнта тертя приведений тиск збільшується. Наприклад, при $h = 0,6$ при зміні μ з 0,08 до 0,2 тиск зростає на 30%. При збільшенні відносно висоти контакту зони l H_1 в два рази, приведений тиск збільшується на 14%. Ці істотні зміни в силовому режимі, пов'язані зі зміною умов тертя або протяжності контактних поверхонь по ходу процесу, слід враховувати таким чином, що розрахунки процесів видавлювання треба виконувати для послідовних етапів деформування заготовки з достатньо невеликим кроком.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дмитриев А. М., Воронцов А. Л. Технологияковки и объемной штамповки. Часть 1. Объемная штамповка выдавливанием: учебник для вузов. Москва : Машиностроение–1. 2005. 500 с.
2. Алиева Л. И. Совершенствование процессов комбинированного выдавливания : монография. Краматорск: ООО «Тираж–51». 2018. 352 с.
3. Алиева Л. И. Процессы комбинированного деформирования и выдавливания. *Обработка материалов давлением*. Краматорск : ДГМА. 2016. 1 (42). С. 100–108.
4. Алиева Л. И., Титов А.В., Корденко М. Ю. Моделирование процессов поперечного бокового выдавливания. *Обработка материалов давлением*. Краматорск : ДГМА. 2019. 1 (48). С. 35–44.

Алиева Лейла Ізратодіівна, доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютеризованих дизайну і моделювання процесів і машин, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, leyliali2017@gmail.com.

Левченко Володимир Миколайович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний інженер відділу поширення радіохвиль в природних середовищах, Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова Національної академії наук України, Харків, goldangel271@gmail.com.

Картамішев Дмитро Олександрович, асистент кафедри автоматизації виробничих процесів, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, dima_kartamyshhev@ukr.net.

Корденко Марія Юрївна, аспірант кафедри обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, kordenko.mariia@gmail.com.

THE SIMULATION OF THE COMBINED FORWARDS EXTRUSION PROCESS WITH EXPANSION USING UPPER BOUND METHOD

Abstract

The thesis considers the results of modeling the process of combined forwards extrusion with expansion using the upper bound method. The analysis based on the developed mathematical model showed significant differences in the power mode due to changing the height of the contact surface during the process, that have been taken into account when choosing the value of the tool displacement during step-by-step calculations.

Keywords: combined forwards extrusion, upper bound method, unit pressure, kinematically possible velocity field, friction coefficient.

Aliieva Leila, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Computer Design, Processes and Machine Simulation Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, leyliali2017@gmail.com.

Levchenko Volodymyr, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Lead Engineer of Department of Radiowave Propagation in Natural Media, O.Ya. Usikov Institute for Radiophysics and Electronics National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, goldangel271@gmail.com.

Kartamyshhev Dmytro, Assistant of the Department of Manufacturing Processes and Automation Engineering, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, dima_kartamyshhev@ukr.net.

Kordenko Mariia, PhD student of the Metal Forming Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, kordenko.mariia@gmail.com.

КОМБІНОВАНЕ ВИДАВЛЮВАННЯ ПОРОЖНИСТИХ ДЕТАЛЕЙ З ФЛАНЦЕМ

Донбаська державна машинобудівна академія,

Анотація

В роботі розглянуто варіанти виготовлення способом радіально-прямого видавлювання порожнистих деталей типу стаканів з фланцем, який розташований у придонній частині деталі. Підтвердження можливості комбінування схем послідовного і суміщеного видавлювання в одному процесі, що забезпечує розширення номенклатури за рахунок отримання виробів складної форми.

Ключові слова: штампування, порожниста деталь, стакан з фланцем, радіально-пряме видавлювання, послідовне і суміщене видавлювання.

Отримання порожнистих деталей із зовнішніми фланцями хоча б невеликих розмірів сприяло б значному розширенню можливостей технологій об'ємного штампування. Обробка донної частини тонкостінної гільзи, незважаючи на відносну простоту операції, становить труднощі, тому що є небезпека викривлення форми готової частини тонкостінної стінки виробу. Способи послідовного прямого і радіально-прямого видавлювання з роздачею являються ефективними методами виготовлення деталей типу стаканів і глибоких гільз [1, 2]. А способи суміщеного радіально-поздовжного видавлювання доцільно застосувати при отриманні деталей з фланцем [3]. Тому інтерес представляє спосіб поєднання в одному процесі послідовного і суміщеного способів деформування.

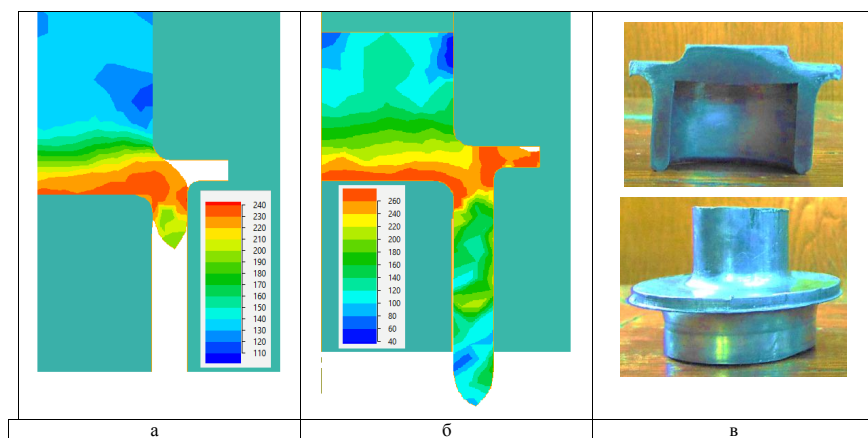


Рисунок 1 – Етапи (а, б) комбінованого видавлювання порожнистої деталі з фланцем (в)

При МСЕ моделюванні були розглянуті варіанти оформлення фланця на початковій, на проміжній і на заключній стадіях процесу. У першому випадку фланець заповнюється досить швидко, навіть з утворенням утягнення у порожнині, потім метал змушений був переміщатися вниз повз фланця. Ця відома особливість суміщеного видавлювання стрижнів з фланцем [86] може

привести до руйнування фланця. Крім того, неузгодженість висот дону деталі і власне зовнішнього фланця може привести до появи дефекту типу «козирка», який потім залишався на торці (кромці) стакану або гільзи. Підбором висот фланця і радіусів округлення кромок матриць можливе утворення якісного виробу. Однак, при цьому внаслідок значних зсувних деформацій небезпека відриву фланця від стінки порожнистої деталі, особливо при видавлюванні високої деталі, залишається. В результаті досліджень встановлено можливість виготовлення бездефектних деталей при комбінуванні суміщеного видавлювання саме зі способом прямого видавлювання з роздачею (рис. 1), коли розділ потоків металу, спрямованих в прямому і поперечному напрямкам, в зоні розвороту можливий за рахунок підбору радіусів закруглень матриці. Це пов'язано з тим, що при прямому видавлюванні в зоні розвороту ще немає однозначно поперечного вектора течії металу, що значно полегшує розділення потоків в сумішених напрямках.

Для підтвердження достовірності результатів МСЕ-моделювання використані результати дослідів з комбінованого видавлювання порожнистих деталей зі складним зовнішнім контуром. Мірні заготовки діаметром 28 мм і висотою від 55 до 65 мм виготовлені з алюмінієвого прокату і свинцю С1. Отримані шляхом регулювання технологічних параметрів порожнисті деталі мали профільовані бічні поверхні з фланцем (рис. 1, в).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алиев И. С. Технологические возможности новых способов комбинированного выдавливания. *Кузнечно-штамповочное производство*. 1990. 2. С. 7–10.
2. Алиева Л. И. Совершенствование процессов комбинированного выдавливания: монография. Краматорск: ООО «Тираж–51». 2018. 352 с. ISBN 978-966-379-846-2.
3. Алиева Л. И., Малий К.В., Таган Л.В. Совершенствование процессов холодного выдавливания полых деталей: монография. Краматорск: ООО «Тираж–51». 2020. 256 с. ISBN 978-966-379-960-5.

Алієв Іграмотдін Серажутдінович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, igramaliev@gmail.com.

Картамішев Дмитро Олександрович, асистент кафедри автоматизації виробничих процесів, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, dima_kartamyshev@ukr.net.

Малій Христіна Василівна, кандидат технічних наук, старша викладачка кафедри обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, kristina.v.goncharuk@gmail.com.

Таган Любов Вікторівна, кандидат технічних наук, старша викладачка кафедри обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, l.vik.tagan@gmail.com.

COMBINED EXTRUSION OF HOLLOW PARTS WITH FLANGE

Abstract

The paper considers a variant of manufacturing by the method of radial-direct extrusion of hollow parts such as cups with a flange, which is located in the bottom part of the part. The possibility of combining sequential and combined extrusion schemes in one process is confirmed, which provides expansion of the nomenclature due to obtaining products of complex shape.

Key words: stamping, hollow parts, cup with flange, radial-direct extrusion, sequential and combined extrusion.

Алієв Іграмотдін, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Metal Forming Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, igramaliev@gmail.com.

Картамішев Дмитро, Assistant of Department of the Manufacturing Processes and Automation Engineering, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, dima_kartamyshev@ukr.net.

Малій Христіна, Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Lecturer of the Metal Forming Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, kristina.v.goncharuk@gmail.com.

Таган Любов, Candidate of Technical Sciences (PhD), Senior Lecturer of the Metal Forming Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, l.vik.tagan@gmail.com.

ФОРМОУТВОРЕННЯ ПОРОЖНИСТИХ ДЕТАЛЕЙ ЗВОРотно–ПРЯМИМ (З РОЗДАЧЕЮ) ВИДАВЛЮВАННЯМ

Донбаська державна машинобудівна академія

Анотація

В роботі представлено результати моделювання процесу комбінованого зворотного–прямого (з роздачею) видавлювання з використанням методу скінчених елементів. виконання прямого видавлювання з елементами роздачі металу, сприяє збільшенню глибини порожнисті деталі, яка формується нижнім пуансоном.

Ключові слова: комбіноване зворотне–пряме видавлювання, метод скінчених елементів, порожниста деталь, формоутворення, напружено-деформований стан.

Процеси точного об'ємного штампування (ТОШ) видавлюванням відрізняються підвищеною продуктивністю, якістю і ресурсозбереженням [1]. Поява поряд з традиційними способами поздовжнього прямого і зворотного видавлювання нових схем поперечного радіального і бокового видавлювання сприяло значному підвищенню складності форми деталей, що штампуються [2]. Подальше розширення технологічних можливостей процесів ТОШ пов'язане з комбінуванням цих двох груп способів видавлювання [3]. Включення в процес видавлювання елементів радіальної течії металу в напрямку від центру до периферії, тобто з роздачею, викликає зниження гідростатичного тиску в осередку деформування і енергосилових параметрів процесу. Навіть при прямому видавлюванні порожнистих деталей незначне збільшення діаметру деталі у порівнянні з діаметром вихідної заготовки супроводжується помітною зміною сил видавлювання [4].

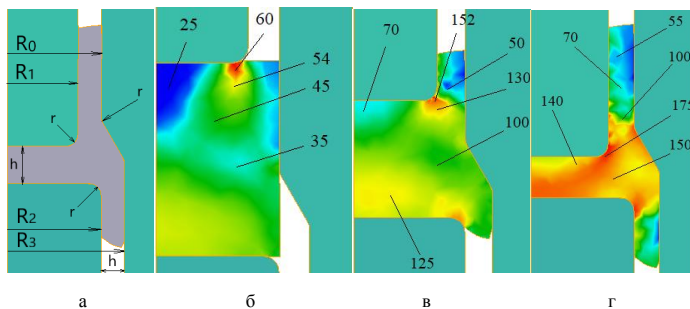


Рисунок 1 – Схема процесу зворотного–прямого (з роздачею) видавлювання порожнисті деталі (а) з розподілом по вертикальному перетину напруження на початковій стадії видавлювання (б), в момент формування осередку деформування (в) і на кінцевій стадії деформування (г)

Різновидом поперечно–прямого видавлювання з елементами радіальної течії металу є спосіб послідовного прямого видавлювання комбінованого з роздачею, використання якого дозволяє знизити сили деформування на пуансоні і підвищити його стійкість [1-3]. Представляє інтерес аналіз силового режиму такого способу в порівнянні з традиційними схемами видавлювання

порожнистих деталей з глухим отвором. Дослідження можливого отримання без дефектів порожнистої деталі складної форми з двома порожнинами в процесі комбінованого зворотно-прямого (з роздачею) видавлювання. Для реалізації цього процесу потрібно використовувати один рухомий активний пуансон, нижній контр-пуансон та матрицю з розширенням отвору у нижній частині (див. рис. 1,а).

Моделювання процесу було виконано в програмі QForm 3D. Матеріал заготовки АД1. Значення прийнятих геометричних параметрів деталі яка видавлюється, а відповідно і інструментів, наступні: R_0 – радіус заготовки який дорівнює радіусу нижньої порожнини деталі R_2 ($R_0=20$ мм), R_1 – внутрішній радіус верхньої порожнини ($R_1= 15$ мм), R_3 – зовнішній радіус найбільшої порожнини ($R_3= 25$ мм), r – радіус заокруглення кромки матриць та пуансонів ($r=2,5$ мм), s – товщина стінки деталі ($s=5$ мм), h – товщина перемички між верхньою та нижньою порожнинами ($h=8$ мм).

Встановлено, що в комбінованому процесі зворотно –прямого видавлювання, виконання прямого видавлювання з елементами роздачі металу, сприяє збільшенню глибини порожнини деталі, яка формується нижнім пуансоном

Найбільші значення напруження з розподілом по вертикальному перетину на початковій стадії видавлювання спостерігається у кромки пуансону (63 МПа), в момент формування осередку деформації (152 МПа), і на кінцевій стадії деформування (175МПа).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дмитриев А. М., Воронцов А. Л. Технологияковки и объемной штамповки. Часть 1. Объемная штамповка выдавливанием: учебник для вузов. Москва : Машиностроение–1. 2005. 500 с.
2. Aliev I.S. Radial extrusion processes. *Soviet Forging and Metal Stamping Technology (English Translation of Kuznechno-Shtampovochnoe Proizvodstvo)*, 1988, Part 3, pp. 54–61 ..ISSN: 0891-334x
3. Алиева Л. И. Совершенствование процессов комбинированного выдавливания : монография. Краматорск: ООО «Тираж–51». 2018. 352 с.
4. Kalyuzhnyi V. L., Aliieva L. I., Kartamyshev D. A., Savchinskii I. G. Simulation of Cold Extrusion of Hollow Parts. *Metallurgist*. 61. 5-6, 2017, pp. 359-365. <https://doi.org/10.1007/s11015-017-0501-1>

Алієв Іграмотдін Серажутдінович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, igramaliev@gmail.com.

Чучин Олег Володимирович, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, ochuchin@gmail.com.

Савчинський Іван Григорьевич, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, omd@dgma.donetsk.ua.

Моїсєєва Анна Михайлівна, аспірант кафедри обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, dima_kartamyshev@ukr.net.

FORMATION OF A HOLLOW PARTS BY BACKWARD–FORWARD (WITH DISTRIBUTION) EXTRUSION

Abstract

The paper presents the results of modeling the process of combined backward –forward (with distribution) extrusion using the finite element method. Performing, forward extrusion with elements of metal distribution, helps to increase the depth of the cavity of the part, which is formed by the lower punch.

Keywords: combined backward – forward extrusion, finite element method, hollow part, forming, stress-strain state.

Aliiev Igramotdin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Metal Forming Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, igramaliev@gmail.com.

Chuchin Oleg, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Metal Forming Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, ochuchin@gmail.com.

Savchinsky Ivan, Candidate of Technical Sciences, Docent, Docent of the Metal Forming Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, omd@dgma.donetsk.ua.

Moiseeva Anna, PhD-student of the Metal Forming Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, dima_kartamyshev@ukr.net.

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРИ РЕВЕРСИВНИХ СПОСОБАХ ПЛАСТИЧНОГО ФОРМОЗМІНЕННЯ

Вінницький національний аграрний університет

Анотація

Проведено оцінку напружено-деформованого стану при знакозмінній пластичній обробці металу, яка реалізується шляхом реверсного руху інструменту. Виконано дослідження особливостей кінематики деформування при немонотонній пластичній деформації, як одного із етапів при отриманні достовірної інформації про напружено-деформований стан.

Ключові слова: немонотонна пластична деформація, метод координатних сіток, компоненти тензора швидкостей деформації.

Аналіз напружено-деформованого стану при обробці металу по реверсним схемам пластичного деформування з метою дослідження кінематики деформування при немонотонній пластичній деформації показав, що суттєвої відмінності в результатах при використанні методу координатних сіток та методу скінчених елементів немає. І в цілому це дозволило зробити висновок, що моделювання методом скінчених елементів за допомогою програмного комплексу DEFORM відповідає реальній поведінці металу і його можна застосовувати для подальших досліджень [1].

Для визначення компонент тензора швидкостей деформацій $\dot{\epsilon}_j$, можна використовувати експериментально-розрахунковий метод координатних сіток або метод скінчених елементів. При дослідженні нестационарного процесу пластичної формозміни з використанням методу координатних сіток процес деформування розбивається на низку етапів, на кожному з яких, заміряються координати вузлів деформованої сітки, нанесеної на меридіональний переріз заготовки. Значення координат вузлів деформованої сітки представляються таблично у вигляді масивів поточних (ейлерових) координат z , r від початкових (лагранжевих) координат z_0 , r_0 і часу (номера етапу деформування).

Компоненти тензора швидкостей деформацій визначаються по викривленню координатної сітки, нанесеної на меридіональний переріз за формулами [2, 3, 4]

$$\begin{aligned}\dot{\epsilon}_r &= \frac{r}{r_0} \left[\frac{\partial z}{\partial z_0} \frac{\partial^2 z}{\partial z_0 \partial z} - \frac{\partial z}{\partial z_0} \frac{\partial^2 r}{\partial z_0 \partial z} \right], \quad \dot{\epsilon}_\theta = \frac{1}{r} \frac{\partial r}{\partial t}, \\ \dot{\epsilon}_z &= \frac{r}{r_0} \left[\frac{\partial r}{\partial z_0} \frac{\partial^2 z}{\partial z_0 \partial z} - \frac{\partial r}{\partial z_0} \frac{\partial^2 z}{\partial z_0 \partial z} \right] \\ \dot{\gamma}_{rz} &= \frac{r}{r_0} \left[\frac{\partial r}{\partial z_0} \frac{\partial^2 r}{\partial z_0 \partial z} + \frac{\partial z}{\partial z_0} \frac{\partial^2 z}{\partial z_0 \partial z} - \frac{\partial r}{\partial z_0} \frac{\partial^2 r}{\partial z_0 \partial z} - \frac{\partial z}{\partial z_0} \frac{\partial^2 z}{\partial z_0 \partial z} \right].\end{aligned}\quad (1)$$

Експериментальні дані у вигляді таблично заданих функцій поточних (ейлерових) координат і початкових (лагранжевих) використовують для отримання функцій ейлерових координат від лагранжевих $z(z_0, r_0, t)$ і $r(z_0, r_0, t)$ шляхом апроксимації експериментальних даних кубічними сплайнами. Для оцінки якості апроксимації у цьому випадку застосовується функціонал [5]

$$I_1(S) = \int_{x_1}^{x_N} |S''(x)|^2 dx + \sum_{i=1}^N \frac{1}{\rho_i} (f_i - S(x_i))^2, \quad (2)$$

де f_i - значення функції, що згладжується у вузлі,

$\rho_i \geq 0$ - ваговий коефіцієнт,

x_1 і x_N - границі області визначення функції $f(x)$.

Для одержання апроксимації експериментальних даних, що мають найменше відхилення від умови нестисливості

$$\frac{\partial r}{\partial r_0} \frac{\partial z}{\partial z_0} - \frac{\partial r}{\partial r_0} \frac{\partial z}{\partial r_0} = \frac{r_0}{r} \quad (3)$$

використовується ітераційний вибір вагових коефіцієнтів сплайна. Початкове наближення будуватиметься з нульовими ваговими коефіцієнтами сплайна $\rho_0^{ij} = 0$. Потім реалізується ітераційний процес

$$\rho_{k+1}^{ij} = \left(\frac{\delta_{Dk}^{ij}}{\delta_k} \right)^2 \rho, \quad (4)$$

де δ_D – базова похибка виконання умови нестисливості, яку приймали рівною 0,05,
 ρ - базовий коефіцієнт згладжування (в результаті чисельних експериментів встановлено, що найменша середня похибка досягається при $\rho=0.1 \dots 0.01$),
 k – номер ітерації.

В i, j - ому вузлі точність виконання умови (3) визначається за виразом

$$\delta_D^{ij} = \left[\frac{r}{r_0} \left(\frac{\partial r}{\partial r_0} \frac{\partial z}{\partial z_0} - \frac{\partial r}{\partial r_0} \frac{\partial z}{\partial r_0} \right) - 1 \right]. \quad (5)$$

Після апроксимації експериментальної інформації тим чи іншим способом отримані функції використовуються у співвідношеннях (1) для розрахунку компонент тензора швидкостей деформації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мирошніченко С. В.,. Анализ сложного напряженно-деформированного состояния металла, возникающего при воздействии интенсивного пластического деформирования методом реверсивной закрытой прошивки / С. В. Мирошніченко, В. Н. Варюхин / Физика и техника высоких давлений. – 2017. - том 27, № 3. – С. 5-17.
2. Огородников В. А. Энергия. Деформации. Разрушение (задачи автотехнической экспертизы) / В. А. Огородников, В. Б. Киселёв, И. О. Сивак. – Винница: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 204 с.
3. Сивак Р. І. Визначення компонент тензора напружень при немонотонній пластичній деформації / Р. І. Сивак, В. А. Огородников, І. О. Сивак // Вісник машинобудування та транспорту. – 2015. - №1. – С. 111-119.
4. R. Sivak, "Evaluation of metal plasticity and research of the mechanics of pressure treatment processes under complex loading", Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6/7 (90), p. 34-41, 2017. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.115040.
5. Завьялов Ю. С. Методы сплайн-функций / Ю. С. Завьялов, Б. И. Квасов, В. Л. Мирошніченко. - М.: Наука, 1980. – 352 с.

Сивак Роман Іванович, д. т. н., доцент, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, sivak_r_i@ukr.net.

Залізняк Роман Олександрович, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, pacifstroma@gmail.com.

ANALYSIS OF THE STRESSED AND DEFORMED STATE AT REVERSE METHODS OF PLASTIC FORMING

Abstract

An assessment of the stress-strain state during alternating plastic processing of metal, which is realized by reverse movement of the tool. A study of the features of the kinematics of deformation in nonmonotonic plastic deformation, as one of the stages in obtaining reliable information about the stress-strain state.

Keywords: nonmonotonic plastic deformation, coordinate grid method, components of strain rate tensor.

Sivak Roman, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of General Technical Disciplines and Labor Protection, Vinnytsia national agrarian university, Vinnytsia, sivak_r_i@ukr.net.

Zalozniak Roman, Vinnytsia national agrarian university, Vinnytsia, pacifstroma@gmail.com.

СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ ФОРМИ ПОПЕРЕДНЬО ДЕФОРМОВАНОЇ ЛИСТОВОЇ ЗАГОТОВКИ

Вінницький національний аграрний університет

Анотація

Запропоновано спосіб багатоступеню пластичного деформування листової заготовки, при якому на першому етапі листову заготовку певним чином деформують, а на другому етапі за допомогою інструменту із сферичним наконечником заготовці повертається початкова форма. Даний процес передбачає отримання керованої анізотропії механічних властивостей деформованого матеріалу.

Ключові слова: листова заготовка, багатоступеню деформування, анізотропія механічних властивостей.

Для накопичення заданого ступеню деформації на даний час існують способи багаторазового деформування листових заготовок, в яких використовують можливості процесу рівноканального кутового витягування [1], здійснюється знакомісний пружнопластичний повздовжній вигин металу на роликівих машинах [2] тощо.

Основними ознаками даних способів є застосування в них поетапного багаторазового деформування листових заготовок шляхом здійснення додаткових кінематичних рухів інструменту або заготовки для накопичення необхідного ступеню деформації.

Спосіб, що пропонується, дозволяє отримати керовану анізотропію властивостей і необхідний рівень фізико-механічних властивостей по об'єму листової заготовки. Такого ефекту можна досягти, якщо відновлювати форму осередку деформації, який може мати різну геометричну форму (напівсфера, конус, піраміда тощо).

Задача удосконалення способу відновлення попередньо деформованої листової заготовки, розв'язується шляхом виконання багаторазового деформування осередку деформації заготовки інструментом із сферичним наконечником, який рухається по контуру осередку деформації поступово наближаючись до центру. Деформування відбувається за кілька переходів до повного відновлення форми листової заготовки. Таким чином, в залежності від форми осередку деформації формується певна орієнтація зерен і структура, а також керований розподіл фізико-механічних властивостей по об'єму заготовки [3].

Осередок деформації попередньо деформованої заготовки пластично обробляється інструментом із сферичним наконечником, що прикладається із сталим зусиллям, шляхом багаторазового деформування. При цьому інструмент рухається по контуру осередку деформації поступово наближаючись до центру, деформування відбувається за кілька переходів до повного відновлення початкової форми листової заготовки.

Листову заготовку 2 попередньо деформують сферичним, конусоподібним або індентором будь-якої іншої геометричної форми (рис. 1). На краю утвореного осередку деформації 4 встановлюється інструмент 1 із сферичним наконечником, що створює стале по величині зусилля. Інструмент починає рухатись по контуру осередку деформації, повторюючи його форму, поступово наближаючись до центру. Такий рух інструменту по умовній траєкторії 3 багаторазово повторюється до повного відновлення форми листової заготовки. Для реалізації даного процесу заготовку у вигляді листа розмірами 120×120 та товщиною 0,5 мм із міді М1 встановлювали на робочий стіл станка, фіксували по периметру і за допомогою індентора будь-якої геометричної форми деформували до певного ступеню деформації. Потім заготовку переустановлюють утвореною випуклою стороною осередку деформації доверху і на краю

осередку встановлювали інструмент із певним сталим зусиллям притиску. Рухом робочого столу інструмент пересували по контуру осередку деформації поступово наближаючись до центру. Такі рухи повторювали багаторазово до повного відновлення попередньої форми листової заготовки. Зазвичай достатньо зробити в межах 3 або 4 таких переходів в залежності від ступеню попередньої деформації листової заготовки.

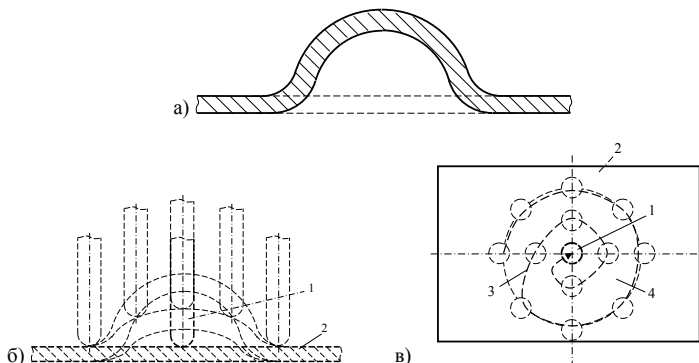


Рисунок –1 –Принципова схема процесу відновлення початкової форми листової заготовки поетапним пластичним деформуванням

Застосування запропонованого способу дозволяє отримати керовану анізотропію механічних властивостей по об'єму деформованої листової заготовки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент u 2011 14586, МПК B21D 5/06. Спосіб багаторазової деформації листових стрічок та смуг / Тарасов О.Ф., Тарасов С.О. - №71229; заявл. 08.12.2011; опубл. 10.07.2012. Бюл. №13
2. Патент u 2012 07396, МПК B22F 3/03. Спосіб багаторазової інтенсивної пластичної деформації заготовки зі зміною напрямку деформування / Тарасов О. Ф., Алтухов О. В. - №76206; заявл. 18.06.2012; опубл. 25.12.2012. Бюл. №24
3. R. Sivak, "Evaluation of metal plasticity and research of the mechanics of pressure treatment processes under complex loading", Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6/7 (90), p. 34-41, 2017. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.115040.

Сивак Роман Іванович, д. т. н., доцент, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, sivak_r_i@ukr.net.

Рекечинський Володимир Іванович, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, volodimir_rekecinskiy@ukr.net.

METHODS OF RESTORING THE FORM OF PRE-DEFORMED SHEET BLANK

Abstract

A method of multi-stage plastic deformation of the sheet blank is proposed, in which at the first stage the sheet blank is deformed in a certain way, and at the second stage the initial shape is returned to the workpiece by means of a tool with a spherical tip. This process involves obtaining controlled anisotropy of the mechanical properties of the deformed material.

Keywords: sheet blank, multistage deformation, anisotropy of mechanical properties.

Sivak Roman, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of General Technical Disciplines and Labor Protection, Vinnytsia national agrarian university, Vinnytsia, sivak_r_i@ukr.net.

Rekechynskiy Volodymyr, Vinnytsia national agrarian university, Vinnytsia, volodimir_rekecinskiy@ukr.net.

КРИТЕРІЇ ДЕФОРМОВНОСТІ ТА ЯКІСТЬ ВИРОБІВ, ОТРИМАНИХ ОБРОБКОЮ ТИСКОМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Оцінка деформовності заготовок, розрахунок граничних технологічних параметрів ґрунтується на аналізі критеріїв деформовності. В якості скалярної величини міри пошкоджуваності прийнято критерій деформовності для характеристики процесів обробки тиском, які супроводжуються монотонним, проте складним деформуванням. Для оцінки граничних технологічних параметрів в процесах, що супроводжуються немонотонним деформуванням, пошкоджуваність рекомендовано характеризувати тензором другого рангу, а в якості критерію міри пошкоджуваності прийняти інваріанти тензора. В умовах об'ємного напруженого стану враховано вплив швидкості зміни показника напруженого стану η . Визначено доцільність застосування критеріїв деформовності для відповідних значень зміни показника η та кривини шляхів деформування.

Ключові слова: критерії деформовності, процеси обробки тиском, показник напруженого стану, діаграма пластичності, крива течії, немонотонне деформування

Якість виробів машинобудування та транспорту суттєво пов'язана з технологічною спадковістю. В обробці металів тиском, що супроводжується значними пластичними формозмінами, основну роль відіграє використаний ресурс пластичності, точне визначення якого на стадії проєктування технологічних операцій, в кінцевому рахунку забезпечує отримання виробів високої якості. Появі нових методів обробки тиском та матеріалів зі складною реологією передують необхідність розв'язання низки проблем, а саме – втрати стійкості пластичного деформування, руйнування металу в процесі його обробки, надмірне зростання розміру зерна після холодного пластичного деформування та наступної термообробки, критична пористість, яка виникає в процесі деформації порошкових матеріалів та інших проблем, які можуть бути розв'язані лише за умови наукового забезпечення феноменологічної теорії деформовності. Наукове забезпечення феноменологічної теорії базується на застосуванні експериментальних даних про механічні властивості матеріалів.

В теоріях деформовності [1-3] використано уявлення про те, що руйнування настає при досягненні в металі напружень, при яких порушується суцільність. Для незначних значень пластичних деформацій для крихких металів такі теорії забезпечують повну кореляцію. Проте для значних пластичних деформацій, особливо, коли крива течії сягає пологої форми, прогнозування появи граничного стану характеризується певними похибками. У зв'язку з цим критерії, які ґрунтуються на обмеженнях, що накладаються на значення деформацій, заслуговують більш ретельного дослідження для оцінки граничного стану. До них відносять критерії, які відомі з праць О. Мора, М. М. Давіденкова, Я. Фрідмана, С. І. Губкіна, Г. О. Смірнова-Аляєва, В. Л. Колмогорова, Г. Д. Деля, Ю. Г. Калпина, В. М. Міхалевича та ін. для розрахунку використаного за операцію ресурсу пластичності в одно-перехідних процесах обробки тиском в якості міри пошкоджуваності використовують скалярну характеристику граничної деформації. Найбільш простим критерієм, за допомогою якого виконують оцінку значення граничних деформацій, виступає критерій, який можна записати у вигляді:

$$\psi = \frac{\int_0^{\eta_p} \bar{e}_n d\tau}{e_p(\eta)} \leq 1, \quad (1)$$

де $e_p(\eta)$ – гранична деформація на момент появи перших тріщин, ψ – використаний ресурс пластичності. В критерії (1) величина e_p залежить від температури випробувань, швидкості деформацій та показника напруженого стану η , якому відповідає на момент руйнування металу:

$$\eta = \frac{3\sigma}{\sigma_u} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{\sigma_u}, \quad (2)$$

Відповідно до критерія Г. О. Смірнова-Аляєва, показник η впливає на величину e_p . При цьому не враховано ні історію деформування, ні граничну деформацію, при якій відбулося руйнування. Критерій деформовності В. Л. Колмогорова [3] відповідає гіпотезі про пропорційну залежність між накопиченою пошкоджуваністю та приростом деформації у вигляді:

$$\psi = \int_0^{t_p} E(t-\tau)B(\tau) \frac{\dot{e}_u(\tau)}{e_p[\eta(\tau)]} d\tau \leq 1, \quad (3)$$

де \dot{e}_u – інтенсивність швидкості деформації; $B(\tau)$ – величина, що враховує швидкість розвитку тріщин та їх заліковування при холодному деформуванні; $E(t-\tau)$ – коефіцієнт, що враховує самозаліковування дефектів в умовах високих температур.

Практичне використання критерія (3) досить ускладнено, оскільки відсутні дані про значення коефіцієнтів $E(\tau)$ та $B(\tau)$ для відповідних процесів пластичного деформування. Тому ці величини зазвичай приймають рівними одиниці:

$$\psi = \int_0^{e_p} \frac{d\bar{e}_u}{[e_p(\bar{e}_u)]} \leq 1, \quad (4)$$

Для простих видів навантаження, критерій (4) зводиться до критерію (1), якщо припустити в критерії (3) величину $B(\tau) = 1$; а параметр напруженого стану η вважати сталою величиною $\eta_1 = const$. В загальному виді до заданої функції $e_i(\eta)$ та діаграми пластичності можна встановити залежність $e_p(e_i)$, та після виконання інтегрування (4) оцінити деформовність. В роботах В. А. Огороднікова [4] досліджена ця залежність граничної деформації від схеми напруженого стану, історії деформування та градієнта пластичних деформацій. Відповідно до даних робіт Г. Д. Деля [6, 7] критерій деформовності, який враховує нелінійний характер накопичення пошкоджуваності та відмінні шляхи навантаження металу, пропонується у вигляді:

$$\psi = \int_0^{e_p} \left(1 + a \operatorname{arctg} \frac{d\eta}{d\bar{e}_u} \right) \frac{\bar{e}_u^{a \operatorname{arctg} \frac{d\eta}{d\bar{e}_u}}}{[e_p(\bar{e}_u)]^{1 + a \operatorname{arctg} \frac{d\eta}{d\bar{e}_u}}} d\bar{e}_u \leq 1, \quad (5)$$

де $a = 0,2$ для матеріалів з різним ступенем зміцнення.

Застосування критерію (1) для процесів, в яких шлях деформування та швидкість зміни показника $\eta(d\eta/de_u)$ суттєво відмінні, призводить до значної розбіжності експериментальних та теоретичних даних. Критерій (5) забезпечує відповідну кореляцію даних розрахунку та дослідів. Розбіжність результатів розрахунку за критеріями (1) та (5) сягає ~ 60% (наприклад, для операцій ротаційного кування валів [4]). На коефіцієнт парної кореляції відповідно до результатів розрахунку граничних деформацій за критеріями (4) і (5) суттєво впливає кривина траєкторії деформування $d\eta/de_u$. Для умови $d\eta/de_u > 4$ розрахунок за критерієм (5) відповідає експериментальним даним. Критерій деформовності [7-9], в якому враховані вказані вище уявлення, проте гранична формозміна при цьому обмежена величиною накопиченої енергії при пластичному деформуванні матеріалу, має вид:

$$\psi = \int_0^{e_p^*} \frac{\sigma_i de_i}{A_p(\eta)} \leq 1, \quad (6)$$

де ψ – енергетична ступінь використання запасу пластичності; $\sigma_i = Ce_i^n$ – інтенсивність напружень; C та n – константи кривої течії метала; $A_p(\eta)$ – питома робота формозміни на момент руйнування за умови сталого значення показника напруженого стану, тобто енергетичний аналог діаграми пластичності.

Енергетичні критерії за певних умов забезпечують достатню збіжність результатів розрахунку та експерименту. Вони застосовані для оцінки граничного стану пористих матеріалів. Проте неможливо передбачити величину ресурсу пластичності матеріалу (для заданої технологічної операції), відмінної від тої, для якої було виконано дослід, оскільки енергетичний шлях деформування визначається властивостями матеріалу. При використанні енергетичних критеріїв втрачається важлива властивість моделювання процесів для різних металів. За критеріями деформовності стає можливим оцінювання граничної формозміни для різних металів. При цьому достатньо на модельному матеріалі ретельно дослідити напружено-деформований стан [6]. Застосування критерію (5) можливо також для тих напружено-деформованих станів, коли відома об'ємна діаграма пластичності в координатах $e_p(\eta; \chi)$. Для розрахунку окремих процесів обробки металів тиском, в яких має місце об'ємний напружений стан, пропонується критерій у вигляді умови:

$$\psi = \int_0^{e_p^*} \left(1 + 0,2 \operatorname{arctg} \left(\frac{d\eta}{de_u} + \frac{d\chi}{de_u} \right) \right) \frac{e_u^{0,2 \operatorname{arctg} \left(\frac{d\eta}{de_u} + \frac{d\chi}{de_u} \right)}}{\left[e_p(\eta(e_u), \chi(e_u)) \right]^{1+0,2 \operatorname{arctg} \left(\frac{d\eta}{de_u} + \frac{d\chi}{de_u} \right)}} \leq 1, \quad (7)$$

Критерій (7) дозволяє оцінити використаний ресурс пластичності для процесів об'ємного напруженого стану. Проте практичне застосування його визначається необхідністю мати експериментальні дані, що описують граничну поверхню пластичності [10]. Для таких випадків стає можливим визначення використаного ресурсу пластичності операцій формозміни за допомогою критерія

$$\psi = \int_0^{e_p^*} \left(1 + 0,2 \operatorname{arctg} \frac{d\eta}{de_u} \right) \frac{e_u(\eta)^{0,2 \operatorname{arctg} \frac{d\eta}{de_u}}}{\left[e_p^*(\eta) \right]^{1+0,2 \operatorname{arctg} \frac{d\eta}{de_u}}} \leq 1,$$

де $e_u(\eta)$ – шлях деформування елементарних об'ємів металу в процесах обробки тиском, $\frac{d\eta}{de_u}$ – «напрямок деформування» в просторі $e_u(\eta)$, $e_p^*(\eta)$ – відповідна ділянка діаграми пластичності, що враховує вплив $I_3(T_\sigma)$ на пластичність. Методика побудови наведена в роботах [11, 12].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Губкин С. И. Диаграмма схем механических состояний / С. И. Губкин. – Изв. АН СССР. ОТН. – 1950. – №8. – С. 1165–1182.
2. Смирнов-Аляев Г. А. Механические основы пластической обработки металлов / Г. А. Смирнов-Аляев. – Л. : Машиностроение, 1978. – 368 с.
3. Колмогоров В. Л. Напряжения. Деформации. Разрушение / В. Л. Колмогоров. – М. : Металлургия, 1970. – 229 с.
4. Огородников В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В. А. Огородников. – Головне вид-во «Вища школа», 1983. – 175 с.
5. Комплексы технологий и научное обеспечение производственных процессов пластического формоизменения особо ответственных деталей машиностроения из высокопрочных анизотропных материалов / Е. Ю. Поликарпов [и др.] // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2008. – №7. – С. 18–22.
6. Огородников В. А. Моделирование процессов обработки давлением на основе гипотезы о силовом и кинематическом подобии параметров деформирования / В. А. Огородников, А. В. Грушко, И. А. Деревенко //

- Обработка металлов давлением: Сб. научн. тр. – Краматорск: ДГМА. – 2012. – №4(34). – С. 46–52. – ISSN 2076–2151.
7. Dell, H.; Gese, H.; Kepler, L.; Werner, H. and Hooputra, H.: Continuous Failure Prediction Model for Nonlinear Load Paths in Successive Stamping and Crash Processes, SAE – Paper 2001 – 01 - 1131, New Sheet Steel Products and Steel Metal Stamping (SP – 1614), SAE 2001 World Congress, Michigan, March 5 – 8, 2001, P. 113–122.
 8. Дель Г. Д. Пластичность деформированного металла / Г. Д. Дель // Физика и техника высоких давлений. – 1983. – Вып. II. – С. 28–32.
 9. Михалевиц В. М. Модели накопления повреждений для тел с начальной и деформационной анизотропией / Известия АН СССР. Металлы. – 1993. – №5 – С. 68–72.
 10. Ильюшин А. А. Об одной теории длительной пластичности / А. А. Ильюшин // Известия АН СССР. Механика твердого тела. – 1967. – №3. – С. 21–35.
 11. Огородников В. А. Карты материалов в процессах обработки материалов давлением / В. А. Огородников, И. А. Деревенько, М. И. Побережный // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія «Машинобудування». – 2011. – №62. – С. 88–91. – ISSN 0372–6053
 12. Огородников В. А. Пластичность металлов при объемном напряженном состоянии / В. А. Огородников, Л. И. Алиева, И. А. Деревенько // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія «Машинобудування». – 2012. – №64. – С. 201–207. – ISSN 0372–6053.

Архіпова Тетяна Федорівна, канд. техн. наук, доцент кафедри ОМІМ, м. Вінниця, ВНТУ,;
tfarhipova@gmail.com.

CRITERIA OF DEFORMITY AND QUALITY OF PRODUCTS OBTAINED BY PRESSURE TREATMENT

Abstract

Estimation of deformability of blanks, calculation of limiting technological parameters is based on the analysis of criteria of deformation. As a scalar value of the degree of damage, the criterion of deformability is adopted to characterize the processes of pressure treatment, which are accompanied by monotonic, but complex deformation. To assess the limiting technological parameters in the processes accompanied by non-monotonic deformation, it is recommended to characterize the damage by a tensor of the second rank, and to take in variants of the tensor as a criterion for the degree of damage. Under the conditions of the volumetric stress state, the influence of the rate of change of the stress state index η is taken into account. The expediency of application of deformability criteria for the corresponding values of change of index η and curvature of deformation paths is determined.

Keywords: deformation criteria, pressure treatment processes, stress state index, plasticity diagram, flow curve, non-monotonic deformation.

Arhipova Tetiana, Ph. D. (Engineering), Docent of MSPM, town Vinnitsa, VNTU, tfarhipova@gmail.com.

КОНСТРУКТИВНА МІЦНІСТЬ СПОРУД ДЛЯ КРУГОВОГО ОГЛЯДУ

Вінницький національний технічний університет¹,
ТОВ Сармат²

Анотація

Стаття присвячена огляду діяльності ТОВ Сармат при розробці, проектуванні, виробництві та реалізації комплексів для кругового огляду. Висвітлено тенденції по організації та забезпеченню технологічного виробництва з питань розробки та реалізації науково-виробничого проекту в машинобудівній промисловості у Вінницькій області.

Ключові слова: індустрія розваг, конструкції атракціонів, колесо огляду, башта огляду, підйомачі пантографного типу, принцип можливих переміщень

Розважальні комплекси Колесо огляду, Башта кругового огляду, Башта на щоглі підйомача (Бутон) – все це є основними проектними розробками та виробами підприємства ТОВ Сармат. Виробництво та монтаж цих комплексів дає можливість створювати робочі місця в Україні та забезпечувати розвиток сучасного машинобудування не лише в галузі індустрії розваг, але й як приклад існування «technological sightseeing» для туристів та гостей України.

Реалізація та експлуатація цих виробів в містах та центрах туристичних об'єктів дозволить зробити уявлення туристів від відвідування цих об'єктів більш глибоким та сильним, стати додатковим місцем, яке здатне прикрасити місто, наповнити серця гордістю та врешті-решт поповнити місцеві бюджети. Башти та колеса огляду – це складні наукомісткі проекти, які захищені патентами та заявками на винахід [1-6]. Це не лише атракціони, на які люди приходять отримати задоволення та відпочити, але й вироби, з висоти яких можна охопити поглядом місто та окремі його історичні об'єкти, виконати незабутні фото- та відеофайли з висоти 50 та більше метрів.

Технічний проект, передові сучасні технології та матеріали гарантують високу якість та відповідність вимогам міжнародних стандартів. Переваги цих комплексів перед традиційними колесами огляду полягають перш за все в ергономічному розташуванні відвідувачів. Це дозволяє проводити панорамний огляд впродовж всього циклу підйому та опускання капсули. Незначна площа ділянки для монтажу та експлуатації башти дозволяє в районах щільної забудови встановлювати башти в безпосередній близькості від того чи іншого туристичного об'єкту. Більш того встановлення башти не вимагає обов'язкового облаштування фундаменту. Система клімат-контролю дозволяє експлуатацію башти цілий рік. Кольорове рішення башти співпадає з кольором неба і у такий спосіб не змінює вид ландшафту.

Атракціон «3 в 1» [1] має основу, встановлену на основі вертикальну стійку. На стійці змонтовано привід, привідний кронштейн з консольно-встановленими осями, на вільних кінцях яких на шарнірах закріплено підвіски з сидіннями для відвідувачів. При цьому осі кінематично-зв'язані з приводом кронштейна. Кожний з них забезпечує рух сидінням в просторі відносно вертикальної та горизонтальних осей. Атракціон «3 в 1» має щонайменше три зібраних конструкції, котрі забезпечують три різних режими роботи: башту огляду, башту вільного падіння, ланцюгову карусель.

Комплекс «Бутон» забезпечує піднімання відвідувачів за рахунок підняття власне щогли підйомача, на горизонтальній поверхні якого капсула й встановлена. Конструкція підйомача також захищена Патентом України [6]. Переваги такого технічного виконання підйомача пантографного типу для башти дозволили забезпечити міцність конструкції оглядової башти та можливість монтажу її в умовах існування певних обмежень на висоту для історичних районів забудови міст та пам'яток архітектури. Таким чином досягається баланс між забезпеченням конструктивної міцності,

збереженням, захистом та розвитком історичних пам'яток міста. У такий спосіб об'єкти культурної спадщини мають отримати додаткову гарантію збереженості та цілісності завдяки відповідним заходам, які у свою чергу будуть сприяти соціально-економічному розвитку та покращенню якості життя в містах.

Інформація для інвесторів

Реалізація проекту (виготовлення та монтаж комплексу) наряду з отриманням прибутку для інвестора, може сприяти втіленню двох основних культурних задач:

1) Збереженню всесвітнього спадку людства під патронатом ЮНЕСКО. При цьому частина прибутку від експлуатації виробів, встановлених поруч з історичними пам'ятками, після відшкодування обов'язкових податків може бути спрямованою на фінансування робіт, пов'язаних з відновленням та збереженням цих пам'яток.

2) Популяризація пам'яток людства – огляд з висоти башт має сприяти додатковому залученню нових відвідувачів з метою ознайомлення з історичними пам'ятками України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Патент України № 44399, 20.10.2008 “Атракціон 3 в 1”/Патент на корисну модель №44399. МПК (2008), А63G1/00 Бюл. №19, 2009. / Архіпов В. І., Архіпов О. В., Архіпова Т. Ф.
2. Патент України №84583 “Магнетік XXL”/Патент на винахід №84583 МПК (2008), А63G1/00 Бюл. №21 2008 //Архіпов В. І., Архіпова Т. Ф., Архіпов О. В.
3. Патент України № 18102 “Магнетік XXL” / Патент на корисну модель. МПК (2008), А63G1/00 Бюл. №10, 2006 / Архіпов В. І., Архіпова Т. Ф., Архіпов О. В.
4. Патент України №84183 “Колесо огляду” / Патент на винахід. МПК (2008), А63G127/00 Бюл. №18, 2008 / Архіпов В. І., Архіпова Т. Ф., Архіпов О. В.
5. Патент України № 84216 “Колесо огляду для розваг та релаксації” / Патент на винахід. МПК (2008), А63G1/00 Бюл. №18.2008 // Архіпов В. І., Архіпова Т. Ф., Архіпов О. В.
6. Патент України №114755 “Підіймач” / Патент на корисну модель. МПК (2017.01), B66F 3/00 10.03.2017 Бюл. №5. 2017. // Архіпов В. І., Архіпов О. В., Архіпова Т. Ф. [та ін.]

Архіпова Тетяна Федорівна, канд. техн. наук, доцент кафедри ОМПП, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, tfarhipova@gmail.com.

Архіпов Олексій Валентинович, провідний інженер, ТОВ Сармат, м. Вінниця, e-mail: sarmat.vn@gmail.com.

Архіпова Анна Валентинівна, стажер ТОВ Сармат, м. Вінниця, arkhipova.anya.2001@gmail.com.

CONSTRUCTIVE STRENGTH OF STRUCTURES FOR A CIRCULAR INSPECTION

Abstract

The article is devoted to the review of the production activity of Sarmat LTD on the development, design, production and installation of entertainment complexes on the basis of high-rise buildings for the review of historical monuments. The tendencies concerning the organization and service of technological production concerning development and realization of the research and production project in mechanical engineering in the Vinnytsia area are covered.

Key words: entertainment industry, amusement rides, Ferris wheel, circular viewing tower, pantograph lifts, principle of possible movements.

Arkhipova Tetiana, Ph. D. (Engineering), Docent of Material Strength and Applied Mechanics, Vinnitsa National Technical University, town Vinnitsa, e-mail: tfarhipova@gmail.com

Arkhipov Alexey, Senior Engineer, LTD Sarmat, town Vinnitsa, sarmat.vn@gmail.com.

Arkhipova Anna, trainee, LTD Sarmat, town Vinnitsa, e-mail: arkhipova.anya.2001@gmail.com.

РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ШИРОКИХ ФЛАНЦІВ НА ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВКАХ МЕТОДОМ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ

Вінницький національний аграрний університет

Анотація

В роботі наведені результати розробки і дослідження комбінованого технологічного процесу формування зовнішніх і внутрішніх фланців кришок бражних і ректифікаційних колон на листових заготовках методом штампування обкочуванням і ротаційною витяжкою. З цією метою було розроблено обладнання, що дозволяє за одну установку заготовки формувати кінцевим валком як зовнішні, так і внутрішні фланці.

Ключові слова: штампування обкочуванням, ротаційна витяжка, зовнішні і внутрішні фланці, листова заготовка, деформовність, руйнування, втрата стійкості.

Метою даної роботи є забезпечення необхідних характеристик та геометричної форми вісесиметричних деталей з листового матеріалу на основі оцінки формування та деформовності заготовок у залежності від параметрів комбінованого процесу ШЮ-ротаційна витяжка.

Одним із видів ротаційної витяжки є одноперехідна ротаційна витяжка (ОРВ) без стоншення стінки. Вона полягає в перетворенні плоскої обертової заготовки в порожнисту деталь або збільшення довжини порожнистої заготовки шляхом переміщення її через локалізований осередок деформації із зменшенням поперечних розмірів напівфабрикату без навмисного стоншення стінки [1].

У процесі ОРВ в металі виникають напруження стиску і розтягу, які при певних геометричних співвідношеннях діаметра, товщини і розміру фланця заготовки призводять до руйнування матеріалу, а також втрати стійкості процесу формування. Руйнування матеріалу заготовок відбувається при наявності напружень розтягу, не високій пластичності матеріалу та досягненні значних деформацій. Втрата стійкості процесу характеризується утворенням гофрів і надмірним місцевим стоншенням стінок у вигляді «шийки». У зв'язку з цим розрізняють два види ОРВ: без і з притиском складкотримачем. ОРВ без притиску, з використанням роликів різної форми, як показано на рис. 1, застосовується при виготовленні заготовок з елементами відносно невеликих розмірів. В такому разі можна уникнути утворення гофрів.

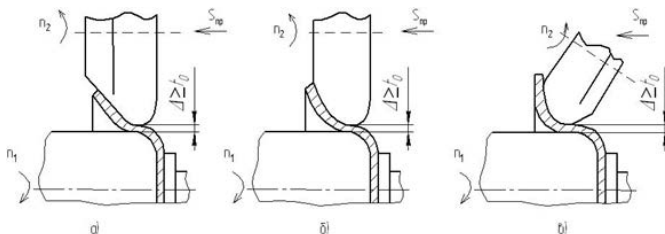


Рисунок 1 - Схеми прикладення деформуючого навантаження: а - ролик з прямолінійною робочою поверхнею; б - ролик з криволінійною робочою поверхнею; в - ролик, встановленим під заданим кутом

При ОРВ застосовують головним чином схеми, показані на рис. 1, а і б, так як вони дають можливість досягнути більш високого ступеня деформації, у порівнянні зі схемою на рис. 1, в.

Для отримання буртів і фланців використовують також процес штампування обкочуванням (ШО) [2]. Вигляд листових заготовок під обкочування приведені на рис. 2, а процес формування методом ШО зовнішнього фланця кришки бражної колони – на рис. 3.



Рисунок 2 - Вигляд листових заготовок під обкочування



Рисунок 3 - Процес формування методом ШО зовнішнього фланця кришки бражної колони

Напружений стан елемента у зоні згинання буде об'ємним, а деформований – плоским ($\varepsilon_z = 0$) [3]. Загальне рівняння рівноваги елемента зони заготовки постійної товщини при віссиметричній деформації заготовки із врахуванням сил тертя на контактні поверхні [3]:

$$\rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_\rho - \sigma_\theta - \frac{\mu\rho}{\sin\alpha} \left(\frac{\sigma_\rho}{R_\rho} + \frac{\sigma_\theta}{R_\theta} \right) = 0, \quad (1)$$

де σ_ρ - меридіональне напруження; σ_θ - широтне напруження; μ - коефіцієнт тертя; ρ - відстань від осі симетрії; R_ρ, R_θ - радіуси кривизни у меридіональному та широтному перерізах представлено на рисунку 4.

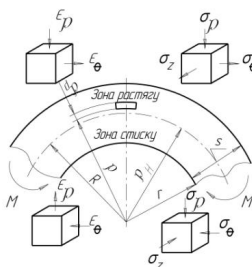


Рисунок 4 - Схема напружено-деформованого стану металу при згинанні

В умовах, коли тертям можна знехтувати, рівняння (1) приймає вигляд:

$$\rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \sigma_\rho - \sigma_\theta = 0. \quad (2)$$

Оскільки маємо рівняння із двома невідомими, то доповнимо його енергетичною умовою пластичності:

$$\sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_\rho - \sigma_\theta)^2 + (\sigma_\theta - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_\rho)^2}. \quad (3)$$

При плоскій деформації:

$$\sigma_z = \frac{\sigma_\rho + \sigma_\theta}{2}. \quad (4)$$

Тоді із врахуванням (4) умова пластичності (3) запишеться у вигляді:

$$\sigma_\rho - \sigma_\theta = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_s. \quad (5)$$

Для отримання розв'язків, що дають аналітичний вираз поля напружень із урахуванням зміцнення, необхідно у першу чергу мати аналітичний вираз кривої зміцнення (залежності напруження текучості від деформації) [4].

За результатами аналізу напруженого стану показник η , що характеризує напружений стан матеріалу в місці згину заготовки дорівнює:

$$\eta = \frac{\sigma_\rho + \sigma_\theta + \sigma_z}{\sigma_i} = \sqrt{3} \approx 1,73. \quad (6)$$

Інтенсивність накопиченої деформації на зовнішніх волокнах у залежності від радіусу оправки визначиться за формулою:

$$\varepsilon_i = \frac{\sqrt{3} \cdot s}{2 \cdot R_{on} + s} \leq \varepsilon_{*c} (\eta = 1,73), \quad (7)$$

де $\varepsilon_{*c} (\eta = 1,73)$ - інтенсивність накопиченої деформації, яку може сприймати матеріал без руйнування при напружено-деформованому стані, який характеризується показником $\eta = 1,73$.

Висновки. . Методом ШО досліджено виготовлення зовнішніх і внутрішніх фланців кришок бражних і ректифікаційних колон з використанням листових заготовок. Для оцінки та розширення технологічних можливостей процесу проведено аналіз формоутворення та напружено-деформованого стану заготовок. До основних факторів, що обмежують технологічні можливості, відносяться втрата стійкості та руйнування заготовок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Могильный Н. И. Ротационная вытяжка оболочковых деталей на станках / Н. И. Могильный - М.: Машиностроение, 1983. – 190 с.
2. Матвийчук В. А. Совершенствование процессов локальной ротационной обработки давлением на основе анализа деформируемости металлов: Монография / В. А. Матвийчук, И. С. Алиев. – Краматорск: ДГМА, 2009. – 268 с.
3. Попов Е. А. Основы теории листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1977. – 278 с.
4. Баркая В. Ф. Формоизменение листового металла. – М.: Металлургия, 1976. – 264 с.

Колісник Микола, аспрант, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, kolisnik30@gmail.com.

Штуть Андрій, асистент, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, shtuts1989@gmail.com.

DEVELOPMENT OF THE PROCESS OF FORMATION OF WIDE FLANGES ON SHEET PROCUREMENTS BY THE METHOD OF STAMPING BY ROLLING

Abstract

The paper presents the results of development and research of the combined technological process of forming the outer and inner flanges of the lids of malt and distillation columns on sheet blanks by stamping by rolling and rotary drawing. To this end, equipment has been developed that allows for one installation of the workpiece to form a conical roll, both outer and inner flanges.

Keywords: rolling stamping, rotary drawing, external and internal flanges, sheet blank, deformability, destruction, loss of stability.

Kolisnyk Mykola, post-graduate student, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, kolisnik30@gmail.com.

Shtuts Andriy, Assistant, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, shtuts1989@gmail.com.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕСУРСУ ТА ЯКОСТІ КОМПОНЕНТІВ МЕДИЧНИХ ПАР ТЕРТЯ ЗІ СПЛАВУ ВТ6, ОТРИМАНИХ 3-D ДРУКОМ

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України¹,
ТОВ «Тітан-Мед»²

Анотація

Розглянуто відмінності структури та механічних властивостей зразків зі сплаву ВТ6, отриманих з гарячекатаного прутка та 3-D друком (Grade 5 ELI). Запропоновано технологічний маршрут виготовлення сферичних компонентів медичних пар тертя зі сплаву ВТ6 (Grade 5 ELI), отриманих 3-D друком, що забезпечує ресурс та якість виробів відповідно до сучасних вимог.

Ключові слова: 3-D друк, мікроструктура, пористість, шорсткість, холодне поверхнєве пластичне деформування, триботехнічні характеристики.

В даний час все більшого поширення набувають адитивні технології (3D-друк). Їх можливості дозволяють отримувати деталі складної форми практично без відходів матеріалу при високій продуктивності. Внаслідок цього дана технологія все більше застосовується для виробництва деталей медичних імплантатів. При цьому, зазвичай, застосовують титановий сплав ВТ6 (Grade 5 ELI). Однак його підвищена схильність до схоплювання практично з усіма матеріалами є основною перешкодою застосуванню в технічних та медичних вузлах тертя [1]. Цим пояснюються також труднощі алмазно-абразивної обробки даного матеріалу.

Вирішити проблему використання титанових компонентів в парах тертя можливо модифікацією їх поверхні термодифузійним азотуванням (ТДА), що дозволяє уникнути проблеми зі схоплюванням та забезпечує високу надійність деталі за рахунок формування між функціональною плівкою і титановою матрицею перехідного дифузійного шару достатньої глибини та міцності, з градієнтом властивостей. За таких умов відшарування модифікованого шару виключається повністю [2, 3].

Підвищити ресурс азотованого шару можливо обробкою робочої поверхні холодним поверхневим пластичним деформуванням (ХПД) перед ТДА [4], яке супроводжується подрібненням структури, збільшенням площі межзерених кордонів, що в свою чергу сприяє інтенсифікації дифузійних процесів та підвищенню твердості та збільшенню глибини азотованого шару.

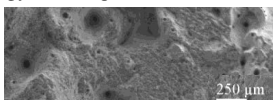


Рисунок - Фрактографія поверхні руйнування після випробувань на розтяг сплаву ВТ-6 (Grade 5 ELI), отриманого 3D-друком з використанням електронного пучка

На сьогодні, задача розробки комплексної технології алмазно-абразивної обробки та підвищення триботехнічних характеристик робочих поверхонь деталей медичних імплантів з ВТ6 (Grade 5 ELI), отриманих 3-D друком, не вирішена. При цьому, необхідно відзначити наявність суттєвих відмінностей в структурі та властивостях матеріалу ВТ6 (Grade 5 ELI), отриманого за традиційною технологією гарячої прокатки та 3-D друком.

А саме, пористість матеріалу, отриманого 3D-друком більше, ніж отриманого гарячою прокаткою. На рис. наведено фрактографію зразка, отриманого 3D-друком з використанням електронного пучка, після випробувань на розтяг.* На рисунку чітко видні пори в матеріалі.

Дослідження зразків сплаву ВТ6 (Grade 5 ELI) методами оптичної металографії показали, що зразки, отримані 3-D друком мають більш дисперсну мікроструктуру та вищі механічні властивості, ніж отримані з гарячекатаного прутка (табл.)*.

*Дослідження фрактографії та механічних властивостей проводилось с.н.с. ІПМ НАН України, к.т.н. Кузьменком М. М.

Шорсткість поверхні зразків, отриманих 3-D друком, складає $Ra\ 10 - 12$, отриманих точінням з прутка – $Ra\ 3 - 4$.

Технологія отримання	$\sigma_{0,2}$ МПа	σ_n МПа	δ , %
Гаряча прокатка	969,2	1022,3	6,84
3D-друк, лазер	1002	1079,5	9,61
3D-друк, електронний пучок	1039	1094	12,6

Внаслідок цього, розробка технології алмазно-абразивної обробки та модифікації робочої поверхні компонентів пар тертя зі сплаву ВТ 6, отриманого 3-D друком, має бути виділена в окреме

питання.

Як показали попередні дослідження, при обробці сферичних компонентів пар тертя для зменшення вихідних показників шорсткості, пористості приповерхневого шару та покращення оброблюваності алмазно-абразивними інструментами, може бути застосована технологічна схема накопчування плоскими поверхнями. Для прецизійної обробки виробу – технологічна схема вільного притирання, яка добре себе зарекомендувала при обробці сферичних деталей з кераміки та титану ВТ 1-0. Для забезпечення низької шорсткості – полірувальна паста, що надає механо-хімічний вплив на оброблювану поверхню [5]. При розробці технологічних засобів для механічної обробки титанових компонентів, отриманих 3-D друком необхідно враховувати особливості їх структури та механічні властивості.

Створення комплексної технології механічної обробки компонентів медичних пар тертя зі сплаву ВТ6 (*Grade 5 ELI*), отриманого 3-D друком, та модифікації їх робочих поверхонь сприятиме скорішому налагодженню в Україні промислового виробництва доступних вітчизняних ендопротезів, поверненню до нормального життя значної кількості хворих або травмованих людей, тобто вирішенню важливої соціальної проблеми України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. И. В. Горьнин, Б. Б. Чечулин. Титан в машиностроении.– М. Машиностроение, 1990. – 400 с.
2. Федірко В.М., Погреблюк І.М. Азотування титану та його сплавів. – Київ: «Наукова думка», 1995 р. – 220 с.
3. I.M. Pohrelyuk, S.E. Sheykin, S.M. Dub, A.G. Mamalis, I.Yu. Rostotskii, O.V. Tkachuk S.M. Lavrys / Increasing of functionality of с.p. titanium/UHMWPE tribo-pairs by thermodiffusion nitriding of titanium component // Biotribology Volume 7, September 2016, Pages 38–45.
4. Sheykin S. Ye., Pogrelyuk I. M. Sergach D. A. / Modification of working surface of titanium components of friction units // Journal of Superhard Materials, 2015, Vol. 37, No. 5, pp. 351–356.
5. Титан в медичних парах тертя: Монографія – Київ: ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України / Під ред. Дьоміна В. Ю., Шейкіна С. Є. – К.: Логос, 2019.– 146 с.

Шейкін Сергій Євгенович, д-р. техн. наук, с.н.с., завідувач відділом формування прецизійних елементів складнопрофільних виробів ІНМ НАН України, м. Київ, Sheykin2003@ukr.net.

Студенець Сергій Федорович, заст. зав. відділом формування прецизійних елементів складнопрофільних виробів ІНМ НАН України, м. Київ.

Дьомін В. Ю., директор, ТОВ «Титан-Мед» м. Київ.

TECHNOLOGICAL FUNDAMENTALS OF PROVIDING RESOURCE AND QUALITY OF COMPONENTS OF MEDICAL PAIRS OF FRICTION FROM VT6 ALLOY OBTAINED BY 3-D PRINTING

Abstract

Differences in the structure and mechanical properties of GRADE 5 alloy samples obtained from hot-rolled rod and 3-D printing are considered. The technological route of manufacturing spherical components of medical friction pairs from GRADE 5 alloy obtained by 3-D printing is offered, which provides the resource and quality of products in accordance with modern requirements.

Sheykin Sergiy, D.Sc. (Eng.), Head of the Department of Shaping Precision Elements of Complex Geometry Products of the NAS of Ukraine, Kyiv, Sheykin2003@ukr.net.

Studenets Sergiy, Deputy head of the Department of Shaping Precision Elements of Complex Geometry Products of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv.

Dyomin V., Director of Titan Med LLC, Kyiv

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗКОЧУВАННЯ СТУПІНЧАСТИХ КОНУСНИХ КІЛЕЦЬ

Донбаська державна машинобудівна академія

Анотація

У роботі був експериментально досліджений технологічний процес розкочування конусних кілець з буртом. Запропонований спосіб полягає у розкочуванні пустотілої заготовки з буртом бойком зі східчастим профілем. Розроблена методика дозволила встановити залежності змінених форми ступінчастієї пустотілої заготовки при деформуванні її ступінчастим бойком.

Ключові слова: конусне кільце, східчасте кільце, розкочування, східчастий бойок, конусність, формозмінення.

Одним з напрямків удосконалення техпроцесу виготовлення крупногабаритних конусних кілець зі східчастим профілем є використання пустотілих східчастих заготовок (злитків) і одержання поковки, яка повторює форму деталі. Пустотілі злитки дозволяють знизити трудомісткість кування крупногабаритних кілець і знизити витрати металу за рахунок відсутності операцій прошивання отвору, що також дозволить виключити перерізання волокнистої будови металу й зменшити витрати металу при механічній обробці.

Метою роботи є зниження витрат металу й розширення технологічних можливостей при куванні конусних пустотілих заготовок на основі розробки нових технологічних процесів розкочування кілець зі східчастою поверхнею.

Для проведення експериментів виготовлялися свинцеві зразки в масштабі 1:40 до натурної поковки. Для розкочування був виготовлений східчастий бойок.

Для макроструктурних досліджень були проведені експерименти на сталевих зразках.

Аналіз експериментальних даних утворення конусності поковки від відносного ступеня деформації уступу дозволив установити (рис. 1, а), що для відносного діаметра заготовки $D_y/d_{cp} = 2,05$ збільшення відносного ступеня деформації з боку уступу приводить до збільшення конусності. Збільшення конусності пов'язане з інтенсивним збільшенням отвору уступу d_{ny} під час розкочування.

Зниження конусності для заготовки з відносними діаметрами виступів 2,5 при ступені обтиснення $\varepsilon < 0,26$ пов'язане з куванням на першому проході в процесі розкочування виступу кіляця, у цьому випадку уступ не деформується. Отже, діаметр виступу починає збільшуватися, а діаметр уступу не міняється. Утворюється конічне кільце з діаметром виступу ($D_n/d_{cp} = 2,5, \varepsilon = 0,08$). Зростання конусності для заготовки з відносним діаметром виступу 2,0 пов'язане з інтенсивним збільшенням діаметра отвору уступу, що пояснюється більшим плином металу в тангенціальному напрямку при обтисненні тонкої стінки.

Важливий результат має зміна співвідношення діаметрів отвору виступу й уступу в процесі розкочування, яке дозволяє встановити якісну та кількісну зміну діаметрів на торцях заготовки при постійній довжині заготовки. Аналізуючи зміну співвідношень діаметрів отвору поковки виступу й уступу d_{ne}/d_{ny} від ступеня деформації ε_y (рис. 1, б) для відносного діаметра уступу $D_y/d_{cp} = 2,05$ можна відзначити, що зі збільшенням ступеня деформування ε_y співвідношення діаметрів отвору поковки зменшується. Крапка, відзначена окружністю на кривій 1, відповідає відсутності конусності. У відзначеній крапці зазначені діаметри збігаються ($d_{ne} = d_{ny}$) і при подальшому деформуванні діаметр отвору уступу збільшується інтенсивніше, чим виступу, і співвідношення торцевих ді-

метрів отвору поковки $\bar{d}_{\text{пв}}/\bar{d}_{\text{пв}}$ стає менше 1,0 ($\bar{d}_{\text{пв}} < \bar{d}_{\text{пв}}$).

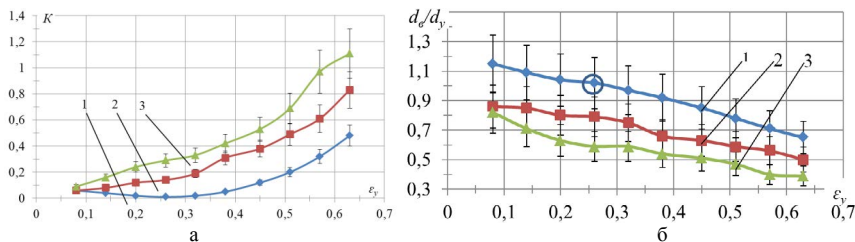


Рисунок 1 – а) Зміна конусності (K) від відносного ступеня деформації уступу (ε_{γ}) для заготовок з $D_{\gamma}/d_{\text{сп}} = 2,05$: 1 – $D_{\text{в}}/d_{\text{сп}} = 2,50$; 2 – $D_{\text{в}}/d_{\text{сп}} = 2,40$; 3 – $D_{\text{в}}/d_{\text{сп}} = 2,30$;

б) Зміна співвідношення діаметрів отвору $\bar{d}_{\text{пв}}/\bar{d}_{\text{пв}}$ від відносного ступеня деформації виступу ε_{δ} для заготовок з $D_{\gamma}/d_{\text{сп}} = 2,05$: 1 – $D_{\text{в}}/d_{\text{сп}} = 2,5$; 2 – $D_{\text{в}}/d_{\text{сп}} = 2,4$; 3 – $D_{\text{в}}/d_{\text{сп}} = 2,3$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Markov O.E. Development of Energy-saving Technological Process of Shafts Forging Weighting More Than 100 Tons without Ingot Upsetting / O.E. Markov, M.V. Oleshko, V.I. Mishina // *Metalurgical and Mining Industry* [Online]. – 2011. – Vol. 3(7). – Pp. 87-90. – Mode of access: <http://www.metaljournal.com.ua/assets/Uploads/attachments/87Markov.pdf>
2. Development of a new process for forging plates using intensive plastic deformation / O.E. Markov, A.V. Perig, M.A. Markova, V.N. Zlygoriev // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2016. – Vol. 4, no. 83. – Pp. 2159-2174. – Mode of access: <http://doi.org/10.1007/s00170-015-8217-5>

Панов Володимир Володимирович, аспірант кафедри комп'ютеризовані дизайн і моделювання процесів і машин, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, v.panov@emss.dn.ua

Марков Олег Євгенійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою комп'ютеризовані дизайн і моделювання процесів і машин, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, oleg.markov.umd@gmail.com

Іванова Юлія Олегівна, аспірант кафедри обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, yachmen.yuliya@gmail.com

Мусорін Антон Володимирович, аспірант кафедри комп'ютеризовані дизайн і моделювання процесів і машин, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, antonio.hvasherman@ukr.net

Степура Станіслав Вікторович, магістр кафедри комп'ютеризовані дизайн і моделювання процесів і машин, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, mto@dgma.donetsk.ua

EXPERIMENTAL STUDY OF THE ROLLING PROCESS STEP-MADE CONICAL RINGS

Abstract

The technological process of rolling out conical rings with a collar was experimentally investigated in the work. The proposed method is to roll out a hollow workpiece with a collar striker with a stepped profile. The developed technique allowed to establish the dependences of the change in the shape of the stepped hollow workpiece during its deformation by the stepped striker.

Key words: tapered ring, stepped ring, rolling, stepped striker, taper, deformation.

Panov Vladimir, graduate student of the Department of Computerized Design and Modeling of Processes and Machines, Donbas State Machine-Building Academy, Kramatorsk, v.panov@emss.dn.ua

Markov Oleh, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Computerized Design and Modeling of Processes and Machines, Donbas State Machine-Building Academy, Kramatorsk, oleg.markov.umd@gmail.com

Ivanova, graduate student of the Department of Metal Forming, Donbas State Machine-Building Academy, Kramatorsk, yachmen.yuliya@gmail.com

Musorin Anton h, graduate student of the Department of Computerized Design and Modeling of Processes and Machines, Donbas State Machine-Building Academy, Kramatorsk, antonio.hvasherman@ukr.net

Stepura Stanislav, Master of the Department of Computerized Design and Modeling of Processes and Machines, Donbas State Machine-Building Academy, Kramatorsk, mto@dgma.donetsk.ua

НЕТРАДИЦІЙНИЙ ПРИВОД ВИТЯЖНОГО ПОВЗУНА КРИВОШИПНИХ ПРЕСІВ ДЛЯ ГЛИБОКОГО ВИТЯГУВАННЯ

Національний університет «Запорізька політехніка»

Анотація

Розглянуті питання створення механічних пресів з компактним (безшатуном) приводом, що дозволяє знизити висоту преса, зменшити шум та збільшити приведену жорсткість преса.

Ключові слова: кривошипний прес, головний виконавчий механізм, планетарний механізм, операція глибокого витягування.

Широко поширеним видом обладнання в ковальсько-пресових цехах є кривошипні преси. Застосуванню їх в масовому виробництві сприяють відносно рівномірний деформування металу з порівняно плавним підвищенням зусилля штампування і більш висока точність і стабільність розмірів одержуваних деталей, яка досягається за рахунок жорсткості преса, точності переміщення повзуна і застосування напрямних в інструменті, що перешкоджають бічному зсуву штампа.

Недоліком відомих головних виконавчих механізмів є збільшення тиску повзуна на напрямні при збільшеному ході, а також порівняно низька жорсткість, пов'язана зі збільшенням висоти.

Розглянуто можливість практичного використання планетарного механізму в механічних пресах як головного виконавчого механізму для витяжних пресів і пресів-автоматів що дасть можливість підвищити жорсткість окремих вузлів, зменшити висоту преса і збільшити величину ходу.

Використання нетрадиційних компактних механізмів дозволяє зменшити відстань від осі головного вала до столу преса, що, в свою чергу призводить до зменшення загальної висоти преса майже на 25% при одночасному, автоматичному, збільшенні жорсткості преса втричі.

Пропонується два варіанти нетрадиційних компактних виконавчих механізмів для механічних пресів з відношенням радіуса кривошипа до довжини шатуна рівним одиниці.

Перший варіант це прес в якому головний виконавчий механізм виготовлено з внутрішнім зачепленням. А саме, в напрямних станини вмонтовано повзун. Крім того, в стійках станини нерухомо вмонтовані зубчасті колеса з внутрішнім зачепленням, вісесиметрично яким встановлені вали з ексцентрично розташованими на них шестернями, які перебувають в кінематичному контакті з зубчастими колесами, при цьому в отворах, виконаних ексцентрично в шестернях, встановлена вісь, яка кінематично зв'язана з повзуном.

Другий варіант це прес в якому головний виконавчий механізм виготовлено з зовнішнім зачепленням. В даному варіанті повзун, який вмонтовано в напрямних станини, кінематично зв'язаний з кривошипами за допомогою шік та нерухомо встановленими на консолях вала шестернями, які знаходяться в кінематичному контакті з нерухомими шестернями. На валах встановлено приводні зубчасті колеса з можливістю обертання в стійках станини. Число зубців нерухомої шестірни вдвічі більше, ніж у шестірни.

В роботі наведені рекомендації щодо практичного використання результатів. Розроблене технічне рішення щодо використання планетарного механізму механічного преса з внутрішнім або зовнішнім зачепленням в якості головного виконавчого механізму в пресах для глибокого витягування.

Також таке технічне рішення було запропоновано використовувати в якості головного виконавчого механізму в гвоздильних пресах-автоматах. Це дало можливість встановити

робочий інструмент з обох сторін повзуна і мати при одному і тому ж кількості ходів подвійну продуктивність, або при одній і тій же продуктивності - вдвічі меншу кількість ходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Крупенко А.Г. Новый пресс для разделительных операций / А.Г. Крупенко, В.В. Каржан, В.Е. Свистунов, Н.Н. Явлов, В.С. Лизунов / Кузнечно-штамповочное производство. №7, 1976. - С.35.
2. Живов Л.И. Кузнечно-штамповочное оборудование: учебник для вузов / Л.И. Живов, А. Г. Овчинников, Е.Н. Складчиков – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006.– 560 с.
3. Обдуд В.Д. Використання диференціально-зубчатого механізму в приводі кривошипних пресів/ В.Д. Обдуд, Д.В. Обдуд, В.В. Широкобоков // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні – Запоріжжя 2006, Науковий журнал ЗНТУ, – С.104-106.
4. Пат. 24823 Україна, МПК В30В 1/26, В30В 15/00. Прес механічний / В.Д. Обдуд, Д.В. Обдуд, В.В. Широкобоков - №u200703429; заявлено 29.03.2007; опубл. 10.07.2007, Бюл. №10.
5. Обдуд В.Д. Безштанний головний виконавчий механізм кривошипного преса/ В.Д. Обдуд, Д.В. Обдуд, В.В. Широкобоков // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні – Краматорськ 2007, Тем. збірник наук. пр. ДДМА, – С. 290-293.
6. Пат. 141802 Україна, МПК В30В 1/26, В30В 15/00. Механічний безштанний прес / В.Д. Обдуд, В.В. Широкобоков, А.Ю. Матюхін, Д.В. Обдуд - №u201910637; заявлено 28.10.2019; опубл. 27.04.2020, Бюл. №8.

Широкобоков Віталій Володимирович, зав.каф. ОМТ, к.т.н., доцент, Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, shirokobokov@gmail.com.

Обдуд Василь Дмитрович, к.т.н., доцент, доцент кафедри ОМТ Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, kafedraomt@gmail.com.

UNCONVENTIONAL DRIVE OF THE PULLING SLIDER OF THE CRANK PRESSES FOR DEEP DRAWING

Abstract

Questions of creation of the mechanical press with compact (crankless) actuator have been analyzed, that allow decrease press height, noise and increase rigidity of press.

Keywords: *crank press, main actuator, planetary mechanism, deep drawing operation.*

Shirokobokov Vitaliy, Head of the Department of Metal Forming by Pressure, Ph.D., assistant professor, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, shirokobokov@gmail.com.

Obdul Vasil, Ph.D., assistant professor, assistant professor Department of Metal Forming, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, kafedraomt@gmail.com.

ВИПРОБУВАЛЬНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ТРУБНОЇ ЗАГОТОВКИ В ПРОЦЕСІ ФОРМОУТВОРЕННЯ КРУТОЗАГНУТИХ ВІДВОДІВ

Національний університет «Запорізька політехніка»

Анотація.

У роботі наведено огляд широко використовуваних випробувальних методів дослідження напружено-деформованого стану в процесі формоутворення крутозагнутих відводів. Визначені їх особливості, переваги та недоліки. Виникає необхідність класифікації деталей для визначення найбільш оптимального випробувального методу. В деяких випадках може бути доцільним використання комплексного підходу.

Ключові слова: труба заготовка, крутозагнуті відводи, випробувальний метод, напружено-деформований стан.

Крутозагнуті відводи являються життєво важливими частинами конструкцій водо- та газопостачання. На сьогодні використання методів опору матеріалів недостатньо для точного та якісного визначення компонентів напружено-деформованого стану (НДС) трубної заготовки в процесі формоутворення крутозагнутих відводів. Актуальною є необхідність використання розрахункових (чисельних), імітаційних (комп'ютерне моделювання) та випробувальних методів дослідження для визначення технологічних властивостей.

Найбільш широкого використання набув випробувальний метод визначення та дослідження процесів пластичної формозміни металу – метод ділильних сіток. Він заснований на дослідженні спотворення попередньо нанесеної деформаційної сітки [1-3].

До основних груп випробувальних методів дослідження відносять [4]:

1. Методи, які базуються на основних положеннях теорії кінцевих деформацій (МКД). В основі МКД лежить теорема про перетворення елементарної сфери в результаті процесу кінцевої формозміни в еліпсоїд. Основні параметри деформованого стану знаходяться в межах, обмежених коміркою ділильної сітки, визначаються шляхом співставлення кінцевої форми з розмірами комірки. До МКД відносять:

- Метод Е. Зібеля (вихідна комірка ділильної сітки квадратної форми);
- Метод П. О. Пашкова (вихідна комірка ділильної сітки квадратної форми);
- Метод І. П. Ренне (вихідна комірка ділильної сітки у формі паралелограму);
- Метод Г. А. Смирнова-Аляєва і В. М. Розенберга (перетворення сферичної форми вихідної комірки ділильної сітки в еліпсоїд).

2. Поетапні методи дослідження (ПМ), які базуються на деформаційній теорії. Основна задача ПМ – отримання локальної характеристики ступеню деформації в результаті немонотонної формозміни в умовах складного навантаження. На кожному етапі дослідження всі характеристики процесу формозміни визначаються таким же чином, як і у випадку кінцевих деформацій. До ПМ можна віднести:

- Метод С. І. Губкіна (на кожному етапі визначаються головні деформації шляхом співставлення головних вісей еліпса з діаметром вихідного кола, причому після кожного етапу еліпси видаляються і знову наноситься колова сітка, центри комірок якої повинні співпадати з центрами видалених еліпсів);
- Метод візіопластичності Е. Томпсона (в площині симетрії деформованого тіла наноситься ділильна сітка квадратної форми; визначення підсумкової деформації відбувається аналогічно до методу С. І. Губкіна).

3. Методи, які базуються на теорії течії (МТ). МТ засновані на безперервному спостереженні за формозміною та зміною розмірів комірки ділильної сітки, які розглядаються як безперервні функції деякого параметру (часу, геометричних факторів процесу і т. д.). До МТ відносять:

- Метод Е. Зібеля (вихідна комірка ділильної сітки квадратної форми);
- Метод І. П. Ренне (вихідна комірка ділильної сітки у формі паралелограму).

Основна відмінність даних випробувальних методів визначення та дослідження НДС металу – спосіб обробки результатів спотвореної ділильної сітки. Спільним для них являються допущення про те, що в межах об'єму, обмеженого коміркою ділильної сітки, тіло вважається ізотропним, а деформація однорідною.

Для дослідження зон концентрації напружень, зон можливої появи тріщин чи змінань, зон вираженої немонотонності течії процесу використовують мікроструктурний метод Г. А. Смирнова-Аляєва [5]. В основу цього методу покладена гіпотеза суцільності будови, згідно якого досліджувана заготовка складається з нескінченно великого числа матеріальних точок, які безперервно заповнюють його об'єм. Комірки ділильної сітки представлені у вигляді зерен самого металу, межі розділу яких можна розглянути через мікрошліф при збільшенні в 100-120 разів. Метод дає досить високу точність розрахунків, але є дуже трудомістким.

Метод дослідження НДС вимірюванням твердості Г. Д. Деля заснований на зміні показника твердості зразку металу внаслідок його пластичної формозміни [6]. Згідно теорії вченого розподіл твердості визначає НДС досліджуваної заготовки. Шляхом випробування зразків на розтягування та одночасних вимірювань твердості будують тарувальний графік, який зв'язує інтенсивність напружень, твердість та інтенсивність деформації. Метод твердості, незважаючи на свою простоту, не дає повної картини НДС досліджуваної заготовки – немає можливості визначення кожного компоненту НДС.

Для визначення найбільш оптимального випробувального методу виникає необхідність класифікації деталей, зокрема кругозагнутих відводів, що супроводжується проведенням додаткових експериментальних досліджень.

В деяких випадках може бути доцільним використання комплексу випробувальних методів для визначення більш повної та точної картини НДС досліджуваної заготовки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дель Г. Д. Метод делительных сеток / Г. Д. Дель, Н. А. Новиков. – М.: Машиностроение, 1979. – 144 с.
2. Ренне И. П. Обобщение метода обработки результатов искажения сетки, предложенного Пашковым П. О. для исследования процессов сложного деформирования // Технология машиностроения. – Тула, 1967. – Вып. 1. – С. 233–240.
3. Ренне И. П. Теоретические основы экспериментальных методов исследования деформаций методом делительных сеток в процессах обработки металлов давлением. – Тула: ТПИ, 1979. – 96 с.
4. Смирнов-Аляев Г. А. Экспериментальные исследования в обработке металлов давлением / Г. А. Смирнов-Аляев, В. П. Чикидовский. – Л.: Машиностроение. 1972. – 360 с.
5. Смирнов-Аляев Г. А., Розенберг В. М. Анализ пластической деформации металлов методом микроструктурных измерений. Инженерный сборник, Т 1, Инст. Механики АН СССР, 1951.
6. Дель Г. Д. Определение напряжений в пластической области по распределению твердости / Г. Д. Дель-М.: Машиностроение. 1971. – 200 с.

Ленок Анастасія Анатоліївна, старший викладач кафедри Обробка металів тиском, Національний університет «Запорізька Політехніка», м. Запоріжжя, anastasion4@ukr.net.

Обдул Василь Дмитрович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Обробка металів тиском, Національний університет «Запорізька Політехніка», м. Запоріжжя, kafedra_omt@zntu.edu.ua.

TEST METHODS FOR THE STUDY OF THE STRESS-STRAIN STATE OF A PIPE BILLET IN THE PROCESS OF FORMING STEEPLY CURVED BENDS

Abstract

The paper presents an overview of widely used test methods for the study of the stress-strain state of a pipe billet in the process of forming steeply curved bends. Their features, advantages and disadvantages were identified. There is a need to classify parts to determine the most optimal test method. In some cases, it may be appropriate to use an integrated approach.

Keywords: pipe billet, steeply curved branch, pipe billet, test method, stress-strain state.

Lenok Anastasiia, Senior Lecturer of Metal Forming Department, Zaporizhia Polytechnic National University, Zaporizhia, anastasion4@ukr.net.

Obdul Vasyil, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Metal Forming Department, Zaporizhia Polytechnic National University, Zaporizhia, kafedra_omt@zntu.edu.ua.

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ВИДАВЛЮВАННЯ ПОРОЖНИСТИХ ДЕТАЛЕЙ

Донбаська державна машинобудівна академія

Анотація

В роботі розглянуто процес зворотного видавлювання, який має велику кількість схем і їх реалізації та відрізняються різноманітністю деталей. В даному дослідженні показана формозміна заготовки в процесі зворотного видавлювання і його розподіл інтенсивності деформації і напружень на основі методу скінченних елементів (МСЕ) в середовищі QForm 2D.

Ключові слова: зворотне видавлювання, інтенсивність деформації і напружень, метод скінченних елементів

Одним з основних напрямків вдосконалення технологічних процесів обробки металів тиском є розробка і освоєння нових способів деформування, що володіють більш широкими технологічними можливостями. При виготовленні деталей з різною конфігурацією, що широко застосовуються в різних галузях машинобудування, перспективним є технологія зворотного видавлювання. Особливістю технології є можливість активного регулювання деформаційних і силових параметрів. Величини зусиль видавлювання можна також знизити і за рахунок застосування суміжних схем видавлювання. Холодне об'ємне штампування є одним з прогресивних ресурсозберігаючих методів отримання виробів високої якості

Метою роботи є дослідження напружено-деформованого стану заготовки для визначення зусиль з використанням методу скінченних елементів (МСЕ) в середовищі QForm [1,2].

Для моделювання процесу зворотного видавлювання були обрані механічні властивості матеріалу заготовки АД1. Обрані наступні геометричні параметри: L - висота заготовки ($L = 25\text{мм}$), R - радіус заготовки ($R = 25\text{мм}$), R_1 - радіус меншої стінки заготовки ($R_1 = 7\text{мм}$), R_0 - радіус більшої стінки заготовки ($R_0 = 11\text{мм}$), r - радіус закруглення ($r = 2$).

Схеми процесу в початковій і кінцевій стадіях представлені на рис. 1.

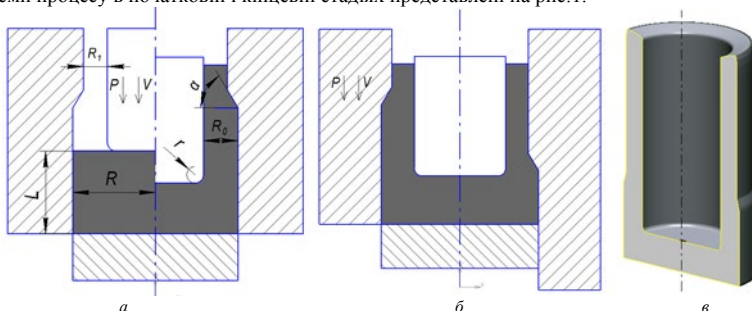


Рисунок 1 – Схеми процесу зворотного видавлювання, для першого переходу (а), для другого переходу (б), одержуваний напівфабрикат (в)

На рис. 2 представлені результати моделювання процесу при зворотному видавлюванні, такі як спотворення діляльної сітки, розподіл інтенсивності деформації і напружень по меридіональному перетині заготовки, що видавлюється.

Як видно з рисунків, найбільша інтенсивність деформації і напружень зосереджена в стінках заготовки $R_1 = 11\text{мм}$, $R_0 = 7\text{мм}$. Максимальні значення інтенсивності деформації і напружень для першого і другого переходу сягає $\epsilon_1 = 3,4$, $\sigma_1 = 90\text{ МПа}$ та $\sigma_2 = 50\text{ МПа}$ відповідно (рис. 2).

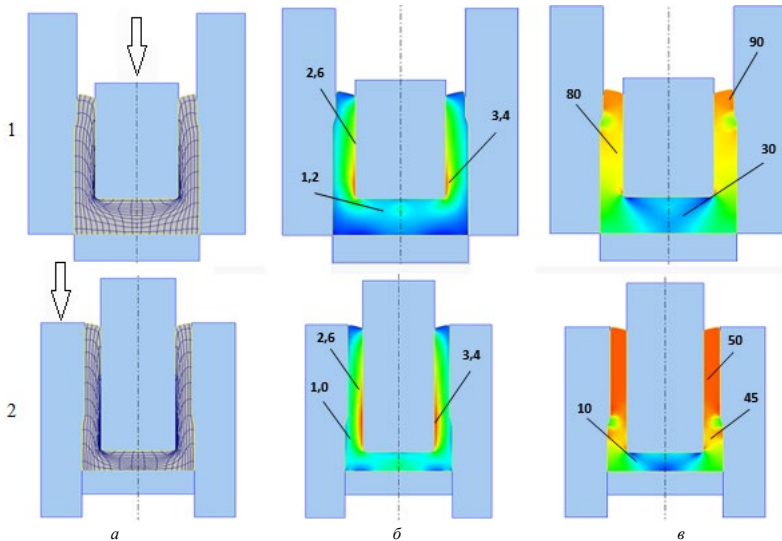


Рисунок 2 – Спотворення діліїної сітки (а), розподіл інтенсивності деформації ϵ (б), розподіл інтенсивності напружень σ : МПа (в), для першого переходу (1), для другого переходу (2) при відносному ході процесу S/R = 0,65

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Abhari Payman. Application of Numerical Simulation to Investigate Material Flow in Hollow Radial Extrusion/ Payman Abhari // International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology (IJSRSET). – July-August-2017. – Volume 3. – Issue 5. – p. 556–560. – ISSN 2394-4099.
2. Алиев И. С. Формоизменение полых деталей с фланцем в процессе холодного выдавливания / И. С. Алиев, П. Б. Абхари // Университетская наука-2017. Материалы Международной научно-технической конференции. – Мариуполь ПГТУ, 2017. –Том 1. – С. 190–191.

Абхари Пейман Бахменович, доктор технічних наук, проф., професор кафедри обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, payharies@gmail.com.

Малій Христина Василівна, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, kristina.v.goncharuk@gmail.com.

Таган Любов Вікторівна, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, l.vik.tagan@gmail.com.

Панібратченко Юрій Анатолійович, аспірант кафедри обробки металів тиском, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, panik743@gmail.com.

THEORETICAL ANALYSIS OF THE EXTRUSION PROCESS WITH HOLLOW PARTS

Abstract

The paper considers about the process of backward extrusion, which has a large number of schemes and their implementation and different in the variety of parts. This investigation shows the shape change of the billet in the backward extrusion process and its distribution of deformation intensity and stresses based on the finite element method (FEM) in QForm 2D program.

Keywords: backward extrusion, intensity of deformation and stresses, finite element method

Abhari Payman, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Metal Forming Department, Donbas State Engineering Academy, Kramatorsk, payharies@gmail.com.

Maliy Khrystyna, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Metal Forming Department, Donbas State Engineering Academy, Kramatorsk, kristina.v.goncharuk@gmail.com.

Tahan Lyubov, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Metal Forming Department, Donbas State Engineering Academy, Kramatorsk, l.vik.tagan@gmail.com.

Panibratchenko Yuriy, Postgraduate Student of the Metal Forming Department, Donbas State Engineering Academy, Kramatorsk, panik743@gmail.com.

В.В. Широкобоков
В.Д. Обдул
А.В. Іванов
А.Ю. Матюхін

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОКАТУВАННЯ ВІДЛИВКІВ НА ОБТИСКУВАЛЬНИХ СТАНАХ

Національний університет «Запорізька політехніка»

Анотація

Розглянуто питання зменшення вісєвої пористості заготовки, прокатоної на блюмінгу за рахунок створення температурної анізотропії по перетину відливка. Різниця температури поверхні і серцевини залежить від хімічного складу відливки і лежить в межах $140^{\circ}\div 250^{\circ}\text{C}$. При цьому вихід придатного збільшується до $10\div 20\%$.

Ключові слова: прокатування, легована сталь, відливков, хімічна неоднорідність.

Зниження собівартості та підвищення конкурентоспроможності продукції металургійних заводів, а особливо меткомбінатів, які випускають прокат з легованих сталей і сплавів є нагальною потребою. При цьому до якості випущеної продукції ставлять відповідні вимоги, в першу чергу це стосується вісєвої щільності метала, яку, доречи, не завжди вдається отримати, наприклад, при переході від малопродуктивного процесу кування до прокатування.

Основною причиною брака по вісєвій пористості є отримання відливка з ліквациями, рванинами, пористостями, тощо. Отримання при кристалізації сталі чи сплаву.

Отримання щільності макроструктури можна отримати при прокатці за рахунок укову, величини обтискання або за рахунок температурної анізотропії, або змінюючи схему прокатування.

Недоліком існуючих схем прокатування відливків є різна деформація шарів металу, зовнішніх і внутрішніх. В результаті чого виникають розтягуючі напруження, які не сприяють заварюванню внутрішніх дефектів.

Для вирішення цього завдання було проведене прокатування відливків при штучно створеній температурній анізотропії по перетину відливка.

Температура поверхні відливка була на 100°C менше за температуру серцевини (1150°C). Прокатування здійснювали на блюмінгу 1050 з максимально допустимими поодичними обтисненнями. При цьому хімічна неоднорідність, яка виникає при кристалізації (площа ліквацийного квадрату) зменшилась на $10\div 20\%$, а пластичність відливка збільшилась.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Іванов А.В. Исследование морфологи дефектов, выявленных в сортовом прокате при ультразвуковом контроле / А.В. Иванов // Обработка материалов давлением – Краматорск 2011, Тем. збірник. наук. пр. ДДМА, №1(26) – С. 165-169.
2. Пат. 54726 Україна, МПК (2009) B21B 9/00. Спосіб прокатки злитка / А.В. Іванов, В.В. Чигиринський, В.Д. Обдул - №u201004576; заявлено 19.04.2010; опубл. 22.11.2010, Бюл. №22.

Широкобоков Віталій Володимирович, зав.каф. ОМТ, к.т.н., доцент, Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, shirokobokov@gmail.com.

Обдул Василь Дмитрович, к.т.н., доцент, доцент кафедри ОМТ Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, kafedraomt@gmail.com.

Іванов Андрій Володимирович, головний спеціаліст (з планування виготовлення готової продукції), ПАТ «Дніпроспецсталь», м. Запоріжжя, kosmos1050@gmail.com.

Матюхін Антон Юрійович, к.т.н., доцент, доцент кафедри ОМТ Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, mco2005@i.ua.

UNCONVENTIONAL DRIVE OF THE PULLING SLIDER OF THE CRANK PRESSES FOR DEEP DRAWING

Abstract

The issues of reducing the axial porosity of a billet rolled on a blooming mill due to the creation of temperature anisotropy over the section of the casting are considered. The temperature difference between the surface and the core depends on the chemical composition of the casting and lies in the range of $140^{\circ} \div 250^{\circ}\text{C}$. In this case, the yield of suitable metal increases to 10–20%.

Keywords: rolling, alloy steel, casting, chemical heterogeneity.

Shirokobokov Vitaliy, Head of the Department of Metal Forming by Pressure, Ph.D., assistant professor, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, shirokobokov@gmail.com.

Obdul Vasil, Ph.D., assistant professor, assistant professor Department of Metal Forming, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, kafedraomi@gmail.com.

Ivanov Andriy, chief specialist (planning the production of finished products), PJSC «Dniprospeystal», Zaporizhzhia, kosmos1050@gmail.com.

Matyukhin Anton, Ph.D., assistant professor, assistant professor Department of Metal Forming, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, mco2005@i.ua.

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ВЛАСТИВОСТІ ВИРОБІВ З ВТ1

Національний університет «Запорізька політехніка»

Анотація

Розглянуті питання впливу технологічних факторів на структуру та службові властивості порошкового титану.

Ключові слова: титан, порошкова металургія, гранулометричний склад, механічні властивості, корозійна стійкість.

На сьогоднішній день порошкова металургія є більш економічним методом виготовлення виробів у порівнянні з традиційними технологіями. Мінімальна кількість відходів та майже відсутня необхідність механічної обробки виробів є одними з головних переваг. Одним з найбільш перспективних порошкових матеріалів є титан та його сплави, адже він має невелику питому вагу, високу питому міцність, корозійну стійкість та інші привабливі властивості; до того ж Україна має власне виробництво титану.

Важливою структурною характеристикою, яка визначає властивості порошкових матеріалів і, зокрема їх міцність, є пористість і будова міжчастинкових контактів. На них суттєво впливають такі фізичні характеристики, як форма і розмір частинок порошку, а також поточний тиск пресування. Від щільності (або пористості) виробу залежать майже всі його експлуатаційні характеристики, починаючи від міцності й до корозійної стійкості. На сьогодні існує значна кількість математичних залежностей між міцністю і пористістю порошкового виробу (рівняння М.Ю. Бальшина, Г.М. Ждановича, В.Т.Троценко та інших вчених) і всі вони носять емпіричний характер [1, 2]. Велика кількість залежностей виду $\sigma = f(\Pi)$ пояснюється складністю проблеми та порівняння дослідних даних для зразків з різною пористістю, оскільки форма пор, величина зерна, вміст домішок можуть істотно відрізнятись. При однаковому складі порошкового виробу та умовах його отримання основним фактором, що визначає його властивості, є пористість, змінюючи яку можна отримувати порошоків конструкційні матеріали для різних умов експлуатації.

Оскільки властивості спечених виробів залежать не тільки від режимів пресування і спікання, а також від гранулометричного складу порошоків, тому для дослідження взяли титан марки ВТ1 різних фракцій (100, 160, 200, 315, 630, 800 мкм). Тиск пресування було обрано величиною постійною на рівні 700 МПа (оптимальне значення для цих фракцій). Аналіз мікроструктур показав, що пори в зразках переважно мали неправильну форму, а їх розміри змінювалися при змінненні розмірів частинок. При малих фракціях порошоків вони були розташовані більш поодинокі. Зі збільшенням розміру частинок губчастого порошку титану самі частинки мали більш розгалужену поверхню, оточену мережею пор (більш відкриті та взаємопов'язані).

Висока корозійна стійкість титану та його сплавів спостерігається досить у багатьох середовищах при температурах наближених до кімнатної. Добрий опір титану корозії пояснюється формуванням на його поверхні щільної захисної плівки - оксиду титану. Однак при збільшенні агресивності середовища чи підвищенні температури швидкість корозійних процесів зростає [3,4].

В наших дослідженнях застосування концентрованої хлоридної кислоти та підвищення температури призвело до кородування сплаву з водневою деполаризацією. Інтенсивна корозія відбувалася за рахунок розчинення захисної плівки оксиду титану, в результаті чого метал

перейшов з пасивного до активного стану, що супроводжувалося підвищенням швидкості корозії. Аналіз отриманих даних показав, що чим більше була фракція порошку, тим більші були показники корозії. Таку тенденцію можна пояснити зниженням щільності і підвищенням пористості зразків при збільшенні фракції порошку. Наявність в зразках пористості більших розмірів та в більшій кількості могло призвести до утворення так званої «тунельної» пористості і, відповідно, до збільшення сумарної площі, що кородувала. Також слід врахувати, що при зміні корозійного середовища та появі несприятливих факторів (підвищенні температури) швидкість корозії значно зростає, і матеріали на основі титану, що відносяться до групи стійких переходять до групи нестійких.

Результати досліджень дали можливість варіювання параметрами технології порошкової металургії для отримання необхідного рівня пористості та властивостей порошкового титану.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Осокин, Е. Н. Процессы порошковой металлургии. [Электронный ресурс] : курс лекций / Е. Н. Осокин, О. А. Артемьева. – Электрон. дан. (5 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. URL: <file://E:/Оборудование%20ПМ/Осокин%20Основы%20ПМет.pdf>
2. Кипарисов С.С. Порошковая металлургия / С.С. Кипарисов, Г.А. Либенсон - М.: Металлургия, 1991. - 432 с.
3. Томашов, Н. Д. Теория коррозии и коррозионностойкие конструкционные сплавы / Н. Д. Томашов, Чернова Г.П. - М. : Металлургия, 1986. - 359 с.
4. Коррозия титана. Электронный ресурс [режим доступа <https://www.okorrozii.com/korrozia-titana.html>]

Широкобокова Наталія Вікторівна, к.т.н., доцент, доцент кафедри КМХТ, Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, natabokova12@gmail.com.

Плескач Володимир Михайлович, к.т.н., доцент, доцент кафедри КМХТ Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, vmpayzp@gmail.com.

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS ON THE PROPERTIES OF PRODUCTS FROM VT1

Abstract

The influence of technological factors on the structure and service properties of powder titanium has been investigated.

Keywords: titanium, powder metallurgy, granulometric composition, mechanical properties, corrosion resistance.

Shyrokobokova Nataliya, Ph.D., assistant professor, assistant professor Department of Composite materials, Chemistry and Technologies, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, natabokova12@gmail.com.

Pleskach Volodymyr, Ph.D., assistant professor, assistant professor Department of Composite materials, Chemistry and Technologies, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, vmpayzp@gmail.com.

РОЗПОДІЛ ТЕМПЕРАТУРИ ЗАГОТОВКИ ПРИ ПОПЕРЕЧНО-КЛИНОВІЙ ПРОКАТЦІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто процес поперечно-клинової прокатки заготовок з подовженою віссю. Встановлено, що зовнішні шари заготовки мають меншу температуру в порівнянні з температурою на вісі заготовки. Це негативно впливає на характер напружено-деформованого стану та стійкість інструменту.

Ключові слова: поперечно-клинова прокатка, крива течії, температура, пластичне деформування.

Вступ

Процес поперечно-клинової прокатки застосовується при виготовленні заготовок з подовженою віссю. Пластичне деформування заготовки відбувається за рахунок переносу матеріалу при контакті з клиноподібним інструментом. Для переміщення великих об'ємів матеріалу необхідно нагрівати заготовку.

Метою роботи є аналіз температурних полів в перерізі заготовки при поперечно-клиновій прокатці.

Результати дослідження

Під час руху однієї частини інструменту на зустріч іншій відбувається обертання заготовки. При цьому контакт інструменту з заготовкою відбувається циклічно, що призводить до нагріву інструменту та зменшення температури зовнішніх шарів матеріалу заготовки. При цьому розподіл деформацій також має шаруватий характер [1]. Найбільша деформація спостерігається в шарах матеріалу наближених до поверхні. При збільшенні відстані від поверхні до вісі обертання деформація зменшується.

Найбільш холодними є зовнішні шари матеріалу. Це зумовлено інтенсивним теплопереносом від заготовки до інструменту та зовнішнього середовища. Різниця температури між найбільш холодними зовнішніми шарами матеріалу та температурою на вісі заготовки може досягати 200 °С для гарячої прокатки та 140 °С для напівгарячої поперечно-клинової прокатки [2].

Зменшення температури деформування суттєво впливає на напружено деформований стан. Це зумовлено залежністю зміни кривої течії від температури деформованого металу (рис.).

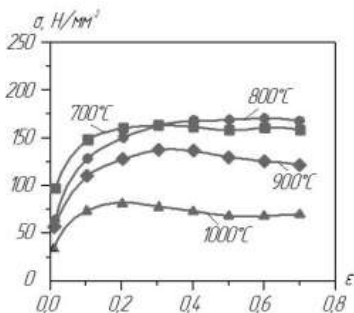


Рисунок - Крива течії сталі 20Г при швидкості деформування 0,5 с⁻¹

На розподіл температур по перерізу заготовки в процесі поперечно-клинової прокатки також впливає величина обтиснення. При суттєвому збільшенні її величини в зоні наближеній до вісі обертання заготовки може спостерігатись підвищення температури матеріалу вище початкової температури нагріву. Це ще більше збільшує градієнт температур по перерізу заготовки.

Ще одним негативним чинником зменшення температури зовнішніх шарів матеріалу деформованої заготовки при поперечно-клинової прокатці є підвищення зносу інструменту в місці контакту. Найбільший знос інструменту характерний для зони врзання, а найменший - зони калібрування. Це зумовлено великими об'ємами переносу матеріалу в процесі врзання інструменту в заготовку.

Висновки

Встановлено що розподіл температури в перерізі заготовки в процесі поперечно-клинової прокатки носить нерівномірний характер. Зовнішні шари заготовки мають меншу температуру в порівнянні з температурою на вісі заготовки. Це негативно впливає на характер напружено-деформованого стану та стійкість інструменту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Z. Pater A thermomechanical analysis of the multi-wedge helical rolling (MWHR) process for producing balls // METABK 55(2), 2016. pp. 233-236.
2. P. Chyla, Z. Pater, J. Tomczak, P. Chyla Numerical analysis of a rolling process for producing steel balls using helical rolls // Arch. Metall. Mater., Vol. 61, №2, 2016. 485-492.

Ядвіжина Марина Анатоліївна, студент групи ІПМ-19мсз, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Сухоруків Сергій Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, suhorukov@vntu.edu.ua

TEMPERATURE DISTRIBUTION OF THE BILLET FOR CROSS-WEDGE ROLLING

Abstract

The process of cross-wedge rolling of billets with an elongated axis is considered. It is established that the outer layers of the billet have a lower temperature compared to the temperature on the axis of the billet. This negatively affects the nature of the stress-strain state and the stability of the tool.

Keywords: cross-wedge rolling, flow curve, temperature, plastic deformation.

Yadvizhina Marin, student of the Faculty of Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Sukhorukov Serhiy, Cand. Sc. (Eng.), Ass. Prof. of the Department of Machine-Building Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, suhorukov@vntu.edu.ua.

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СПАДКОВОСТІ В ПРОЦЕСАХ ГНУТТЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто вплив технологічної спадковості в процесах гнуття.

Ключові слова: процес гнуття, технологічна спадковість.

При виготовленні деталей методом гнуття виникає проблема, яка пов'язана зі зміною кута і радіусу готового виробу. Тому необхідно враховувати технологічну спадковість при формуванні якості виготовлених деталей методом гнуття. Пластичний згин, як і інші види пластичної деформації, супроводжується пружними деформаціями. При вільному згинанні частина заготовки по товщині випробує розтягнення, а інша її частина - стиснення. При знятті зовнішніх навантажень розтягнуті шари прагнуть скоротити свою довжину, а стислі збільшити.

Це викликає зміни форми і розмірів заготовки, радіуса кривизни і кута між прямолінійними ділянками заготовки. Оскільки при розвантаженні шари заготовки, що знаходяться в зоні розтягування, внаслідок пружної деформації скорочуються, а шари, що знаходяться в зоні стиснення, видовжуються. Зміна значень кутів і радіусів при розвантаженні може бути значним і залежить від багатьох факторів.

Різномірні пружні деформації в зонах розтягування і стиснення викликають поворот поперечних перерізів заготовки на кут, який називається кутом пружинення $\Delta\alpha$, який представляє різницю між залишковим кутом деталі α_0 і кутом згину α (рис. 1)

$$\Delta\alpha = \alpha_0 - \alpha. \quad (1)$$

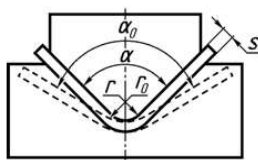


Рисунок 1 – Схема пружинення при згині

Тому, кут пружинення заготовки можна розглядати як фактор технологічної спадковості в процесах згину.

Кут пружинення залежить від товщини матеріалу, форми деталі, відносного радіуса гнуття та кута гнуття. Чим вище границя текучості матеріалу, чим більше відносний радіус і менше товщина матеріалу і чим більше кут гнуття, тим більше п пружинення при інших рівних умовах. При однокутовому згинанні пружинення буде більше, ніж при двокуттовому.

При вільному згинанні величина пружного пружинення залежить від властивостей матеріалу, ступеня деформації при згинанні (співвідношення t/s), кута згинання та способу згинання (V- або U- подібна). Розглянемо спрощені формули для наближеного визначення пружного пружинення при вільному згинанні [1].

Для V-подібному вільному згинанні:

$$\tan \Delta\alpha = 0,375 \frac{l}{ks} \frac{\sigma_m}{E}; \quad (2)$$

для U-подібному вільному згинанні:

$$\tan \Delta\alpha = 0,75 \frac{l_1}{ks} \frac{\sigma_m}{E}, \quad (3)$$

де $\Delta\alpha$ – кут пружинення (односторонній); l – відстань між опорами - губками матриці; k – коефіцієнт, який визначає положення нейтрального шару в залежності від відносного радіуса згину r/s ; s – товщина заготовки; l_1 – плече гнуття.

Коефіцієнт k знаходиться з виразу

$$k = 1 - x,$$

де x – коефіцієнт, який визначає положення нейтрального шару.

Плече гнуття визначається за формулою [1]:

$$l_1 = r_m + r_n + 1,25s,$$

де r_m – радіус матриці; r_n – радіус пуансона.

Величину залишкової пластичної деформації, яка залишається після зняття зовнішніх навантажень і обумовлює точність розмірів відштампованих деталей, можна визначити на основі використання теореми А. А. Льюшіна про розвантаження [2]. Згідно з теоремою розвантаження відбувається за законом Гука, і якщо тіло при навантаженні зазнавало неоднорідну деформацію, то при розвантаженні в ньому виникнуть залишкові напруження, які визначаються різницею між напруженнями, що діють в навантаженому тілі, і фіктивними напруженнями, які виникли б у тілі при пружному деформуванні тієї ж кривизни.

На основі теореми про розвантаження в роботі [3] отримана формула для визначення кута пружинення

$$\Delta\alpha = 3 \frac{\sigma_s}{E} \left(\frac{r}{s} + 0,5 \right) a \quad (4)$$

де σ_s – напруження текучості.

У наведених формулах (2), (3) і (4) автори [1] і [2] не враховують зміцнення, що виникає в процесі деформації металу, а спираються лише на напруження текучості і модуль пружності матеріалу.

В роботі [4] представлена формула визначення кута пружинення в наступному вигляді:

$$\Delta\alpha = \frac{3}{2} \frac{\sigma_{T0} + \Pi \frac{s}{2r+s}}{E} \left(\frac{r}{s} + 1 \right) a, \quad (5)$$

де σ_{T0} – екстрапольована границя текучості, що відповідає початку пластичної деформації; Π – модуль зміцнення.

З розгляду формули (5) видно, що на величину кута пружинення істотно впливає відношення границі текучості до модуля пружності (зміцнення підвищує границю текучості). Отже, наклепаний метал пружинить більше, ніж відпалений. Значний вплив на величину кута пружинення надає також відносний радіус гнуття r/s і кут гнуття α , причому збільшення обох цих величин сприяє зростанню кута пружинення.

Формула (5) враховує зміцнення матеріалу з використанням лінійної апроксимації зміцнення, що збільшує вірогідність отриманих результатів. Однак зміни кута пружинення від згинального кута представлені прямою залежністю, що не завжди узгоджується з експериментальними даними.

Цей недолік усунуто в роботі [5], в якій був проведений розрахунок кута пружинення без правки при силі стискання, що дорівнює нулю.

Була отримана формула для розрахунку пружинення при великих радіусах гнуття:

$$\Delta\alpha \approx \frac{3\sigma_T \rho_0 + (\pi - \alpha)}{Es} + \frac{\Pi}{E} (\pi - \alpha), \quad (6)$$

де ρ_0 – радіус нейтрального шару на останній стадії гнуття.

При малих радіусах гнуття:

$$\Delta\alpha \approx \frac{3\sigma_T \rho_o + (\pi - \alpha)}{Es} + \frac{\Pi}{E} (\pi - \alpha) + \frac{6\sigma_T \rho_o}{Es \tan(\frac{\alpha}{2})} - \frac{l\sigma_T}{Es \sin(\frac{\alpha}{2})}. \quad (7)$$

Врахування технологічної спадковості в процесах згину забезпечують якість виробів машинобудування, особливо виробів літакобудування ракет, морських суден та інших.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Романовский В. П. Справочник по холодной штамповке. Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1979. 520 с.
2. Ильющин А. А. Пластичность. Часть 1. Упруго-пластические деформации. М. – Л. : ОГИЗ, 1948. 376 с.
3. Зубцов М. Е. Листовая штамповка. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1980. 432 с.
4. Попов Е. А. Основы теории листовой штамповки. М. : Машиностроение, 1968. 283 с.
5. Норицын И. А., Калпина Ю. Г. Определение угла пружинения при одноугловой гибке. *Вестник Машиностроения*. 1968. №1. С. 63-66.

Грушко Олександр Володимирович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри опору матеріалів і прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, grushko1alex@gmail.com.

Побережний Михайло Іванович, науковий співробітник кафедри опору матеріалів і прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, poberegnym@ukr.net.

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL HEREDITY IN THE PROCESSES OF BENDING

Abstract

The influence of technological heredity in the processes of bending.

Keywords: bending process, technological heredity.

Grushko Oleksandr, Dr. of Sc., Professor, Head of Department Materials Strength and Applied Mechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, grushko1alex@gmail.com.

Poberegnym Mykhailo, researcher at the Department of Material Resistance and Applied Mechanics, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, poberegnym@ukr.net.

IMPLEMENTATION PROCESSES OF PLASTIC FORMING PRODUCTS OF EUTECTIC COMPOSITE MATERIALS OF THE SYSTEM Ti-TiB₂

National technical University of Ukraine" Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute"

Abstract

Peculiarities of forming details from eutectic composite materials of Ti-TiV₂ system are considered

Keywords: alloy, eutectic, plastic deformation, structure.

An effective direction in increasing the strength of engineering structures is the use of high-strength structurally-heterogeneous eutectic-strengthened materials, including eutectically strengthened, for example, titanium alloys of the Ti-TiB₂ system.

The presence of a solid ceramic eutectic TiB₂ provides an increase in the strength of the alloy by 10-15%, as well as the stability of mechanical properties at high operating temperatures. The main disadvantage of quasi-composite structural-non-uniform material is the reduction of plastic properties to 2-3%. The reason for this is the colonial structure of the reinforcing component of the eutectic TiB₂, which blocks all the sliding systems during plastic deformation.

To improve the plastic properties of the quasi-composite material of the Ti-TiB₂ system, an approach has been developed that includes the two-stage processing of the material of the original structure.

At the first stage, the material is treated in conditions of large deformations of the shear, for example, the method of intense plastic deformation. In the authors' work, a method of processing screw extension extrusion (Patent of Ukraine No. 64346 dated November 10, 11) was proposed and treatment regimes for eutectic quasicomposite material based on titanium alloy BT 8 were developed.

Theoretical and experimental studies were carried out to substantiate the processing regimes. They showed that as a result of plastic deformation, the solid phase of TiB₂ eutectic is crushed. In this case, the size of the particles decreases in proportion to the increase of displacement deformations during processing. At the boundaries of the breakage of the solid phase TiB₂, damage occurs due to the creation of a comprehensive compression under hot plastic deformation. Plasticity of the metal under standard tests increases to 12-15%.

At the second stage, the preform with the modified structure is treated with plastic deformation to provide the shape of the product.

Processed in the production conditions, the process of compression of blades of compressor gas turbine engine from the eutectic material of the Ti-TiB₂ system based on the titanium alloy BT8. It was shown that the implementation of the process provides an increase in mechanical properties in relation to the casting structure by 10 - 16% in the cast part of the blade pen, and in the body of the pen of the blade - by 12 - 17%.

REFERENCES

Titov AV Polivoda SL Peculiarities of forming parts from aluminum alloy fibers // Processing of materials by pressure. 2018. № 2 (47) - P. 120-123.

Titov Vyacheslav Andriyovych - doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Aircraft Production Technology, NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF UKRAINE "KYIV POLYTECHNICAL INSTITUTE, e-mail: vat.kpi@gmail.com

Zlochevska Natalia Kostiantynivna - candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Aircraft Production Technology, NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF UKRAINE «KYIV POLYTECHNICAL INSTITUTE e-mail: zlochevska.natali@gmail.com

Kholiyavik Olga Vitaliyivna - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Aircraft Production Technology, NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF UKRAINE, e-mail: k_OMD@ukr.net

ПРОЦЕСИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОДУКТІВ ПЛАСТИЧНОГО ФОРМУВАННЯ ЕВТЕКТИЧНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ СИСТЕМИ ТІ-ТІВ₂

Анотація

Розглянуто особливості формування деталей з евтектичних композитних матеріалів системи Ti-TiB₂

Ключові слова: сплав, евтектика, пластична деформація, структура.

Тітов Вячеслав Андрійович – доктор технічних наук, завідувач кафедри технології виробництва літальних апаратів, НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО, e-mail: vat.kpi@gmail.com

Злочевська Наталія Костянтинівна – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри технології виробництва літальних апаратів, НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО, e-mail: zlochevska.natali@gmail.com

Холіявік Ольга Віталіївна - кандидат технічних наук, доцент кафедри технології виробництва літальних апаратів, НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО, e-mail: k_OMD@ukr.net

КАРТА МАТЕРІАЛУ W-Ni-Fe ЯК ОСНОВА ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ РЕОЛОГІЧНО ПОДІБНИХ МАТЕРІАЛІВ

Вінницький національний технічний університет України, м. Вінниця.

Анотація

Розглянуто можливість моделювання без проведення натурального експерименту.

Ключові слова: моделювання, напружений стан, редукування.

Розвиток сучасних технологій передбачає крім покращення характеристик виробу, зменшення витрат на матеріали, покращення умов праці, але й використання нових матеріалів в існуючих виробках, зменшення затрат часу на моделювання нових та вдосконалення існуючих виробів. Використання реологічно подібних матеріалів для моделювання конкретного процесу дає можливість здійснити перерахунок параметрів напруженого стану без здійснення імітаційного моделювання. На прикладі процесу вісесиметричного деформування заготовок з порошкових сплавів системи W-Ni-Fe, опишемо специфіку реалізації процесу вісесиметричного деформування-редукування та залежності, що дозволять здійснювати перерахунок складових напруженого стану для процесу редукування.

Виготовлення інструменту з твірною поверхнею складної геометрії є досить вартісним, тому використано інструмент прямолінійної форми. Серед труднощостей, що виникають в процесі обробки таким інструментом є формування трьох по довжині заготовки зон деформування [1]. Довжина цих зон (рис. 1) та деформованість матеріалу в них визначає вихід якісної продукції .

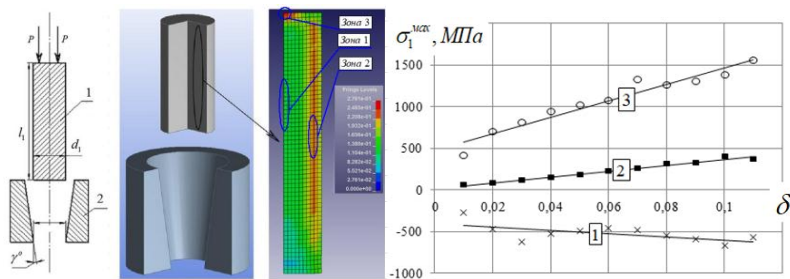


Рисунок 1 - Залежність максимальних головних нормальних напружень від величини відносного обтиску

Вивчення особливостей процесу редукування на основі карти матеріалу [2] W-Ni-Fe дає можливість забезпечити реалізацію процесу з необхідними якісними характеристиками виробу. Для більш широкого використання таких досліджень варто використати підходи роботи [3], згідно з якими, моделювання деформування заготовок з матеріалів з подібною реологією повторного моделювання не потребують. Для випадку вісесиметричного процесу редукування із врахуванням карти матеріалу, зокрема W-Ni-Fe залежності перерахунку набувають вигляду:

$$\sigma'_{cp} = \sigma_{cp} \frac{\sigma'_i}{\sigma_i} = \sigma_{cp} \frac{A'}{1730^{3,861n'}} \sigma_i^{(3,861n'-1)}, \quad (1)$$

$$\sigma'_\varphi = \sigma_\varphi \frac{A'}{1730^{3,861n'}} \sigma_i^{(3,861n'-1)}, \quad (2)$$

$$\sigma'_z = \sigma_z \frac{\sigma'_i}{\sigma_i} = \sigma_z \frac{A'}{1730^{3,861n'}} \sigma_i^{(3,861n'-1)}, \quad (3)$$

$$\sigma'_r = \sigma_r \frac{A'}{1730^{3,861n'}} \sigma_i^{(3,861n'-1)}, \quad (4)$$

$$\tau'_{rz} = \tau'_{zr} = \tau_{rz} \frac{A'}{1730^{(3,861n')}} \sigma_i^{(3,861n'-1)}, \quad (5)$$

$$\sigma'_n = \sigma_n \frac{\sigma'_i}{\sigma_i} = \sigma_n \frac{A'}{1730^{(3,861n')}} \sigma_i^{(3,861n'-1)}, \quad (6)$$

$$\tau'_n = \tau_n \frac{A'}{1730^{(3,861n')}} \sigma_i^{(3,861n'-1)}, \quad (7)$$

$$\tau_{p0} = \tau_{0p} = \tau_{z0} = \tau_{0z} = 0, \quad (8)$$

де, $\sigma_i (\sigma'_i)$ - інтенсивність напружень модельного (натурного) матеріалу, ε_i - інтенсивність деформацій, A' та n' – коефіцієнти апроксимації для натурного матеріалу, $\sigma_{cp} (\sigma'_{cp})$ - середнє напруження модельного (натурного) матеріалу, $\sigma_\varphi (\sigma'_\varphi)$ - нормальні тангенціальні напруження в циліндричній системі координат для модельного (натурного) матеріалу, $\sigma_z (\sigma'_z)$ - нормальні осеві напруження в циліндричній системі координат для модельного (натурного) матеріалу, $\sigma_r (\sigma'_r)$ - нормальні радіальні напруження в циліндричній системі координат для модельного (натурного) матеріалу, $\tau'_{rz}, \tau'_{zr}, \tau_{rz}$ - відповідно дотичні напруження для модельного та натурного матеріалу, $\sigma_n (\sigma'_n)$ - нормальні контактні напруження модельного (натурного) матеріалу, $\tau_n (\tau'_n)$ - дотичні контактні напруження для модельного (натурного) матеріалу, $\tau_{p0}, \tau_{0p}, \tau_{z0}, \tau_{0z}$ - дотичні напруження в циліндричній системі координат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зайдес С.А., Исаев А.Н. Технологическая механика осесимметрического деформирования. Иркутск: Изд-во ИрГТУ. 2007. 432с.
2. Грушко О.В., Гуцалюк О.В., Андреев И.В., Мельниченко В.В., Студенец С.Ф. Механічні характеристики сплавів системи W-Ni-Fe *Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України: Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2018. С. 88–95.
3. Грушко А. В. Метод эквивалентной оценки энергосиловых параметров процессов пластического формоизменения. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ» : зб. наук. пр. Темат. вип. : Нові рішення в сучасних технологіях*. Харків : НТУ «ХПІ». 2012. 47. С. 14–23.

Грушко Олександр Володимирович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри опору матеріалів і прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, grushko1alex@gmail.com.

Гуцалюк Олександр Володимирович, к.т.н., інженер 1 категорії ЛЦ БіоАрт, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, oleksandrompm@ukr.net.

W-Ni-Fe MATERIAL MAP AS A BASIS FOR MODELING THE STRESS STATE OF RHEOLOGICALLY SIMILAR MATERIALS

The possibility of modeling without conducting a field experiment is considered.

Keywords: modeling, stress state, reduction.

Hrushko Olexandr, Dr. of Sc., Professor, Head of Department Materials Strength and Applied Mechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, grushko1alex@gmail.com.

Gutsalyuk Olexander, Ph.D., engineer of the 1st category of LC BioArt, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, poberegnyu@ukr.net.

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПРОБЛЕМ, ЩО ВИНИКАЮТЬ В ПРОЦЕСІ ХОЛОДНОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ЗАГОТОВОК КОРИТНОГО ТИПУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовані основні проблеми та запропоновано технологічні заходи, які спрямовані на підбір операцій згинання заготовок коритного типу до силових характеристик пресового устаткування.

Ключові слова: згинання, деформовність, пластичність.

На сьогоднішній день спостерігається позитивна тенденція використання великої кількості гнутих металевих профілів для багатьох галузей народного господарства. Більш того, в деяких конструктивних рішеннях гнуті профілі виявляються пріоритетними як з точки зору вагової віддачі, так і з точки зору їх експлуатаційної надійності та ефективності [1].

Існує декілька альтернативних методів отримання гнутих профілів, а саме: прокат, гнуття на пресах та протягування в інструментальних фільєрах. Однак використання цих способів виготовлення проблематичне для отримання профілів з широких заготовок [2]. Ще більш суттєвим обмеженням цих технологій є отримання профілів з малопластичних металів. Крім того, ці способи приводять до великих втрат металу, вони малопродуктивні, собівартість гнутих профілів виявляється достатньо високою, що різко обмежує використання вказаних технологій у виробничій сфері [2, 3].

Метою роботи є аналіз проблем холодного пластичного формотворення заготовок коритного типу та підбір технологічних варіантів гнуття заготовки для виготовлення дрібної серії деталей на невиробничому пресовому устаткуванні.

Достатньо високі затрати, що виникають внаслідок виготовлення профільованих деталей, потребують детального аналізу причин, що приводять до таких затрат [4]. В роботі наведені основні види дефектів профілів та можливих причин їх виникнення:

- 1) Відхилення геометрії у в осевому напрямку (прогин у вертикальному напрямку, прогин в горизонтальному напрямку, скручування)
- 2) Дефекти поперечного профілю (відсутність точності лінійних розмірів, недоформована зона згину, різна товщина по перерізу)
- 3) Втрата стійкості елементів профілю (кромкова хвилястість, злам полиці, зминання, складки на внутрішній поверхні зони згину)
- 4) Дефекти поверхні та руйнування (дефекти поверхні: задири; подряпини; порушення шару покриття; дефекти, пов'язані з руйнуванням: - руйнування зовнішнього контуру)
- 5) Шкідлива зміна механічних властивостей (нерівномірне деформаційне зміцнення, великозернистість після термообробки)

Наведений аналіз дозволяє виявити особливості виникнення дефектів гнутих профілів, що виготовляються з листового матеріалу. Враховуючи розглянуті способи виготовлення гнутих заготовок та спектр дефектів, що супроводжує деякі з них, виявлено найбільш ефективний та прогресивний метод виробництва гнутих товстолистових профілів в умовах дрібносерійного виробництва – це гнуття в штампах [5]. Застосування гнутих заготовок із листового та смугового прокату замість заготовок, що отримані безпосередньо прокатуванням дозволяє суттєво знизити вагу виготовлених деталей та складальних одиниць машин.

В основу розробок були покладені потреби адаптувати технологію виробництва деталі коритного профілю (рис.1).

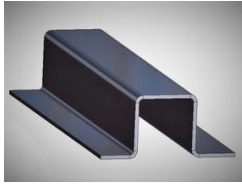


Рис. 1 – Заготовка коритного типу

Показано, що розробка гнучких, маловитратних технологічних рішень, які швидко переналагоджуються та адаптовані до умов виробництва із наявним устаткуванням, є актуальним науково-практичним завданням, яке пов'язане, здебільше, із вирішенням перевірочних задач. При цьому для виготовлення дрібних партій деталей можливе використання не виробничого лабораторного устаткування.

Розроблені та проаналізовані технології гнуття заготовок коритного типу, що дозволяють знизити силу формозмінювальної операції та розширити технологічні можливості пресового устаткування.

Проведений аналіз показує, що використання гнутих широких заготовок може забезпечити конструктивно-технологічне вдосконалення, надійність, мобільність та довгий термін експлуатації конструкцій, що використовуються в багатьох галузях народного господарства.

Показано, що при формоутворенні гнутих заготовок найбільш серйозними є дефекти зміни розмірів перерізу профілю, втрати стійкості його елементів та порушення цілісності зовнішньої поверхні.

Визначення деформовного зусилля, що необхідне для гнуття деталей в штампах, викликає певні труднощі, внаслідок чого дане питання може бути вирішене лише приблизно. Це тому, що зусилля гнуття залежить від великого числа факторів, до яких належать форма та розміри поперечного перерізу заготовки, характеристики її механічних властивостей, відстань між опорами, радіуси округлення пуансона та робочих кромek матриці, умови контактного тертя тощо. В зв'язку з тим, що практично важко вловити момент повного зіткнення заготовки з інструментом, гнуття в штампі закінчується, як правило, прикладанням додаткових зусиль, в результаті чого відбувається правка zdeформованої ділянки заготовки. Для практичних цілей важливим є визначення зусиль гнуття на першій та завершальній її стадіях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ильин Л. Н. Технология листовой штамповки / Л. Н. Ильин, И. Е. Семенов. – М.: Дрофа, 2009. – 475 с.
2. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке / В.П. Романовский. – Л.: Машиностроение. Ленингр.от-ние, 1979. – 520 с.
3. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В.А. Огородников. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1983. – 175 с.
4. Губкин С.И. Пластическая деформация металлов. Физико-механические основы пластической деформации / С.И. Губкин. –М.:Металлургиздат, 1961. – 376 с.
5. Грушко О. В. Моделивання зміцнення матеріалу в процесі штампування z-подібних заготовок / О. В. Грушко, Т. І. Молодецька // Обработка материалов давлением : сб. науч. тр. – 2012. – № 1 (30). – С. 31–37.

Молодецька Тетяна Ігорівна к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, molodetska.tanya@ukr.net

ANALYSIS OF THE MAIN PROBLEMS THAT ARISE IN THE PROCESS OF COLD PLASTIC DEFORMATION WORKPIECES PROFILE TYPE.

Abstract

Technological methods for adaptation bending operation of sheet bars profile type by pressure materials to the power characteristics of press equipment were proposed.

Keywords: *bending, deformability, plasticity.*

Molodetska Tatyana Igorivna, candidate of engineering sciences, docent, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, molodetska.tanya@ukr.net.

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ДТП.

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано способи визначення енергії пластичного деформування транспортних засобів при дослідженні різних типів ДТП.

Ключові слова: ДТП, енергія деформування.

Abstract

Different methods of determining the energy of plastic deformation of vehicles in the investigation of different types of road accidents are analyzed.

Keywords: Accidents, deformation energy.

Вступ

У зв'язку зі стрімким збільшенням кількості транспортних засобів в останні роки, на автодорогах України спостерігається суттєве збільшення кількості ДТП. За офіційними даними Патрульної поліції України лише в 2020 році на дорогах держави сталось 26140 ДТП з постраждалими та загиблими, у яких 3541 громадян отримали травми несумісні з життям.

При розслідуванні ДТП основним питанням, що визначає відповідність дій водіїв вимогам правил дорожнього руху, є визначення швидкості руху транспортних засобів на момент, що передував зіткненню. Тому напрямок визначення цієї швидкості з врахуванням механічних пошкоджень представляє значний науковий та практичний інтерес.

Результати дослідження

В експертній практиці найбільш широко розповсюджені методи визначення швидкості за довжиною гальмівного шляху [1]. Вони можуть бути використані у дослідженні аварій вітчизняних автомобілів без значних механічних пошкоджень. Однак, зазначені методи втратили свою актуальність з появою антиблокувальних систем ABS, що виключають можливість проковзування коліс автомобіля відносно дорожнього покриття, а отже появу слідів гальмування.

У результаті зіткнення автомобіля з перешкодою, кінетична енергія перетворюється на енергію пластичного деформування елементів його конструкції, на деформування і руйнування перешкоди, а також на відкидання транспортного засобу після зіткнення. У випадку зіткнення на швидкостях більше 50 км/год, визначальною є поглинута енергія пластичного деформування конструкції, тому питання її визначення є актуальним.

У роботі [2] пропонується визначати енергію деформування транспортного засобу шляхом моделювання удару методом скінченних елементів. Створення для вказаного методу 3D моделей транспортних засобів потребує значних людських та технічних ресурсів, а також проведення великої кількості механічних випробувань для визначення властивостей матеріалів усіх складових конструкції. Тому зазначений метод складно застосовувати в експертній практиці і він викликає лише науковий інтерес.

Для сучасних транспортних засобів, які пройшли сертифікаційні випробування - "краш-тести", енергія деформування може бути визначена в середовищі програмного комплексу PC-Crash [3]. Програма містить результати сертифікаційних випробувань і за відомими геометричними параметрами деформацій дає змогу визначати енергію пластичного деформування елементів конструкції, пошкоджених в результаті зіткнення (рис. 1).

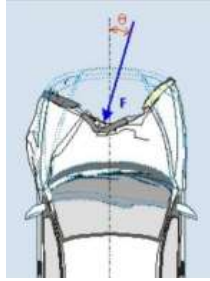


Рис. 1. Зображення деформацій автомобіля в середовищі PC-Crash.

У такому випадку, можливий також варіант визначення з використанням коефіцієнтів енергопоглинання конструкцій [6]. Для прикладу, у випадку пошкодження у вигляді прямокутника шириною δ_{ji} і глибиною λ_{ji} може бути використана залежність:

$$w_{defji} = \delta_{ji} \left[A_{ji} \lambda_{ji} + B_{ji} \frac{(\lambda_{ji} - \lambda_{0jiv})^{k_{jiv} + 1}}{k_{jiv} + 1} + C_{ji} \frac{(\lambda_{ji} - \lambda_{0jic})^{k_{jic} + 1}}{k_{jic} + 1} \right]. \tag{3}$$

де A_{ji}, B_{ji}, C_{ji} - константи енергопоглинання при деформуванні транспортного засобу в залежності від напрямку дії ударного імпульсу при зіткненні; $\lambda_{0jiv}, \lambda_{0jic}, k_{jiv}, k_{jic}$ - коефіцієнти апроксимації підінтегральної кривої функції; λ і $\delta(\delta_{ji}, \lambda_{ji}, \lambda)$ - поточні координати глибини і ширини пошкоджень.

Для прикладу, константи енергопоглинання і коефіцієнти апроксимації при деформації спереду при фронтальних ударах під кутом до повздовжньої осі автомобіля з виходом пошкоджень на одну бічну поверхню кузова мають такі значення: $A_{jiv} = (116..120)$ кДж/м², $B_{jiv} = -(7,0..13)$ кДж/м^(1,9...1,7), $C_{ji} = 0$, $\lambda_{0jiv} = (0,3 \dots 0,5)$ м.

Коефіцієнти енергопоглинання визначаються для кожної нової моделі автомобілів шляхом проведення "краш-тестів" за визначених умов удару: швидкість, напрямок, жорсткість перешкоди, характер взаємодії з перешкодою тощо. Тому такий підхід з одного боку є дорогаватрісним і малоінформативним, а з іншого – суттєво занижує показники швидкості, оскільки не враховується швидкісний ефект [9].

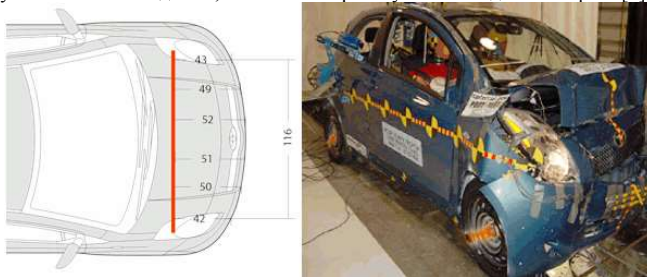


Рис. 2 – Результати краш-тесту автомобіля “Toyota Yaris”

Разом з тим, виникає ряд випадків, коли автомобіль занадто старий (або новий) і для нього відсутні узагальнені параметри енергопоглинання, або ж механізм деформування транспортних засобів суттєво відрізняється від стандартних випробувань. Крім того, константи енергопоглинання відсутні для вантажних автомобілів, мікроавтобусів та мотоциклів, оскільки для них не проводяться стандартні “краш-тести”, що накладає суттєві обмеження на використання методу.

У такому разі, енергія пластичного деформування елементів конструкції може бути визначена за [4-9]. У [4] проаналізовано основні підходи до визначення швидкості руху транспортних засобів з врахуванням їх пошкоджень при дорожньо-транспортних пригодах.

Енергія пластичного деформування елементів конструкції може бути визначена з врахуванням зміни твердості металу [5-8]:

$$W_{nm} = W_0 \exp \frac{\ln k_H / D}{C}, \quad (1)$$

де W_{nm} – питома потенційна енергія деформування в Дж/см³; $W_0 = \frac{\sigma_{0.2}^2}{2E}$ – пружна питома потенційна енергія в Дж/см³; $\sigma_{0.2}$ – границя текучості матеріалу в МПа; E – модуль пружності 1-го роду в МПа; D і C – коефіцієнти апроксимації кривої $k_H=f(k_H)$.

Величина питомої потенційної енергії деформування W_{nm} також може бути розрахована за формулою:

$$W_{nm} = A \int_0^e \varepsilon_u^n d\varepsilon_u = A \frac{\varepsilon_u^{n+1}}{n+1}, \quad (2)$$

де A , n – коефіцієнти апроксимації кривої текучості, що мають фізичний зміст: A – напруження текучості (у МПа) при інтенсивності деформацій $\varepsilon_u=1$, n – ступінь деформації, що відповідає максимальному навантаженню на умовній діаграмі розтягу.

Такий підхід дає змогу досліджувати не лише стандартні випадки ДТП, але й нетипові зіткнення: з металевими елементами інфраструктури (електроопорами, парканами, тощо), з вантажними автомобілями та мотоциклами (для яких відсутні показники енергопоглинання), наїзди на пішоходів тощо.

Вплив швидкісного ефекту може бути врахований [9] і він може складати до 25% від сумарної енергії деформування для всієї конструкції (та до 40% по окремим елементам).

Висновки

У разі потреби визначення швидкості руху транспортних засобів при ДТП з врахуванням пошкоджень, найбільш універсальним є метод твердості, який може бути застосований для будь-яких типів та моделей транспортних засобів, а також для металевих та залізобетонних елементів конструкцій, що були пошкоджені в результаті зіткнення. Проте, для його застосування мають бути збережені і надані на огляд пошкоджені автомобілі, тому важливим є питання оперативності ухвалення рішення про проведення дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Евтюков С. А. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий : справочник / С. А. Евтюков, Я. В. Васильев. – СПб: Издательство ДНК, 2006. – 536 с.
2. CRASH3 Technical Manual. NHTSA, Washington D.C. – 1986. – 458 p.
3. Огородников В. А. ЭНЕРГИЯ, ДЕФОРМАЦИИ, РАЗРУШЕНИЕ. Задачи автотехнической экспертизы : монография. / В. А. Огородников, В. Б. Киселев, И. О. Сивак – Винница : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 204 с.
3. Проблемы и перспективы энергетических методов реконструкции ДТП / В. Н. Торлин, В. А. Ксенофонтова, А. А. Ветрогон, Е. В. Яковенко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2013. – Вып. 61–62. – С. 170–173.

4. Перлов В. С. Енергія пластичного деформування елементів конструкцій транспортних засобів при ДТП / Перлов В. С., Кириця І. Ю. // Вісник машинобудування та транспорту. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – Вип. 2. – С. 90–94
5. Огородников В. А. ЭНЕРГИЯ. ДЕФОРМАЦИИ. РАЗРУШЕНИЕ. Задачи автотехнической экспертизы : монография. / В. А. Огородников, В. Б. Киселев, И. О. Сивак – Винница : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 204 с.
6. Огородников В. А. Визначення параметрів розкриття подушок безпеки з врахуванням енергії пластичної деформації елементів конструкцій автомобілів при ДТП / Огородников В. А., Байков В.П., Кисельов В.Б., Перлов В. С. // Вісник національного транспортного університету. – Київ, 2012 - №26/2 - С. 229-236.
7. Огородников В. А. Алгоритм определения энергии деформации элементов конструкций из листовых материалов / Огородников В. А., Перлов В. Е., Побережный М. И. // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні (Зб. наук. праць ДДМА). – Краматорськ, 2008. – С. 135-140.
8. Огородников В. А. Визначення енергії пластичної деформації елементів конструкцій транспортних засобів і параметрів розкриття подушок безпеки при ДТП / Огородников В. А., Перлов В. С. // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. Серія: технічні науки – Вінниця, 2009 - №3 – С. 5-9.
9. Огородников В. А. Учет скоростного эффекта при расчете энергии пластической деформации конструкций транспортных средств /Огородников В. А., Перлов В. Е. // Вісті академії інженерних наук України. – 2009. - №1(38). – С. 121-125.

Перлов Віктор Євгенійович — канд. техн. наук, доцент кафедри опору матеріалів і прикладної механіки, Вінницький національний технічний університет

Perlov Viktor — PhD, Associate Professor of Materials Resistance and Applied Mechanics Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: perlov@vntu.edu.ua

РОЛЬ, МІСЦЕ ТА ІСТОРИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЯ В. ОГОРОДНІКОВА В СТАНОВЛЕННІ ТЕОРІЇ ДЕФОРМОВНОСТІ

Вінницький національний технічний університет¹,
Вінницький національний аграрний університет²

Анотація

Ця робота присвячена вивченню ролі, місця та історичного значення критерія В. Огороднікова в становленні теорії деформовності. Стисло описано передісторію та фундамент на якому побудовано теорію, верхівкою якої став критерій В. Огороднікова. Зазначено ключові складові шаленого успіху та популярності теорії деформовності, як на стадії її становлення, так і в наш час. Серед цих складових акцентовано на унікальному менеджерському таланті Віталія Антоновича. Саме з цим пов'язується створення наукової школи В. Огороднікова та підтримка тісних і плідних стосунків з колегами з усіх великих та малих куточків України. Зазначені деякі найбільш перспективні напрямки розвитку теорії деформовності, що пов'язані з побудовою моделей на основі визначальних співвідношень спадкового типу.

Ключові слова: теорія деформовності, критерій Огороднікова, теорія тривалої міцності, теорія підсумовування пошкоджень, визначальні співвідношення спадкового типу.

Спочатку були праці Г. О. Смірнова-Аляєва, потім, в 1970 р. з'явився критерій В. Л. Колмогорова, а в 1975 в одному з провідних журналів була опублікована стаття авторів Г. Д. Деля, В. А. Огороднікова, В. Г. Нахайчука, де було запропоновано критерій деформовності матеріалів при пластичних деформаціях матеріалів під час обробки тиском. Ця стаття та сам критерій впродовж декількох років набули неабиякої популярності серед науковців і ця популярність зберігається і до сьогодні. Появі цієї праці передувала не менш важлива праця І. П. Рене, В. А. Огороднікова, В. Г. Нахайчука, в якій було розроблено теоретичні основи постановки експериментальних досліджень граничних пластичних деформацій матеріала при спільному крученні з розтягом за різними програмами суцільних циліндричних зразків. Оригінальні теоретичні розробки разом з унікальними й до сьогодні експериментальними даними – ось той фундамент, на якому була побудована модель підсумовування пошкоджень, що отримала назву "Критерій Огороднікова". Віддаючи належне геніальному Гарі Даниловичу, відомому теоретику І. Рене та унікально талановитому В. Нахайчуку, наукова спільнота абсолютно справедливо усвідомлює, що провідна роль в цих дослідженнях належить Віталію Антоновичу, який завжди був командним гравцем.

Якими б визначними не були згадані праці, а також багато інших праць В. Огороднікова, що були присвячені застосуванню однойменого критерія в дослідженні процесів обробки металів тиском, це була тільки одна частина такого шаленого успіху. Друга, і, можливо, головна, частина, полягає в унікальному менеджерському таланті Віталія Антоновича. І створена ним наукова школа у Вінницькому національному технічному університеті – лише невелика частина цієї діяльності. Насправді учні В. Огороднікова працюють не тільки по всій Україні, а й далеко за її межами. Але головне – це величезна кількість друзів в усіх куточках України та за її межами, яких Віталій Антонович умів переконати у важливості своїх досліджень і за допомогою яких розвиток та застосування теорії деформовності досягло того рівня, що ми сьогодні спостерігаємо.

Яке ж місце займають дослідження В. Огороднікова на фоні світових праць? Щоб відповісти на це питання достатньо розглянути один із напрямків, що безпосередньо пов'язаний з появою критерія В. А. Огороднікова, а саме – побудову діаграм пластичності.

За останні два десятиліття цей напрям набув фантастичної для відповідної галузі наук популярності: сотні, а швидше тисячі публікацій в провідних закордонних журналах та виданнях. Це можна пов'язати з двома основними причинами.

Одна із них полягає в різкому зростанні потужності, а, отже, і практичної цінності результатів математичного моделювання за допомогою сучасних програмних комплексів типу Abaqus, LS-Dyna, DEFORM 3D і т. ін. Для розрахунку граничних пластичних деформацій в цих комплексах передбачено використання різних математичних моделей [1].

Інша – в необхідності пошуку можливостей, принаймні, часткової заміни надзвичайно дорогіших краш-тестів автомобілей лабораторними випробуваннями механічних властивостей матеріалів за різних умов напруженого стану.

Слід визнати, що праці наукової школи В. Огороднікова відомі у всьому світі. І в той же час авторами [1], на основі аналізу сотен високореєтингових закордонних публікацій, констатується, що ці праці у світовій науковій літературі відповідного напрямку не набули того визнання, що мають аналогічні праці закордонних вчених, опубліковані в той самий історичний період. Слід визнати і те, що незважаючи на загальне визнання вітчизняними науковцями вагомості наукового вкладу праць В. Огороднікова в українську та світову науку, й до сьогодні недостатньо усвідомлюється істине місце цих праць серед найрейтинговіших аналогів у світовій науковій літературі відповідного напрямку. Задача виправлення цієї історичної несправедливості покладатися на послідовників школи В. Огороднікова, як і подальший розвиток теорії деформовності.

В якості обґрунтування актуальності цих досліджень достатньо зауважити, що сотні публікацій в престижних закордонних виданнях, обмежуються застосуванням спрощених, у порівнянні з критерієм В. Огороднікова, моделей. А праць, в яких поєднуються теоретичний рівень цього критерія з його численними прикладними застосуваннями, притаманними працям В. Огороднікова та його учнів [2, 3], в закордонній літературі автори не знайшли.

Щодо найбільш цікавих та перспективних, з нашого погляду, сучасних напрямів розвитку теорії деформовності, насамперед, слід відзначити теорію підсумовування пошкоджень на основі визначальних співвідношень спадкового типу. Розвиток цього напрямку не тільки сприяв поєднанню та взаємозбагаченню теорій тривалої міцності та деформовності в рамках загальної теорії підсумовування пошкоджень, а й виводить саму загальну теорію далеко за рамки галузей її традиційного використання. Про це свідчить і знайдений авторами зв'язок теорії підсумовування спадкового типу з класичною задачею про таутохрону, а отже, і брахістохроною - кривою найшвидшого спуску. А також модель та закономірності, що з неї випливають, стосовно витрачання ресурсу спортсмена, що долає певну дистанцію із змінною швидкістю пересування.

Постановка та розв'язання оригінальних для теорії підсумовування пошкоджень математичних задач оптимізації надала можливість винайти закони зміни швидкості деформації, що відповідають переходу матеріалів в стан надпластичності.

Звичайно, ми торкнулися лише деяких перспективних напрямів досліджень серед десятків інших, які безсумнівно будуть висвітлені у багатьох доповідях цієї конференції.

На завершення цього тисляго, звичайно, суб'єктивного, і далеко, далеко неповного аналізу ролі місця та історичного значення критерія В. Огороднікова в становленні теорії деформовності, наведемо наші ж слова до одного з недавніх минулих ювілів Віталія Антоновича

«ВСЕ ВЕЛИКЕ БАЧИТЬСЯ ЗДАЛЕКУ»...

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Михалеви́ч В. М. Порівняльне дослідження моделей граничних пластичних деформацій / В. М. Михалеви́ч, Ю. В. Добранюк, О. В. Красевський // Вісник машинобудування та транспорту. – Вінниця: ВНТУ – 2018. – № 2(8). – С. 56-64.
2. Огородніков В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В. А. Огородніков. — К. : Вища школа. 1983. – 175 с.
3. Матвийчук В. А. Совершенствование процессов локальной ротационной обработки давлением на основе анализа деформируемости металлов: Монография / В. А. Матвийчук, И. С. Алиев. – Краматорск: ДГМА, 2009. – 268 с.

Володимир Маркусович Михалевич, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри вищої математики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vmykhal@gmail.com

Віктор Андрійович Матвійчук, д-р техн. наук, професор, декан інженерно-технологічного факультету, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, e-mail: vamatv50@gmail.com;

ROLE, PLACE AND HISTORICAL SIGNIFICANCE OF V. OGORODNIKOV'S CRITERION IN THE FORMATION OF THE THEORY OF DEFORMITY

Abstract

This work is devoted to the role, place, and historical significance of V. Ogorodnikov's criterion in the formation of the theory of deformation. The background and the foundation on which the theory is built, the top of which was V. Ogorodnikov's criterion, is briefly described. The key components of the wild success and popularity of the theory of deformation, both at the stage of its formation and in our time, are indicated. Among these components, the emphasis is on the unique managerial talent of Vitaly Antonovich. With this, the creation of V. Ogorodnikov's scientific school is associated and the support of close and fruitful relations with colleagues from all large and small parts of Ukraine. These are some of the most promising directions in the development of the theory of deformation associated with the construction of models based on the constitutive relations of the hereditary type.

Keywords: theory of deformation, Ogorodnikov criterion, theory of long-term strength, theory of damage summation, constitutive relations of the hereditary type.

Mykhalevych Volodymyr, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair for Higher Mathematics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, vmykhal@gmail.com

Matviichuk Viktor, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Dean of the engineering and technology faculty, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, vamatv50@gmail.com

ДВОРІВНЕВІ ЕЛАСТОМІРНІ КОМПЕНСАТОРИ СИСТЕМИ «ПРЕС-ШТАМП»

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

Анотація

Розглянуто сили, що діють на двошаровий еластомерний компенсатор системи "прес-штамп". Показано раціональність впровадження додаткової ланки - конектору, який забезпечує принципи паралельного перенесення сил і зменшує похибки у системі "прес-штамп" при асиметричному навантаженні повзун. Запропоновано узагальнений метод розрахунку двошарових компенсаторів із конектором.

Ключові слова: прес-штамп, похибка, листове штампування, асиметричне навантаження, повзун.

В процесі розробки принципу дії компенсатора, що забезпечує паралельне перенесення сили реакції центру тиску штамп, був проаналізований характер напружено-деформованого стану одинарного еластомерного пружного елемента довільного перетину. Додавання стискаючої сили викличе деформацію еластомеру, що призведе до появи рівних, співвісних стискаючим, сил пружності, що прагнуть повернути його в початковий стан. Можна вважати, що дана конструкція знаходиться в стані стійкої рівноваги незалежно від величини і ексцентриситету позacentрового навантаження [1] до досягнення максимальних напружень в перерізі еластомеру, що припустимі для обраного матеріалу.

Аналіз характеру НДС одинарного еластомерного пружного елемента, замкнутого між двома абсолютно жорсткими паралельними плитами, при прикладанні стискаючих сил в характерних точках його горизонтального перетину, дозволяє зробити наступні висновки: 1. При прикладанні стискаючих сил в межах ядра перетину, площа кожного еластомерного елемента, що сприймає розподілене навантаження, не змінюється і відповідає його загальній площі. 2. Зміна напрямку вектора стискаючої сили залежить від її величини. 3. Позacentрово стиснений еластомерний елемент, в даній конструкції, має властивість заломлювати вектор прикладеної стискаючої сили на кут, рівний куту між двома абсолютно жорсткими плитами. 4. Площиною заломлення вектора позacentрового навантаження в даній конструкції є площина, на якій лежить бісектриса кута між двома абсолютно жорсткими плитами, що обмежують еластомерний елемент.

На підставі аналізу НДС позacentрово навантаженого одинарного еластомерного елемента, обмеженого двома абсолютно жорсткими плитами, можна припустити, що паралельний перенос вектору технологічної сили в точку центру тиску штамп може бути реалізований за допомогою конектору – проміжної плити дворівневого еластомерного компенсатора, що передає розподілене навантаження між несучими площинами еластомерних елементів.

При збігу напрямків векторів сили пружності верхнього і нижнього еластомерних елементів в точці, що лежить в середньому перетині проміжної плити, компенсатор позacentрового навантаження, прикладеного до однієї з зовнішніх плит, відбувається без появи паразитних обертаючих моментів на зовнішніх плитах. Результати даного теоретичного дослідження повністю підтверджуються методами натурного і математичного моделювання. На підставі літературного огляду та патентного пошуку можна зробити висновок, що теоретичне обґрунтування можливості паралельного перенесення вектору сили зроблено вперше.

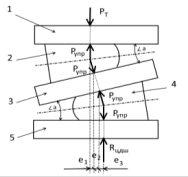
Порядок розрахунку дворівневого еластомерного компенсатора може передбачати наступні етапи: 1) побудова розрахункової схеми (рис. 1); 2) визначення розмірів перетину заданого типу; 3) визначення робочого кута нахилу конектору; 4) визначення висоти конектору (для варіанту 1) або еластомерного елемента (для варіанту 2); 5) визначення відносного монтажного зміщення між центрами ваги верхнього і нижнього еластомерних елементів.

Після виконання всіх необхідних перетворень та підстановок отримані залежності для визначення сумарного ексцентриситету, що компенсується при обраній розрахунковій схемі:

$$e_x = \frac{H_0 \cdot \varepsilon_{\text{дон}}}{l_x} \cdot \left(\frac{H_0 \cdot P}{F \cdot E} \left(1 + \frac{x_p^2 \cdot F}{I_y} \right) + H_K \right); \quad (1)$$

$$e_x = \frac{H_0^2 \cdot P \cdot \varepsilon_{\text{дон}}}{F \cdot E \cdot I_y \cdot l_x} \left(I_y + F \cdot x_p^2 \right) + \frac{H_0 \cdot H_K \cdot \varepsilon_{\text{дон}}}{l_x}, \quad (2)$$

де H_0 і H_K – висота еластомерного елемента до стиснення і конектору відповідно; $\varepsilon_{\text{дон}}$ – допустимий коефіцієнт деформації; l_x – габаритний розмір еластомерного елемента у точці прикладання сили P ; F і E – площа перетину і модуль Юнга матеріалу еластомерного елемента; x_p – координата точки прикладання навантаження; I_y – осьовий момент інерції перетину еластомерного елемента.



- 1, 5 – зовнішні абсолютно жорсткі плити;
- 2, 4 – дзеркально розгорнуті еластомерні пружні елементи;
- 3 – конектор, буквами позначені: a – кут повороту між обмежуючими плитами та конектором;
- P_1 – технологічна сила; $P_{\text{шп}}$ – сила пружності;
- $R_{\text{шп}}$ – реакція центру тиску штампую;
- e_1, e_3 – ексцентриситет, що компенсується еластомерними елементами; e_2 – ексцентриситет, що компенсується конектором

Рисунок – Схема паралельного перенесення вектору сили у конструкції дворівневого компенсатору позацентрового навантаження

Взаємне розташування однакових еластомерних елементів дворівневого компенсатору по осі X на вигляді зверху визначається одним зі способів: а) відстанню між їх центрами тяжіння по вісі X : $c_x = 2 \cdot x_p + e_x$; б) зовнішніми габаритами їх проєкцій: $L_x = 2 \cdot (x_p + a_x) + e_x$, де a_x – відстань від центра ваги перерізу еластомеру до його нестисливого краю, тобто, до нейтральної лінії. Для простих перерізів: а) квадратних елементів: $c_x = (b/3) + e_x$; $L_x = (b/3) + e_x$, де b – габаритна сторона квадратного елемента; б) для однакових круглих елементів: $c_x = (D/8) + e_x$; $L_x = (D/4) + e_x$, де D – габаритний діаметр еластомерного елемента.

Як видно з наведеної методики розрахунку, вона дозволяє отримати основні конструктивні параметри дворівневого еластомерного компенсатору зміщеного центру тиску штампую щодо вектора технологічного навантаження завдяки реалізації принципу паралельного перенесення вектору сили. Запропонована методика розроблена вперше та не вимагає складних обчислень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1 Z. Chval, M. Cechura. Optimization of Power Transmission on Mechanical Forging Presses. *Procedia Engineering*, 2014, 69, pp. 890–896

Глазко Владислав Володимирович, аспірант, ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь
Кухар Володимир Валентинович, д-р. техн. наук, проф., завідувач кафедри ОМТ, ДВНЗ «ПДТУ», м. Маріуполь, kvv.maripol@gmail.com.

TWO-LEVEL ELASTOMERIC COMPENSATOR FOR THE "PRESS-DIE" SYSTEM

Abstract

The forces acting system on a two-layer elastomeric "press-die" system compensator is considered. The rationality of using an additional link – a connector is shown, which provides the principles of forces parallel displacement and reduces errors in the "press-die" system under slider eccentric loading. A generalized method for calculating two-layer compensators with a connector is proposed.

Keywords: press-die, error, sheet forming, asymmetrical load, slider.

Glazko Vladyslav, Post-Graduate, Metal-Forming Department, Pryazovskyi State Technical University, Mariupol.

Kukhar Volodymyr, D.Sc. (Eng.), Professor, Head of Metal-Forming Department, Pryazovskyi State Technical University, Mariupol, kvv.maripol@gmail.com.

ІНФОРМАЦІЙНА ПІДТРИМКА ВИБОРУ ПОСТАЧАЛЬНИКІВ МАТЕРІАЛІВ ШТУЧНИХ ІМПЛАНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ РОЗВІДНИЦЬКОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ

Донбаська державна машинобудівна академія

Анотація

Побудовано модель зниження розмірності і візуалізації даних з використанням методу аналізу відповідностей, для підтримки роботи фахівців з матеріально-технічного постачання медичних матеріалів. Формалізовано етапи автоматизації обробки даних про постачання підприємства з розробки та виготовлення імплантів, розроблено відповідне програмне забезпечення та проведено експериментальні дослідження з обробки та візуалізації даних.

Ключові слова: матеріально-технічне постачання, розвідницький аналіз даних, correspondence analysis

Важливим елементом виготовлення сучасних імплантів, які будуть здатні слугувати пацієнтам довгий час без виникнення побічних ефектів та негативного впливу на здоров'я, є використання під час їх виготовлення матеріалів з потрібними характеристиками та якостями. Виготовлення та постачання таких матеріалів займається достатньо велика кількість лабораторій і підприємств, з різними виробничими потужностями, технологічними процесами, культурою виробництва, науково-технічним рівнем [1]. Тому вибір релевантного постачальника для розробників імплантів є нетривіальним завданням, яке базується в основному на експертному оцінюванні та виконання якого вимагає інформаційної підтримки у процесі прийняття рішень.

Мета дослідження: підвищення якості інформаційного забезпечення процесу матеріально-технічного постачання розробників та виробників імплантів на основі сучасних методів розвідницького аналізу даних.

Аналіз процесів матеріально-технічного постачання підприємств та лабораторій з виготовлення імплантів дозволив виділити й формалізувати етапи виконання завдань даного процесу та визначити потреби і вузькі місця у інформаційному забезпеченні фахівців, сформулювати вимоги до алгоритмічного та програмного забезпечення, яке повинно бути розроблене. Визначено, що за рахунок зниження розмірності у даних про постачальників, отриманих на основі поточного аналізу ринку медичних матеріалів та накопичених відомостях про них на основі попередньої діяльності розробників та виробників імплантів, можна забезпечити ефективну та наочну візуалізацію даних. За результатами проведених досліджень побудована модель реалізації ефективного методу розвідницького аналізу даних – методу аналізу відповідностей (correspondence analysis – CA) [2], який забезпечує візуалізацію багатовимірною представлення даних, що дозволило забезпечити інформаційну підтримку діяльності фахівців з матеріально-технічного постачання. Алгоритм виконання CA включає наступні кроки.

На основі матриці спряженості \mathbf{N} розміру $I \times J$, де I – кількість рядків (випадків cases, вимірів, в даному випадку – постачальників або об'єктів постачання) і J – кількість стовпців (змінних, показників, параметрів роботи, за якими оцінюються постачальники), обчислюється пропорційна матриця $\mathbf{P} = \{n_{ij} / \sum_j n_{ij}\}$, і для цієї матриці розраховуються маргінальні суми для

рядків $r_i = \sum_{j=1}^J n_{ij}$, та для стовпців цієї ж матриці $c_j = \sum_{i=1}^I n_{ij}$, або у матричному вигляді:

$\mathbf{c} = \mathbf{N} \cdot \mathbf{1} = \{c_j\}$, $\mathbf{r} = \mathbf{N}^T \cdot \mathbf{1} = \{r_i\}$, де $\mathbf{1}$ – одиничний вектор відповідної розмірності, \mathbf{N}^T – транспонована матриця.

Далі з використанням інверсних діагональних матриць обчислюється наступна шкало-на матриця:

$$\mathbf{A} = \mathbf{D}_r \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{D}_c, \text{ де } \mathbf{D}_r = [\text{diag}(r)]^{\frac{1}{2}}; \mathbf{D}_c = [\text{diag}(c)]^{\frac{1}{2}}.$$

Для неї виконується сингулярний розклад (singular value decomposition – SVD). Результати такої операції, без деталізованого опису, можна представити у вигляді наступної трійки матриць:

$$\langle \mathbf{B}, \mathbf{W}, \mathbf{C} \rangle = SVD(\mathbf{A})$$

з особливими властивостями, а саме такими, що забезпечують наступні умови:

$$\mathbf{A} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{W} \cdot \mathbf{C}; \mathbf{B} \cdot \mathbf{B}^T = \mathbf{I}; \mathbf{C} \cdot \mathbf{C}^T = \mathbf{I},$$

де \mathbf{B}^* та \mathbf{C}^* – результати ермітового спряження матриць \mathbf{B} та \mathbf{C} відповідно.

Нарешті обчислюються координати в новому параметричному просторі, для строк початкової матриці (в даному випадку, для постачальників) – наступним чином:

$$\mathbf{F} = \mathbf{D}_r \cdot \mathbf{B} \cdot \mathbf{W},$$

та для стовпців початкової матриці (в даному випадку – для параметрів функціонування або оцінювання постачальників) – наступним чином:

$$\mathbf{G} = \mathbf{D}_c \cdot \mathbf{C} \cdot \mathbf{W}^T.$$

Під час експериментальних досліджень обґрунтовано ефективність застосування методу СА як такого, що забезпечує наочність представлення і візуалізації багатовимірних даних та дозволяє отримати релевантний результат кластеризації та класифікації об'єктів предметної області. На основі досліджень, проведених в даній роботі і розроблених математичної та інформаційної моделей, спроектовано програмне забезпечення, що дозволяє автоматизувати процес обробки та візуалізації даних про товари і їх постачальників для інформаційної підтримки діяльності відповідних фахівців. Обчислення результатів аналізу відповідностей для постачальників медичних матеріалів за показниками їхньої діяльності, та побудова графіків їх взаємного розташування на умовній площині, виконувалася за допомогою бібліотеки функцій статистичної обробки даних та бібліотеки для ефективної візуалізації у середовищі розробки Spyder на мові програмування Python. Розроблено модуль програми, яка виконує обробку даних про постачальників або об'єкти постачання, методом аналізу відповідностей, а також забезпечує візуалізацію розташування об'єктів аналізу у площині умовних координат. Для експериментів застосовувалися вхідні дані, отримані шляхом експертного оцінювання діяльності постачальників та результатів попередньої взаємодії з ними, виконані за 6-ма показниками експертів і фахівцями підприємства. Результати візуалізації наведено на рисунку 1. Сині точки на графіку мають координати профілів постачальників в умовній площині, помаранчеві точки мають координати профілів показників в умовній площині, отримані в процесі виконання аналізу відповідностей для даного набору вхідних рейтингових оцінок.

Розташування на графіку наведено в умовних одиницях, тобто в обчислених координатах двох головних компонентів. Загальна інерція, що пояснюється цими компонентами, складає більше ніж 65%, тому дана модель має достатньо високу точність (малу долю втраченої інформації). Розмір маркерів на графіку відповідає значенням постачальної спроможності фірми. Розроблене в даній роботі програмне забезпечення пропонує фахівцям, які будуть його використовувати, разом з візуалізацією скупчень та відстаней між постачальниками та їх показниками, також візуалізацію відомостей про постачальну спроможність фірм. Це дуже важливо саме для виробників імплантів (в більшості випадків – штучних виробів), тому що забезпечить прийняття більш обґрунтованих рішень про постачальника медичних матеріалів в умовах підвищених вимог до якості та швидкості виготовлення.

Важливою можливістю, після побудови та візуалізації результатів СА, є визначення кластерів постачальників, для яких характерні схожі напрямки відповідних векторів з початком у початку координат на графіку. Їхня близькість за цими напрямками пояснюється спорідненістю та схожістю тенденцій та напрямків взаємодії даного підприємства з цими постачальниками.

Висновки.

Побудовано модель зниження розмірності і візуалізації даних з використанням методу аналізу відповідностей, для підтримки роботи фахівців з матеріально-технічного постачання медичних матеріалів.

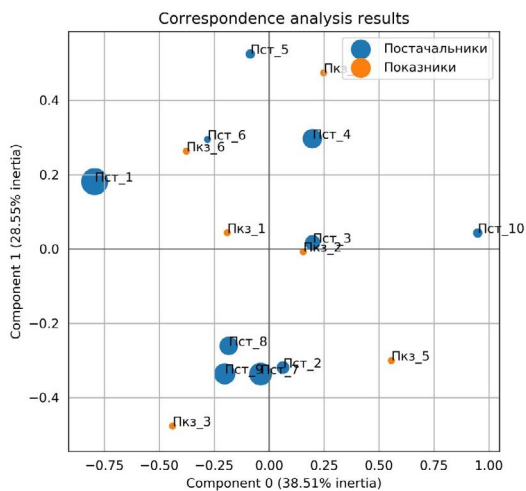


Рисунок 1 – Результати аналізу відповідностей для варіанту оцінювання показників роботи постачальників медичних матеріалів (отримано за допомогою розробленого ПК)

Розроблені моделі і реалізовані алгоритми рекомендується застосувати для підтримки прийняття рішень менеджерами та фахівцями промислових підприємств стосовно раціонального обрання постачальників, підрядників, обладнання та в інших випадках (в тому числі в медичних закладах, на фармацевтичних виробництвах, тощо).

В процесі виконання досліджень виділено й формалізовано етапи автоматизації обробки даних про матеріально-технічне постачання підприємства, розроблено відповідне програмне забезпечення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Grawe, Scott & Autry, Chad & Daugherty, Patricia. Organizational Implants and Logistics Service Innovation: A Relational Social Capital Perspective // Transportation Journal. – 2014. – 53. – P. 180-210. <https://doi.org/10.1353/tnp.2014.0012>.
2. Greenacre Michael J. Correspondence analysis in practice / Michael Greenacre. - Boca Raton, Florida: CRC Press, 2017. - 313 p.

Сагайда Павло Іванович, д.т.н., доцент, професор кафедри комп'ютерних інформаційних технологій, pavlo.sahaida@gmail.com; Васильєв Максим Едуардович, магістр; Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ.

INFORMATION SUPPORT FOR SUPPLIER SELECTION OF ARTIFICIAL IMPLANT MATERIALS USING EXPLORATORY DATA ANALYSIS METHODS

Abstract

Model for reducing the dimension and visualization of data using the method of correspondence analysis, to support the work of specialists in the logistics of medical materials, was developed. The stages of automation of data processing on the supply of the enterprise for the development and manufacture of implants have been formalized, the appropriate software has been developed and experimental research on data processing and visualization has been conducted.

Keywords: logistics, exploratory data analysis, correspondence analysis.

Sahaida Pavlo Ivanovych, Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor of the Department of Computer Information Technologies, pavlo.sahaida@gmail.com; Vasiliev Maxim Eduardovich, master; Donbas State Engineering Academy, Kramatorsk.

ПОКРАЩЕННЯ СРУКТУРИ ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ МАГНІЄВИХ СПЛАВІВ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Національний університет «Запорізька політехніка»

Анотація

Досліджено вплив алюмінію на утворення зміцнювальної фази магнієвих сплавів та встановлено регресійну залежність розміру мікрозерен та відстані між осями дендритів 2го порядку від вмісту алюмінію.

Ключові слова: магнієвий сплав, легування, алюміній, зміцнювальна фаза, мікрозерно, інтерметаліди, механічні властивості.

Магній є дуже привабливим біорозчинним матеріалом для використання в остеосинтезі. Його механічні і фізичні властивості максимально близькі до властивостей кісток, що робить його надзвичайно перспективним для розробки на його основі матеріалів для остеосинтезу.

Проте довготривала дія біологічно активного середовища суттєво знижує властивості імплантів виготовлених з магнію. Через це зростає ризик невадлої консолідації кісткової тканини. Тому забезпечення підвищених фізико-механічних і спеціальних властивостей виливок з магнієвих сплавів є актуальною задачею [1].

Покращення властивостей виливків з магнієвих сплавів досягається при легуванні за рахунок оптимального поєднання різноманітних механізмів зміцнення [2]. Перш за все це – утворення твердих розчинів з цілеспрямованим зміцненням кристалічної ґратки розчинника атомами елементів, що розчинюються. Важливу роль відіграють перешкоди, що гальмують рух: субмікроскопічні виділення фаз, що виникають в процесі взаємодії елементів сплаву з елементами, що вводяться [3].

Дешевим і доступним елементом для легування магнієвих сплавів є алюміній, котрий не тільки утворює твердий розчин у магнії, але й може брати участь в утворенні зміцнювальних інтерметалідних фаз [4]. Тому вивчення впливу алюмінію на структуру і властивості магнієвих сплавів представляє як теоретичний, так і практичний інтерес.

Досліджували вплив алюмінію на структуроутворення, механічні властивості магнієвих сплавів.

Плавки проводили в індукційній тигельній печі ППМ-500. В якості шихтових матеріалів використовували технічно чистий магній МГ 90 (99,9 % Mg) и алюміній первинний А5 (99,6 % Al). Після розплавлення магнію в нього вводили зростаючі присадки алюмінію (0; 0,1; 1,0; 8,0; 10,0 % Al – за розрахунком) і заливали у пісчано-глинисті форми для отримання стандартних зразків с робочим діаметром 12 мм. Зразки для механічних випробувань проходили термічну обробку в печах типу Бельвю і ПАП-4М за режимом: (гомогенізація при температурі 415°C (витримка 24 години), охолодження на повітрі + старіння при температурі 215°C (витримка 10 години), охолодження на повітрі).

Границя міцності і відносне видовження зразків визначали на розривній машині Р5 при кімнатній температурі.

Мікроструктуру виливків визначали методом світлової мікроскопії («Neophot 32») на термічно оброблених зразках після травлення реактивом, що складається з 1% азотної кислоти, 20% оцетної кислоти, 19% дистильованої води, 60% етиленгліколя.

Макрофрактографічне дослідження зламів литих зразків із чистого магнію показало наявність в структурі грубої крупнокристалічної будови. З підвищенням вмісту алюмінію в сплаві структура помітно подрібнилась.

Збільшення вмісту алюмінію в магнії сприяло утворенню інтерметалідної фази. До того ж, з підвищенням концентрації алюмінію в сплаві кількість інтерметалідних часток збільшувалась,

а розмір мікрозерна зменшувався. В сплавах, що містили 7,7 % Al і більше, крім одиничних інтерметалідів, була присутня евтектика $\delta+\gamma$.

Регресійний аналіз отриманих результатів дозволив отримати емпіричні рівняння залежностей, що описують залежності розміру мікрозерна (1) та відстані між осями дендритів 2го порядку (2) від концентрації алюмінію в магнії:

$$d = 274,7945 - 14,0560 * [Al]_{\text{МГМ}} \quad (1)$$

$$\tau = 39,2679 - 1,8285 * [Al]_{\text{МГМ}} \quad (2)$$

де d – розмір мікрозерна сплаву

τ – відстань між осями дендритів 2го порядку

Стандартна термообробка майже не вплинула на мікротвердість чистого магнію і сплаву з 0,12 % Al. Подальше підвищення вмісту алюмінію сприяло збільшенню мікротвердості матриці.

Збільшення вмісту алюмінію в сплавах магнію, як до, так і після їх термічної обробки, сприяло підвищенню механічних властивостей. При цьому, границя міцності помітно зростає при незначному покращенню пластичності. Максимальні значення пластичності сплаву досягалися при вмісті алюмінію в сплаві 7,7%. Подальше збільшення його вмісту сприяло деякому зменшенню пластичності.

Таким чином, легування магнієвих сплавів алюмінієм є перспективним для покращення структури і підвищення механічних властивостей, а також збільшення строку роботи в умовах біоактивного середовища. Це дозволяє розширити область використання магнієвих сплавів в медичній галузі, а саме в сфері остеосинтезу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шаломєєв В.А. Структура та властивості магнієвого сплаву MJ5 з легкоплавкими металами / В.А. Шаломєєв, Е.І. Цивірко, Ю.О. Зеленюк / Вісник двигунобудування. - 2014. - № 1. - С. 131-135
2. Fei Chen. Structure and Properties of MAO Coating Prepared on Mg-Li Alloy / Fei Chen, Yulin Zhang, You Zhang / International Journal of ELECTROCHEMICAL SCIENCE. - 2017. - № 12. - P. 6081-6091.
3. Jingfeng Wang. Optimization of mechanical and damping properties of Mg-0.6Zr alloy by different extrusion processing / Jingfeng Wang, Zhongshan Wu, Shan Gao / Journal of Magnesium and Alloys. - 2015. - № 3(1). - P. 79-85
4. Kai Wen. Effect of microstructure evolution on mechanical property of extruded Mg-12Gd-2Er-1Zn-0.6Zr alloys / Kai Wen, Ke Liu, Zhaohui Wang / Journal of Magnesium and Alloys. - 2015. - № 3(1). - P. 1-94

Шаломєєв Вадим Анатолійович доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка», Національний університет «Запорізька політехніка», місто Запоріжжя, shalomeev@radiocom.net.ua

Лук'яненко Олександр Сергійович аспірант кафедри «Фізичного матеріалознавства», Національний університет «Запорізька політехніка», місто Запоріжжя, saneklukyanyenko@gmail.com.

IMPROVEMENT OF THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF MAGNESIUM ALLOYS FOR MEDICAL PURPOSE

Abstract

The influence of aluminum on the formation of the hardening phase of magnesium alloys was studied and the regression dependence of the micrograin size and the distance between the axes of dendrites of the 2nd order on the aluminum content was established.

Keywords: magnesium alloy, alloying, aluminum, hardening phase, micrograin, intermetallics, mechanical properties.

Shalomeev Vadym doctor of technical sciences, professor, head of the department «Descriptive geometry, engineering and computer graphics», «Zaporizhzhya polytechnic» National University, Zaporizhia, shalomeev@radiocom.net.ua

Lukyanyenko Oleksandr graduate student of the department of «Physical materials science», «Zaporizhzhya polytechnic» National University, Zaporizhia, saneklukyanyenko@gmail.com.

ВИМІРЮВАННЯ АРТЕРІАЛЬНОГО ТИСКУ НА ОСНОВІ СИГНАЛІВ З ДАТЧИКІВ ТИСКУ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація.

Ця робота представляє нову методику для неінвазивного вимірювання систолічного, середнього та діастолічного артеріального тиску з використанням фотоплетизмографічних датчиків та датчиків тиску, що підключаються зовні до артерій.

Ключові слова: артеріальний тиск, фотоплетизмографія, зовнішній тиск, осцилометрія.

Вступ

Гіпертонія є основною причиною смертності у світі [1], що становить 9,4 мільйона смертей у всьому світі щороку [2]. Близько 30% дорослих мають підвищений артеріальний тиск, тому поширеність артеріальної гіпертензії зростає зі збільшенням індексу маси тіла (ІМТ) [3] та віку [4]. Таким чином, зі старінням населення та збільшенням кількості людей з надлишковою вагою, вчасне виявлення та лікування гіпертонії є дуже важливим.

Осцилометрична методика використовується приблизно у 80% всіх автоматичних та напівавтоматичних приладів, які вимірюють артеріальний тиск. Ця методика вимірювання артеріального тиску припускає, що зниження тиску в манжеті здійснюється ступінчасто. При плавному зниженні тиску повітря в манжеті, в ній виникають коливання (осциляції) тиску, що відповідають пульсууючим змінам об'єму артерії під манжетою. Осциляції виникають в момент, коли тиск в манжеті знижується до тиску рівного систолічному тиску крові [5]. Фотоплетизмографічні методи взагалі мають однакову чутливість незалежно від того, підлягає оклюзії палець, тому ФПГ найчастіше реєструється на пальці пацієнта. [6]

У нашому дослідженні застосовується можливість використання фотоплетизмографічного методу. Фотоплетизмографічний метод вимірює пульсові хвилі, що є одновимірною кривою лінією і складається з двох компонентів – анакритичної та дикротичної фази. Фотоплетизмографічний метод полягає в освітленні ділянки тканини біологічного об'єкту інфрачервоним пучком та реєстрації опромінення, що пройшло через тканини та відбилося від них. Реєстрація опромінення проводиться оптикоелектронним датчиком. Завдяки своїй неінвазивності, мініатюрності датчиків, простоті апаратної реалізації та оперативності дані методи широко використовуються при моніторингу за станом серцево-судинної системи.

Фотоплетизмографія буде використовуватися в першому дослідженні для вимірювання значень артеріального тиску, синхронізації коливань об'єму крові з тиском в манжеті осцилометричного приладу. Потім датчик сили замінить тензіометр: оклюзійний тиск буде створюватися натисканням на датчик пальцем.

Результати дослідження

Мета цього дослідження полягає в заміні осцилометричного пристрою на більш зручний спосіб. Вимірювання виконується через обробку сигналу, який надходить від датчику тиску, що підключений до пальця. У дослідженні використовують датчик тиску (SingleTact, CS15-4.5 N). Цей датчик має діаметр 15 мм, діапазон 4,5 Н та цифровий вихід у двійковому 10-бітному коді. Датчик підключається до плати Arduino UNO. Спочатку відбувається процес калібрування, щоб перевести значення тиску з датчику у параметри тиску людини. Сенсорний блок складається з фотоплетизмографічного пристрою над датчиком тиску (рис. 1). Дослідження відбувається шляхом притискання вказівного пальця лівої руки до датчика тиску з застосуванням фотоплетизмографічного модуля.



Рис.1. Принцип роботи системи вимірювання тиску

Програма передає візуальний зворотній зв'язок, що вимагає від пацієнта поступового збільшення тиску до 190 АТ по показниках ПЗ, потім тиск зменшується. Це імітує манжетну дефляцію з постійною швидкістю. Осцилометричний метод вимірювання проводиться на початку експерименту з еталонними значеннями АТ.

Сигнал датчика тиску надходить до програмного забезпечення з частотою 50 Гц і після синхронізації з фотоплетизмографічними сигналами будується у Matlab. Протокол, який використовували в дослідженні, був складений для систолічного та діастолічного артеріального тиску і оцінки фотоплетизмографічного сигналу для 6 добровольців і в порівнянні з результатами коливання плечової артерії, експеримент проводився двічі для кожного досліджуваного. Приклад отриманих сигналів наведений на рис. 2.

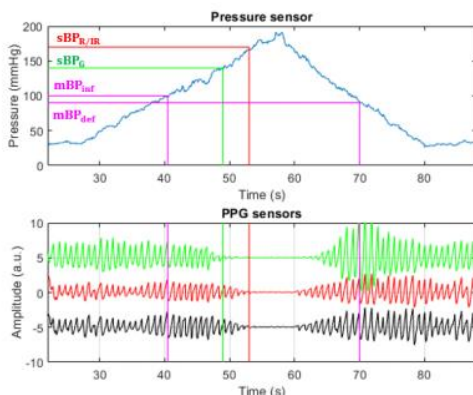


Рис. 2 Сигнали отримані від фотоплетизмографічних датчиків і датчиків тиску

Ми можемо відмітити, що зміна амплітуди фотоплетізографічних коливань спостерігається як при інфляції, так і при дефляції, що дозволило отримати два показника фотоплетізографії. Після проведення 12 досліджень у періоді інфляції було успішно виміряно систолічний артеріальний тиск. При проведенні трьох досліджень у діапазоні зеленої довжини хвилі і за чотири дослідження з червоним і інфрачервоним випромінюванням було успішно отримано результати. В той же час, під час дефляції, тільки зелена довжина хвилі дозволяє зробити це вимірювання після дев'яти експериментальних досліджень.

Висновки

Було показано, що при застосуванні зовнішнього датчику тиску отримані сигнали фотоплетізографії дозволяють отримати точні значення артеріального тиску. Цей метод дозволяє застосовувати аналітичні співвідношення, що використовуються в осцилометричному методі шляхом зняття сигналів з датчиків тиску.

Крім того, оскільки осцилометричний пристрій не є зручний для користувачів, то запропонований метод, заснований на підключенні датчиків тиску до пальця людини, був експериментально перевірений, що підтверджується вірними значеннями АТ. Також є підтвердження підсилення фотоплетізографічних сигналів між плечовими і пальцевими артеріями, які були співставлені для вимірюваних і вихідних значень. У майбутньому планується провести додаткову роботу по розширенню цих результатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] M. Ezzati, A.D. Lopez, A. Rodgers, S. Vanders Hoorn and C.J.L. Murray, "Selected major risk factors and global and regional burden of disease", *The Lancet*, vol.360, no.9343, pp. 1347-1360, November 2002.
- [2] "WHO | Q&As on hypertension", WHO. [Online]. Available: <http://www.who.int/features/qa/82/en/index.html>. [Accessed: 05-Nov 2018]
- [3] F.H.H. Leenen, N.H. McInnis and G. Fodor, "Obesity and the Prevalence and Management of Hypertension in Ontario, Canada", *American Journal of Hypertension*, vol.34, no.9, pp. 1000-1006, 2010
- [4] S.S. Franklin, W. Gustin, N.D. Wong, M.G. Larson, M.A. Weber, W.B. Kannel and D. Levy, "Hemodynamic Patterns of Age-Related Changes in Blood Pressure", *The Framingham Heart Study*, *Circulation*, vol. 96, pp.308-315, 1997
- [5] G. Drzewiecki, R. Hood and H. Apple, "Theory of the oscillometric maximum and the systolic and diastolic detection ratios", *Annals of Biomedical Engineering*, vol.22, no.1, pp.88-96, 1994
- [6] L.A. Geddes, M. Voelz, C. Combs, D. Reiner and C.F. Babbs, "Characterization of the oscillometric method for measuring indirect blood pressure", *Annals of Biomedical Engineering*, vol.10, no.6, pp.271-280, 1982 [7] J. Liu, H. Cheng, C. Chen, S. Sung, M. Moslehpour, J. Hahn and R. Mukkamala, "Patient-Specific Oscillometric Blood Pressure Measurement", *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol.63, no.6, pp.1220-1228, June 2016

Шевчук Катерина Сергіївна — студентка групи БМІ-186, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: katenka.shevchuk@gmail.com.

Гаврилів Дмитро Володимирович — канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: havrilov@vntu.edu.ua

MEASUREMENT OF BLOOD PRESSURE ON THE BASIS OF SIGNALS FROM PRESSURE SENSORS

Abstract

This work presents a new technique for non-invasive measurement of systolic, mean and diastolic blood pressure using photoplasmographic sensors and pressure sensors connected externally to the arteries.

Keywords: blood pressure, photo-plethysmography, external pressure, oscillometry.

Shevchuk Kateryna — Department of of Infocommunications, Radio Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: katenka.shevchuk@gmail.com.

Havrilov Dmytro — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: havrilov@vntu.edu.ua

ЛІКУВАННЯ РАДІОЧАСТОТНИМИ ВИПРОМІНЮВАННЯМИ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Радіочастотне випромінювання (РЧВ) це мінімально інвазивний метод, що дозволяє зменшити розмір пухлин, вузликів або інших новоутворень в організмі. РЧВ використовується для лікування ряду станів, включаючи доброякісні та злоякісні пухлини, хронічну венозну недостатність ніг, а також хронічний біль в спині і шиї.

Ключові слова: Радіочастотне випромінювання, високочастотні коливання, абляція.

Вступ

Процедура подібна до біопсії голки і передбачає введення голкоподібного зонда в тіло. Радіочастотні випромінювання надходять з зонду в оточуючі тканини, в результаті чого відбувається загибель прилеглих клітин. Коли ці клітини гинуть, імунна система їх видаляє, що викликає внутрішню реакцію і, як правило, призводить до усадки вузлика.

Щоб розмістити кінчик зонда у правильному місці, медичний працівник використовує ультразвукову діагностику (УЗД) або іншу техніку візуалізації.

Радіочастотна абляція може проводитися амбулаторно або, при необхідності, можливим є варіант транспортування установки до пацієнта, і не вимагає загальної анестезії. Пацієнт може прийняти рекомендовані лікарем препарати, які допоможуть знизити больовий поріг під час процедури, а також заспокійливий засіб для ділянки шкіри, куди вводиться зонд.

Більшість людей, які проходять радіочастотну абляцію, можуть повернутися додому того ж дня після лікування, і повернутися до звичної діяльності протягом 24 годин [1, 2].

Результати дослідження

При проведенні процедури РЧВ в просвіт варикозно розширеної вени через прокол венозної стінки, здійснюваний хірургом під контролем ультразвукового сканера, вводиться радіочастотний катетер, на рис.1 кінці електродів якого нагріваються під впливом високочастотних коливань до температури від 60С до 120С (в залежності від виду приладу). Внутрішньовенний радіочастотний катетер приєднаний до генератора високочастотних коливань - апарату, який створює електромагнітні хвилі з частотою від 460 кГц. Даний пристрій є центральним у методиці РЧВ лікування.

Радіочастотна облітерація (абляція) за рахунок сильного місцевого впливу високої температури на венозну стінку, призводить до скорочення ураженої вени і руйнування її стінки, результатом чого є облітерація (закриття) вени. Захист оточуючих варикозну вену тканин, а також знеболення здійснюється за рахунок створення навколо вени водно-анальгетичної «подушки» - тумесцентної анестезії. Процедура виконується амбулаторно і не вимагає ні госпіталізації в стаціонар, ні застосування спінальної анестезії або наркозу [3].

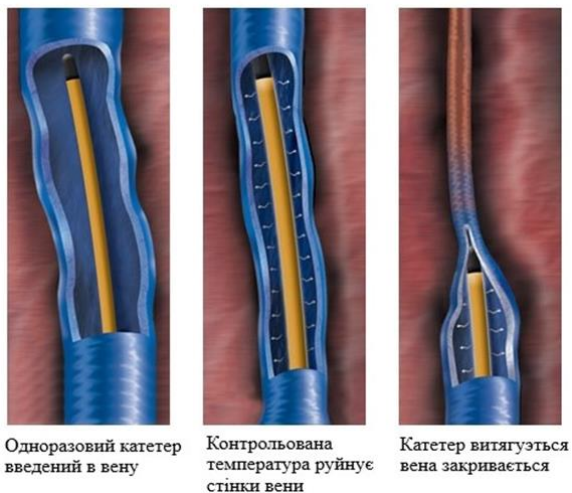


Рис. 1. Етапи проведення радіочастотної абляції (РЧВ)

Радіочастотна абляція нервів – це вид інтервенційного лікування болю, заснований на впливі електричного струму надвисокої частоти на нервові корінці, сплетення і периферичні нерви.

При деяких видах хронічного болю радіочастотна абляція може вивести з ладу нервові волокна, що несуть больовий сигнал через спинний мозок до головного. У правильних пацієнтів близько 70% процедур РЧВ забезпечують полегшення болю, яке триває протягом року або більше. Цей метод може бути корисним для деяких людей, які живуть з хронічним артритом або дегенеративними проблемами спини і шиї [4, 5].

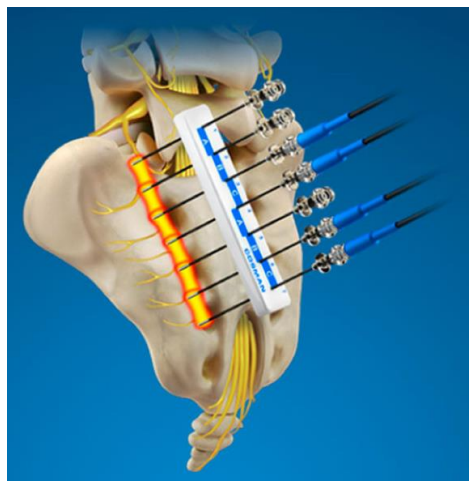


Рис. 2. Варіант проведення процедури абляції для лікування болю в спині

Висновки

Отже, в цілому, аналогічні показанням до ендовенозної лазерної коагуляції, перш за все – це рівний хід стовбура цільової вени. РЧВ може застосовуватися для лікування варикозного розширення як великої, так і малої підшкірних вен, а також їх притоків. Разом з радіочастотною облітерацією - це хороший вибір при наявності венозних трофічних порушень в області гомілки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Jonathon Russell Джерело: <https://www.hopkinsmedicine.org/health/treatment-tests-and-therapies/radiofrequency-ablation>
- [2] Радиочастотная облитерация (абляция) Джерело: <https://manufacturaclinica.com/ru/services/radiochastotnaya-obliteratedsiya-ablyatsiya/>
- [3] Radiofrequency ablation for chronic low back pain: A systematic review of randomized controlled trials <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4197759/>
- [4] Neural Ablation and Regeneration in Pain Practice <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4731549/>
- [5] The Efficacy of Radiofrequency Ablation for Pain Management in Patients with Pre-Existing Hardware at the Site of Ablation <https://link.springer.com/article/10.1007/s40122-020-00201-4>

Перемєнко Олександр Андрійович — студент групи БМІ-186, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: alex.peremenko@gmail.com

Гаврилов Дмитро Володимирович — канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: havrilov@vntu.edu.ua

TREATMENT WITH RADIOFREQUENCY RADIATION

Abstract

Radiofrequency radiation is a minimally invasive technique that can reduce the size of tumors, nodules, or other growths in the body. RFR is used to treat a number of conditions, including benign and malignant tumors, chronic venous insufficiency of the legs, and chronic back and neck pain.

Keywords: Radiofrequency radiation, high-frequency vibrations, ablation.

Peremenko Alexander — Department of of Infocommunications, Radio Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: alex.peremenko@gmail.com

Havrilov Dmytro — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: havrilov@vntu.edu.ua

ВПЛИВ МЕХАНІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ШТУЧНИХ ІМПЛАНТАТІВ ДЛЯ ФІКСАЦІЇ ДІЛЯНКИ ПЕРЕЛОМУ

¹ ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь, Україна
² Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, м. Чернівці, Україна

Анотація. Основним принципом оперативного лікування переломів та пошкоджень кісток опорно-рухового апарату є репозиція відламків з їх подальшою фіксацією різноманітними штучними конструкціями до консолідації перелому. На цей процес впливає суттєва кількість факторів, як загальних (вік хворого, наявність супутніх захворювань, порушення метаболізму, прийом лікарських засобів тощо) так і локальних (якість співставлення фрагментів перелому, кровопостачання цієї ділянки, наявність інфекції цієї ділянки та ін.). Суттєве значення мають механічні фактори: досконалість конструкції фіксуючого засобу, його матеріал, їх взаємодія із організмом хворого тощо. Традиційно вважається, що для потреб остеосинтезу кісток слід використовувати найбільш міцні конструкційні матеріали, оскільки внаслідок дії навантаження часто відмічаються такі явища, як міграція елементів фіксуючої конструкції, їх злам, вторинне зміщення, незрощення перелому. Сюди ж слід віднести також явища метаболізму, біологічну сумісність матеріалів елементів фіксуючої системи.

Ключові слова. Переломи кісток, фіксуючі конструкції, матеріали.

Процес консолідації перелому кісток передбачає створення умов, за яких буде відбуватися зрощення відламків зламаної або пошкодженої кістки, зниження ризику таких розповсюджених ускладнень, як сповільнена консолідація перелому та формування хибного суглобу.

Загальноприйнятою думкою вважалося, що для фіксації перелому потрібно застосовувати фіксуючі конструкції з максимально можливими параметрами механічної міцності, щоб досягти стабільної фіксації перелому, тобто запобігти будь-яким рухам ділянки регенерату [1]. На даний момент визначено, що деякі види переломів, зокрема складні скалкові переломи типу В і С, за класифікацією АО (ASIF), потребують застосування накісткових фіксаторів по типу містоподібної фіксації, при яких зберігається певна мікрорухомість ділянки переломів, що позитивно впливає на процес консолідації [2]. Дослідження жорсткості фіксації ділянки перелому, зокрема при експериментальних дослідженнях із застосуванням інтрамедулярних фіксаторів дозволило визначити, що процес консолідації відбувається краще при застосуванні конструкцій, виготовлених з титаново-цирконієвих сплавів з модулем жорсткості 50-65 ГПа, ніж при застосуванні аналогічних конструкцій, виготовлених із нержавіючої сталі [3].

Можливо відокремити наступні основні групи факторів, що впливають на жорсткість фіксації ділянки перелому:

Провівши аналіз, ми виділили такі основні групи факторів біологічного компоненту системи стабільності: тип перелому, наявність контакту між основними фрагментами; якість репозиції; стан навколишніх м'яких тканин, що оточують перелом, ступінь їх пошкодження, набряк; локалізація перелому; довжина дистального сегменту, дистальної частини кінцівки, починаючи від місця перелому; довжина ділянки перелому.

Друга група факторів, що впливають на стабільність перелому - це механічні фактори фіксуючої конструкції та особливості операційної техніки:

- вид пластини (компресуюча пластина, кутова стабільність гвинтів), яка використовується для фіксації перелому; товщина і ширина пластини, поперечний переріз пластини в різних ділянках (зокрема ділянка, що буде розташована в проєкції перелому); розміри та діаметр фіксуючих елементів; довжина пластини, робоча довжина пластини (відстань від найбільш дистального гвинта в проксимальному фрагменті до найбільш

проксимального гвинта в дистальному фрагменті), кількість гвинтів, введених в кожний основний фрагмент; щільність введених гвинтів (відношення кількості введених гвинтів до загальної кількості отворів в пластині); місця введення гвинтів. Значний вплив також мають механічні параметри конструкційного матеріалу з якого виготовлено фіксуючі елементи.

Більш значно зменшити жорсткість фіксації можливо при застосуванні конструкційних матеріалів з меншим модулем Юнга. Якщо металеві сплави 12X18H9T, 316L, що застосовуються на даний день мають модуль Юнга 200 ГПа, то для титану - 100-120 ГПа, для в-титанових сплавів 55-65 ГПа. Для різних біоінертних полімерних матеріалів він ще менший. Модуль пружності Юнга для полігліколіду знаходиться в межах 7,1–10,0 ГПа, для полілактиду — 2,3-3,5 ГПа, для поліетилену високої щільності він складає 0,4-1,25 ГПа, що наближається до показників кісткової тканини.

Існує значна кількість полімерних матеріалів, висока біоінертність яких перевірена часом, зокрема поліаміди, поліетилен, поліметилметакрилат, поліуретани, поліетилентерафталат, поліпропілен. Дуже часто тепер використовуються керамічні імпланти, особливо в ендопротезуванні, а також, виготовлені зі сплавів Co-Cr-Mo (ISO 5832/4, ASTM F 75). В США на сьогодні домінує пара «метал/PE-UHMW». Проте – кераміка має високі властивості біоінертності та зносостійкості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Mohsin Talib Mohammed, Zahid A. Khan, Arshad N. Siddiquee Beta Titanium Alloys: The Lowest Elastic Modulus for Biomedical Applications: A Review International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering Vol:8, No:8, 2014. - P. 822-827.

2. Олексюк І.С. Методика визначення оптимальних варіантів фіксації накісткових пластин при остеосинтезі поперечних діафізарних переломів / І.С. Олексюк, С.В. Білик, О.Г. Дудко, О.Г. Шайко-Шайковський //Клінічна та експериментальна патологія. – 2017. – Т.16, № 2 (60), ч. 2. – С. 50–51.

3.Титан в медичних парах тертя. Монографія. Київ.ІНМ імені В.М.Бакуля НАН України /підред. Дьоміна В.Ю., Шейкіна С.С. К.- _Логос. 2019.-146 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

1. Сорочан Олена Миколаївна, канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Призовський державний технічний університет, Маріуполь, sorochan777@gmail.com
2. Шайко-Шайковський Олександр Геннадійович, заслужений діяч науки і техніки України, д.т.н., професор кафедри професійної та технологічної освіти та загальної фізики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, Чернівці, shayko@bk.ru

INFLUENCE OF MECHANICAL FACTORS WHEN USING ARTIFICIAL IMPLANTS TO FIX THE FRACTURE SITE

1 Azov State Technical University, Mariupol, Ukraine

2 Yuriy Fedkovych National University of Chernivtsi, Chernivtsi, Ukraine

Abstract. The main principle of surgical treatment of fractures and injuries of the musculoskeletal system is the reposition of fragments with their subsequent fixation by various artificial structures to consolidate the fracture. This process is influenced by a significant number of factors, both general (age of the patient, the presence of comorbidities, metabolic disorders, medication, etc.) and local (quality of comparison of fracture fragments, blood supply to this area, the presence of infection in this area, etc.). Mechanical factors are essential: the perfection of the design of the fixative, its material, their interaction with the patient's body and so on. It is traditionally believed that for the needs of osteosynthesis of bones should use the strongest structural materials, because due to the action of the load are often observed such phenomena as migration of elements of the fixing structure, their fracture, secondary displacement, nonunion fracture. This should also include the phenomena of metabolism, the biological compatibility of materials of the elements of the fixing system.

Keywords. Bone fractures, fixing structures, materials.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПРОЕКТУВАННЯ ІМПЛАНТІВ З ЛИСТОВОГО ТИТАНУ ТА ОСНАЩЕННЯ ДЛЯ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

Донбаська державна машинобудівна академія

Анотація

В роботі розглянуто задачі побудови САПР на основі використання універсальних промислових програмних систем (CAD/CAE та інших) для всієї сукупності необхідних функцій проектування імплантів. Аналіз процесу конструювання й виготовлення імплантів для щелепно-лицьової хірургії дозволив здійснити формалізацію процесу проектування просторових виробів з листових заготовок і універсального технологічного оснащення для отримання їх на основі даних томографії. Виділені етапи й алгоритм проектування. Розроблена методика побудови та числового розрахунку імплантів дозволила виконати побудову об'ємних моделей імпланту і шаблону оснащення, необхідних для отримання імплантів пластичним деформуванням з листових заготовок. Розрахунки в CAE-системі дозволили визначити напруження й деформації виробу після встановлення пацієнтові, що підвищує якість прийнятих конструктивних рішень.

Ключові слова: проектування, імплант, титан, деформування, САПР, параметрична модель, CAD, CAE

Імпланти виготовляють з різних матеріалів [1] і різними способами, у тому числі пластичним деформуванням з листових заготовок [2]. Пов'язано це з тим, що листові конструкції легші й дешевші, хоча в низці випадків – недостатньо жорсткі. Тому для отримання імплантів застосовують суцільні листові заготовки або сітки з титану ВТ 1-0, з яких пластичним деформуванням отримують вироби зі складною просторовою формою [1]. Найбільш важливими умовами до систем автоматизованого проектування (САПР) таких виробів є:

- можливість створення варіативності конструкцій, проектування параметричного ряду виробів;
- параметричне налаштування процесу проектування імплантів і оснащення для їх виготовлення;
- реалізація наскрізного процесу технологічної підготовки виробництва від проектування до виготовлення і контролю якості.

Одним із завдань створення САПР типових деталей є використання універсальних промислових програмних продуктів (CAD/CAM/CAE/CAI, PDM та інших систем) для всієї сукупності необхідних функцій проектування. Універсальні системи проектування мають розвинений графічний інтерфейс, що забезпечує інтерактивну роботу користувачів і деякі вбудовані засоби автоматизації діяльності. САПР на основі цих систем дозволяють створювати і виконувати зовнішні алгоритми для використання їх функцій за рахунок забезпечення інтеграції і використання їх програмних інтерфейсів для автоматизованого проектування виробів.

На етапі освоєння виробів САПР дозволяють замінити фізичне випробування виробу математичним моделюванням на основі інформаційної моделі [2; 3]. Оскільки фізичне випробування виробу більше коштує і займає багато часу, то така заміна дозволяє скоротити терміни проектування, а також вартість готового виробу. Параметризація дозволяє перевірити різні варіанти конструкцій й понизити ризик ухвалення помилкових рішень на основі зміни параметрів або

геометричних співвідношень розмірів деталей виробу. Тому важливим є забезпечення інтеграції компонентів САПР, можливість використання зовнішніх баз даних для накопичення конструкторської й технологічної інформації, підтримання параметризації при проектуванні виробів і технології їх отримання [3; 4]. Наприклад, інтелектуальна САПР після розроблення технологічного процесу з використанням базової САМ-системи [3] дозволяє залишити тільки необхідні для цього виробу елементи інтерфейсу, а все зайве видалити. Для технолога це означає, що фіксується певна послідовність операцій обробки деталей, а параметричне налаштування виконується в процесі відпрацювання технології на верстаті з ЧПК.

Одним із напрямів вирішення цієї задачі є керування можливостями графічного інтерфейсу користувача для проектування геометричної моделі виробу та його деталей, технологічне оснащення процесу їх виготовлення. Варто відмітити, що за рахунок інтеграції САПР може бути зв'язана, наприклад, з експертною системою. Такий підхід є основою для інтелектуальної підтримки процесу проектування й створення відповідних систем підтримки ухвалення рішень. Для цього необхідно взаємодіяти із зовнішньою базою даних, що забезпечує накопичення й обробку даних про параметри й результати проектування конструкції або технологічного процесу. У цьому разі САПР стає не лише місцем роботи для конструктора або технолога, але й джерелом інформації для систем ухвалення рішень в процесі проектування й виготовлення виробів. Тому однією з основних вимог, що ставляться до компонентів інформаційної системи (САПР, PDM, ERP, СКБД та ін.), є можливість використання єдиної інформаційної моделі виробу і програмного керування набором функціональних засобів, реалізованих у цих компонентах. Для вирішення завдання інтеграції компонентів програмної системи на рівні додатків необхідним є використання інтерфейсів прикладного програмування (API) для створення ядра САПР.

Аналіз процесу конструювання й виготовлення імплантів для щелепно-лицьової хірургії дозволив здійснити формалізацію процесу проектування просторових імплантів з листових заготовок і необхідного для цього універсального технологічного оснащення для придання їм форми на основі даних томографії. Виділені етапи й алгоритм проектування в САД системі необхідної геометрії заготовок. Для проектування імплантів з листового матеріалу при розробці САПР передбачена також можливість реалізації розрахунків комбінованих процесів деформування для підвищення рівня механічних характеристик матеріалу і надання заготовкам необхідної просторової форми.

Для створення САПР в даній роботі була також розроблена методика побудови та числового розрахунку імплантів, яка дозволила виконати побудову об'ємних моделей імпланту і шаблона оснащення, необхідних для отримання імплантів пластичним деформуванням з листових заготовок. Розрахунки в САЕ-системі дозволили визначити напруги й деформації у виробі після установа пацієнтів, що підвищує якість прийнятих конструктивних рішень.

Розроблено параметричну модель побудови геометричної моделі штампового оснащення, що дозволяє виконати розрахунок і побудову виробів, визначити вимоги до програмного комплексу. Для автоматизації проектування оснащення на основі геометрії імпланту розроблено параметричну геометричну модель й спеціалізовану САПР Implant на основі інтеграції з PowerSHAPE.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Goodrich J.T., Sandler A. L., Tepper O. A review of reconstructive materials for use in craniofacial surgery bone fixation materials, bone substitutes, and distractors. *Childs Nerv Syst* (2012) 28:1577–1588, DOI 10.1007/s00381-012-1776-y
2. Чуйко, А. Н. Реконструкция посттравматического дефекта нижней челюсти с использованием современных компьютерных технологий (Подготовительный этап) / А. Н. Чуйко, Д. К. Калиновский // Современная стоматология. – 2013. – № 1. – С. 76–81.
3. Автоматизоване проектування і виготовлення виробів із застосуванням САД/CAM/CAE-систем : монографія / О. Ф. Тарасов, О. В. Алтухов, П. І. Сагайда, Л. В. Васильєва, В. Л. Аносов. – Краматорськ : ЦТPI «Друкарський дім», 2017. – 239 с.
4. O. Tarasov, L. Vasylijeva, O. Altukhov & V. Anosov. Automation of the Synthesis of New Design Solutions Based on the Requirements for the Functionality of the Created Object // Nine International Conference "Information Control Systems & Technologies" (ICST-2020). Odessa, Ukraine, September 24-26, 2020, CEUR-WS.org, online.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The BIOART project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Тарасов Олександр Федорович, д.т.н., професор, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, alexandrtar50@gmail.com

Алтухов Олександр Валерійович, к.т.н., старший викладач, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, astratsl@gmail.com

Васильєва Людмила Володимирівна, к.т.н., доцент, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, vasileva.dgma@gmail.com

Касьянюк Олександр Сергійович, асистент, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, aleksandr.kasianuk@gmail.com

AUTOMATION OF THE DESIGN PROCESS TITANIUM SHEET IMPLANTS AND EQUIPMENT FOR THEIR MANUFACTURE

Abstract

The paper deals with the tasks of building a specialized CAD system based on the use of universal industrial software systems (CAD / CAE and others) for the entire set of necessary functions for designing implants. Analysis of the design and manufacture of implants for maxillofacial surgery allowed to formalize the design process of spatial products from sheet blanks and universal technological equipment to obtain them based on tomography data. The stages and the design algorithm are determined. The developed methodology for constructing and numerically calculating implants made it possible to construct volumetric models of the implant and the die tooling template necessary for obtaining implants by plastic deformation from sheet blanks. Calculations in the CAE-system made it possible to determine the stresses and deformations of the product after installation to the patient, which improves the quality of the design decisions made.

Keywords: design, implant, titanium, deformation, CAD, parametric model, CAD, CAE

Tarasov Alexander, Dr. Sc., Professor, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, alexandrtar50@gmail.com

Altukhov Alexander Валерійович, PhD, Senior Lecturer, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, astratsl@gmail.com

Vasylieva Liudmyla, PhD, Associate Professor, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, vasileva.dgma@gmail.com

Kasianuk Alexander, assistant, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, aleksandr.kasianuk@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ ДЛЯ 3Д ДРУКУ ІМПЛАНТІВ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
 імені Ігоря Сікорського»

Анотація

У роботі досліджено механічні властивості титанового сплаву, що використовується для 3Д друку імплантів. Розглянуто вплив щільності заповнення на характеристики міцності та жорсткості.

Ключові слова: механічні властивості, 3Д друк, титан, імпланти

Сучасна медицина ставить перед лікарями все більше нових задач та цілей по реабілітації пацієнтів. Не менш важливим питанням є виготовлення індивідуальних імплантів, від вибору яких буде залежати кількість операцій та час реабілітації. Використання технології 3д друку титанових сплавів [1] дозволяють виготовляти імпланти з складною геометрією, підбраною під пацієнта [2]. Але залишається відкритими питання: яку форму імплантів та їх заповнення необхідно задати, щоб забезпечити необхідну жорсткість та міцність. Поєднання медичної та інженерної галузей знань дозволить вирішити ці задачі на сучасному рівні.

Для того, щоб відповісти на ці запитання необхідно провести дослідження по визначенню механічних характеристик та отримати основні криві деформування. Це в свою чергу дозволить проводити більш точні розрахунки при моделюванні індивідуальних імплантів, що збільшить ефективність лікування.

В роботі проведеного експериментальне дослідження по визначенню механічних характеристик та отримано криві деформування титанового сплаву Ti6Al4V базовим експериментом з врахуванням різної щільності, яку можна змінювати за допомогою технології 3д друку. Для цього були підготовлені відповідні зразки на розтяг, що представлені на рис. 1.

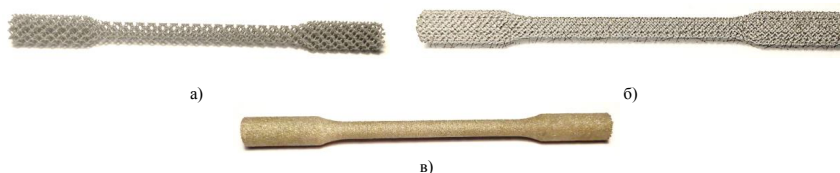


Рис. 1 - Зразки для визначення механічних характеристик титанового сплаву Ti6Al4V з різною щільністю: а)15%, б)50%, в)100%

Дослідження проводились згідно зі стандартами України на модернізованій випробувальній машині TRA-test 2300 [3]. За результатами яких визначені механічні характеристики, наведені в таблиці 1, та отримані діаграми розтягу, що представлені на рис. 2

Таблиця 1. Механічні характеристики зразків з різною щільністю

Заповнення зразків, %	Модуль пружності, МПа	Границя міцності, МПа	Відносне подовження, %
15	-	9	4,77
50	-	46	3,18
100	78131	834	2,35

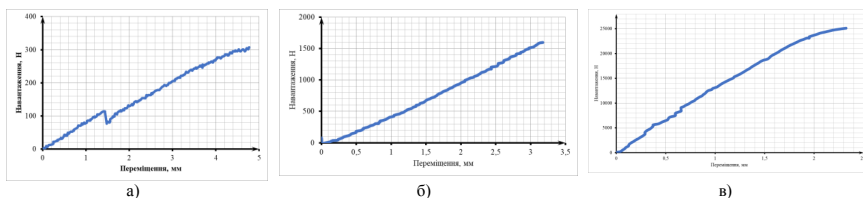


Рис. 2 – Діаграми розтягу зразків з титанового сплаву Ti6Al4V з різною щільності: а)15%, б)50%, в)100%

За результатами дослідження були отримані дані, що дозволяють більш точно проводити чисельне моделювання імплантів на етапі проектування, беручи до уваги індивідуальний підхід до пацієнта, враховуючи фізіологічні особливості людського організму та при цьому забезпечуючи функціональну міцність та жорсткість.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дослідження механічних характеристик матеріалу отриманого методом 3D друку / А.О. Костенко, О.В. Тимошенко, В.В. Коваль // Інновації молоді в машинобудуванні. – 2020. – №2. – С. 49–56.
2. Мамаева А. А. Изготовление биоматериалов методами 3d-печати / А. А. Мамаева, А. К. Кенжегулов, А. В. Паничкин. // MODERN SCIENCE. – 2020. – №7. – С. 360–369.
3. Розробка апаратно-програмного комплексу для сучасних досліджень фізико-механічних характеристик конструкційних матеріалів / А. М.Романюк, Д. К. Фам, О. В. Тимошенко, А. М. Бабак. // Інновації молоді в машинобудуванні. – 2019. – №1. – С. 23–27.

Тимошенко Олександр Вікторович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Динаміки і міцності машин та опору матеріалів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, timosaha@ukr.net

Мусянко Ольга Станіславівна, аспірант кафедри Динаміки і міцності машин та опору матеріалів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, olga.musinko@gmail.com

Фам Дик Куан, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри Динаміки і міцності машин та опору матеріалів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, famquan1992@gmail.com

Сконеchnих Єлізавета Геннадіївна, студентка кафедри Динаміки і міцності машин та опору матеріалів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, liz.g.sk57@gmail.com

DETERMINE MECHANICAL PROPERTIES OF TITANIUM ALLOY FOR 3D PRINTING OF IMPLANTS

Abstract

The mechanical properties of titanium alloy used for 3D printing of implants are determined in the work. The influence of filling density on the characteristics of strength and rigidity is considered.

Keywords: mechanical properties, 3D printing, titanium, implants

Oleksandr Tymoshenko, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Dynamics and Strength of Machines and Strength of Materials of National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, timosaha@ukr.net

Olha Musienko, Postgraduate at the Department of Dynamics and Strength of Machines and Strength of Materials of National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, olga.musinko@gmail.com

Quan Duc Pham, Candidate of Engineering Sciences, Senior Lecturer at the Department of Dynamics and Strength of Machines and Strength of Materials of National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, famquan1992@gmail.com

Yelizaveta Skonechnykh, student at the Department of Dynamics and Strength of Machines and Strength of Materials of National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, liz.g.sk57@gmail.com

**О.Г. Аврунин
Я.В. Носова
Ибрагим Юнусс Абдельхамид**

ВОЗМОЖНОСТИ 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРИ КОМПЬЮТЕРНОМ ПЛАНИРОВАНИИ В ФУНКЦИОНАЛЬНО- ЭСТЕТИЧЕСКОЙ РИНОХИРУРГИИ

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Аннотация: Перспективой работы является разработка методов объемной деформации моделей анатомических структур носовой полости для возможности их виртуальной коррекции с учетом биофизических свойств исследуемой области и реалистичности 3D визуализации.

Ключевые слова: компьютерные 3-D модели, 3D визуализация, томографические исследования,

Повышение эффективности предоперационного планирования пластических вмешательств может быть достигнуто благодаря использованию методов 3D визуализации и моделирования деформации анатомических структур, подлежащих пластической коррекции с максимальной реалистичностью. Исходные данные для такой визуализации могут быть получены в результате томографических исследований внутренних структур и поверхностного 3D сканирования [1, 2]. В соответствие с этим должны разрабатываться программные системы, позволяющие осуществлять реалистичную визуализацию и коррекцию полученных 3D изображений с учетом биофизических свойств оперируемой области [3, 4].

Создание трехмерных модифицируемых компьютерных моделей головы человека требует разработки алгоритмов сегментации, комплексной, или раздельной визуализации и виртуальной деформации анатомических структур [5, 6]. Совершенствование методов и средств компьютерного планирования функционально-эстетических вмешательств на лице человека на основе методов реалистичной 3D визуализации [7, 8] является актуальной задачей современной биомедицинской инженерии [9, 10].

Целью рассмотрения особенностей разрабатываемых моделей и методов является создание концепции представления, обработки и анализа томографических данных для систем компьютерного планирования в функционально-эстетической ринохирургии.

Программное обеспечение для 3D визуализации при компьютерном моделировании функционально-эстетических хирургических вмешательств должно обеспечивать решение следующего комплекса задач:

- начальная компьютерная обработка томографических данных и данных 3D сканирования поверхности;
- выбор окна визуализации и проведение тональной компрессии;
- сегментация анатомических структур на томографических изображениях;
- определение контуров сегментированных объектов на томографических изображениях;
- построение и визуализация полигональных моделей анатомических структур исследуемой области.

При использовании современных быстродействующих вычислительных систем с многоядерными процессорами можно на основе разработанных алгоритмов и программных модулей решить задачу создания компьютерных 3D моделей анатомических структур головы человека головы в реальном масштабе времени. Созданные компьютерные модели являются основой для решения в последующем таких задач: модификации 3D моделей с целью определения

оптимальной для пациента формы тех, или иных анатомических структур, подлежащих пластическому хирургическому вмешательству; оценки функционирования верхних дыхательных путей и компьютерного планирования хирургической коррекции внутриносовых структур при необходимости.

Перспективой работы является разработка методов объемной деформации моделей анатомических структур носовой полости для возможности их виртуальной коррекции с учетом биофизических свойств исследуемой области и реалистичности 3D визуализации.

Список литературы

1. Книгавко, Ю.В. Алгоритмы программного рендеринга трехмерной графики для задач медицинской визуализации / Ю.В. Книгавко, А.Г. Аврунин // Журн. Техническая электродинамика.- 2010.- С. 258-261.
2. Книгавко Ю.В. Расчет функциональных параметров, определяющих показания к проведению ринопластики / Ю.В. Книгавко, О.Г. Аврунин, Х. Фарук // ВосточноЕвропейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 2/10 (62). – С. 24 – 27.
3. Бажан О. В. Використання технологій віртуальної реальності в пластичній хірургії / О. В. Бажан, О. Г. Аврунін, М. Ю. Тимкович // I Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, курсантів та студентів «Авіація, промисловість, суспільство». - 2018. - С.184.
4. Аврунин О.Г., Шамраева Е.О. Реконструкция объемных моделей черепа и имплантата по томографическим снимкам // Системы обработки информации: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2007. – Вып. 9 (67). – С. 137-140.
5. Tymkovych, M. Y., Avrunin, O. G. Farouk, H. I. Reconstruction method of the intact surface of surgical accesses. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2014, 9(70), 37- 41.
6. Avrunin O.G. Using a priori data for segmentation anatomical structures of the brain / O. G. Avrunin, M. Y. Tymkovych, S. P. Moskovko, et. al. // Przegląd Elektrotechniczny: doi:10.15199/48.2017.05.20. – V. 93-5. – 2017. – P. 102-105.
7. Аврунин О. Г. Визуализация верхних дыхательных путей по данным компьютерной томографии/ О.Г. Аврунин //Радиоэлектроника и информатика.– 2007. – № 4. – С. 119–122.
8. Носова Я. В. Визуализация обонятельной щели / Я. В. Носова, Н. О. Шушляпина, Т. В. Носова // Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ «ХП». – 2015р. - №39 (1148). – С. 73-77.
9. Аврунін О.Г., Безшапочний С.Б., Бодяньський Є.В., Семенець В.В., Філатов В.О. Інтелектуальні технології моделювання хірургічних втручань. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 224 с.
10. Аврунін О.Г., Бодяньський Є.В., Семенець В.В., Філатов В.О., Шушляпіна Н.О. Інформаційні технології підтримки прийняття рішень при визначенні порушень носового дихання: монографія.– Харків: ХНУРЕ, 2018. – 125 с.
11. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). Information Technology in Medical Diagnostics II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>.

Ведомости про авторов:

1. Аврунин Олег Григорович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрі біомедицинської інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, e-mail: oleh.avrunin@nure.ua
2. Носова Яна, к.т.н., доцент кафедри біомедицинської інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, тел. (057) 702-13-64, e-mail: yana.nosova@nure.ua.
3. Ибрагим Юнус Абдельхамид, Ph.D., Харківський національний університет радіоелектроніки, тел. (057) 702-13-64, e-mail: yana.nosova@nure.ua.

МОЖЛИВОСТІ ШВИДКОГО ПРОТОТИПУВАННЯ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ СТРУКТУР НОСОВОЇ ПОРОЖНИНИ

¹Харківський національний університет радіоелектроніки,
61166, Харків, просп. Науки, 14,

²Харківський національний медичний університет,
61022, Харків, просп. Науки, 4,

Анотація. Проведено математичне моделювання та дослідження впливу різних типів локальних опорів носової порожнини на назальну аеродинаміку при диханні. На підставі цих даних за допомогою методів комп'ютерного планування хірургічних втручань і моделювання необхідної конфігурації носової порожнини можливо прогнозувати функціональний результат операції.

Ключові слова: 3-D моделювання, математичні моделі, ринохірургічні втручання, внутрішньо-носові структури

Процеси розповсюдження повітря у носовій порожнині при диханні викликають живу дискусію і є об'єктом досліджень багатьох авторів [1, 2]. Розглядаються типи назальної аеродинаміки та вплив архітектоники і окремих структур носової порожнини на повітряний опір при диханні [3, 4]. Розроблена достатньо велика кількість математичних моделей, як аналітичних, так і чисельних для визначення основних аеродинамічних показників повітряного потоку в залежності від геометричних властивостей носової порожнини при різних режимах дихання. Але, на сучасному етапі на перший план встає адекватність розроблених математичних моделей і їх спроможність прогнозувати показники повітряного потоку при зміні конфігурації внутрішньо носових структур. При цьому, в першу чергу, розглядається можливість розробленого математичного апарату для комп'ютерного планування ринохірургічних втручань та їх корисність для впровадження в звичайну клінічну практику [5].

Тому, актуальними є питання вивчення впливу конфігурації внутрішньо-носових структур на назальну аеродинаміку на натурних моделях, які можливо отримати за допомогою сучасних методів швидкого прототипування. Створення таких реальних моделей можливо за даними комп'ютерної томографії [6, 7]. Після сегментації внутрішніх стінок носової порожнини виконується слайсінг моделі та її виготовлення за технологією 3D-друку. При цьому, за вихідними даними томографічних досліджень різних пацієнтів можливо виконання натурних моделей не тільки при умовній нормі, але й при конкретних патологічних станах. Виготовлені таким чином моделі можна досліджувати при використанні аеродинамічного стенду, в якому встановлені сенсори витрати повітря і перепаду тиску. За допомогою останніх отримуються дані щодо повітряного тиску у окремих точках вимірювання вздовж повітряного каналу натурної моделі біля структур, які можуть прогнозовано викликати підвищення аеродинамічного носового опору.

У 2019-2020 роках були реалізовані перші дві частини спільного науково-дослідного Україно-німецького проекту «3D-model. Впровадження швидкого прототипування для моделювання верхніх дихальних шляхів в нормі та при типових патологіях». Робота за цим проектом дозволила отримати унікальні експериментальні дані щодо змін показників повітряного потоку при диханні в залежності від патологічних станів. Так, за основними результатами було вперше отримано та уточнено теоретичні дані за рахунок проведення експериментальних досліджень натурних моделей на аеродинамічному стенді. Визначено впливи локальних

аеродинамічних опорів на загальну провідність верхніх дихальних шляхів та основні точки виміру тиску на натурних моделях. Проведено математичне моделювання та дослідження впливу різних типів локальних опорів носової порожнини на назальну аеродинаміку при диханні. На підставі цих даних за допомогою методів комп'ютерного планування хірургічних втручань і моделювання необхідної конфігурації носової порожнини можливо прогнозувати функціональний результат операції. Мала довжина носової порожнини у порівнянні із областю взаємовпливу місцевих опорів не дозволяє враховувати їх спільний опір повітряного потоку, тому доцільно враховувати тільки місцевий опір, який вносить максимальні втрати напору. Перспективою роботи є експериментальне дослідження межового шару повітряного потоку [8] та його впливу на стінки носової порожнини.

Список літератури

1. Аврунин О.Г. Особенности исследования носового дыхания при физических нагрузках / О.Г. Аврунин, Я.В. Носова, С.А. Худаева. // Тези доповіді 5-й Всеукраїнської науково-практичної конференції «Здоров'я нації та вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти в Україні». – 2018. – С. 117 – 119.
2. Nosova Y.V. A tool for researching respiratory and olfaction disorders/ Y.V. Nosova, K.I. Faruk, O.G. Avrunin // Telecommunications and Radio Engineering. – 2018. – №77(15). – С. 1389–1395.
3. Ismail, Husham Farouk, et al. The role of paranasal sinuses in the aerodynamics of the nasal cavities. International Journal of Life Science and Medical Research 2.3 (2012): 52-55.
4. Носова Я. В. Визуализация обонятельной щели / Я. В. Носова, Н. О. Шушляпина, Т. В. Носова // Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х.: НТУ «ХПБ». – 2015р. - №39 (1148). – С. 73-77.
5. Аврунин О. Г. Сравнение дискриминантных характеристик риноанометрических методов диагностики / О.Г. Аврунин, В.В. Семенец, П.Ф. Щапов // Радіотехніка. – 2011. – 164. – С. 102–107.
6. Аврунин О. Г. Визуализация верхних дыхательных путей по данным компьютерной томографии/ О.Г. Аврунин //Радиоэлектроника и информатика.– 2007. – № 4. – С. 119–122.
7. Avrunin O.G. Using a priori data for segmentation anatomical structures of the brain / O. G. Avrunin, M. Y. Tymkovych, S. P. Moskovko, et. al. // Przegląd Elektrotechniczny: doi:10.15199/48.2017.05.20. – V. 93-5. – 2017. – P. 102-105.
8. Avrunin O. G. Research of laminar boundary layer influence of the air flow on the mucous membrane of the nasal cavity / O.G. Avrunin, Ya. V. Nosova, O. Gryshkov, B. Glasmacher, N. Shushliapina // 46 th ESAO Congress. The International Journal of Artificial Organs. - Hannover, Germany. - 2019, Vol 42 Number 8. – P. 430.
9. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). Information Technology in Medical Diagnostics II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>.

Відомості про авторів

1. Носова Яна, к.т.н., доцент кафедри біомедицинської інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, тел. (057) 702-13-64, e-mail: yana.nosova@nure.ua.
2. Тимкович Максим, к.т.н., доцент кафедри біомедицинської інженерії, Харківський національний університет радіоелектроніки, тел. (057) 702-13-64, e-mail: yana.nosova@nure.ua.
3. Шушляпіна Наталія, к.т.н., доцент, Харківський національний медичний університет, 61022, Харків, просп. Науки, 4, каф. Оториноларингології, тел. (067) 588-68-49 e-mail: shushliapina_nataliia775@ukr.net

BIOECONOMIC PRIORITIES FOR INNOVATION TRANSFORMATION OF INDUSTRY AND EDUCATION

National Public Health Network of Ukraine

Abstract. The design, investment, organization and management of such GVCs requires bot new knowledge and competencies and innovation, highly maneuverable biotechnological capacities and flexible Industrial technologies, with the involvement of a large number of micro, small and medium high-tech enterprises and innovative entrepreneurs. In this sense, BE and BEH really do indicate the top priority areas for post pandemic transformation of both industry and education.

Key words: bioeconomy, Knowledge-based economy, biologization+digitalization (Nano-Bio-Info-Cogno), bioeconomics of health

Bioeconomy (BE) as a new economic reality, the main means of production of which are living organisms, and not inanimate technical and technological systems, began to visibly form at the turn of the millennium, starting in the USA in the 90s due the advances in the life sciences and medicine. The first mention of this term dates back to 1992 orally and 1994 writing by Dr. Bernadine Healy, Director of the U.S. National Institutes of Health, in her commencement address at Vassar College [1]:

“A revolution in the life sciences will also go away beyond medicine into agriculture, chemical production, environmental sciences and microelectronics. Biotechnology will be creating jobs, that we don’t even have names for yet. And they will be high-paying, high-demand jobs - and intellectually satisfying ones. New industries will emerge that will be a growing source of national economic strength and world leadership. Some have gone so far as to suggest that the twenty-first century will be based on a BIOECONOMY”.

20 years later, the United States at the federal level is accepting in 2012 the National Bioeconomy Blueprint, and Engineering Biology and Development Act In 2019 and Bioeconomy Research and Development Act In 2020 [2]. The general structure of Bioeconomy defined by these documents is shown in Fig.1

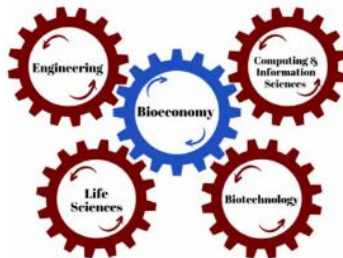


Figure 1. General sectoral structure of Bioeconomy in the American sense

In Europe, the formation of BE occurred somewhat later, growing out of the ambitious goal of leadership in the Knowledge-based economy (KBE), declared in Lisbon Agenda In 2000; in the early 2000s, there appeared the term of Bio-based economy (BBE), and by the middle of the first decade, the first mention of

BE [3]. At the official political level, EU began to talk about the prospects of the European Bioeconomy since 2007, under German presidency of the EC, and widespread in form of the Knowledge-based Bioeconomy (KBBE) after the First Global Bioeconomy Summit in Berlin In November 2015, where BE was defined as “knowledge-based production and utilization of biological resources, biological processes and principles to sustainably provide goods and services across all economic sectors” [3, p.2591]. In general, in contrast to the American approach, which started from the needs of human health, European vision on BE focused mainly on the agricultural sector and “green energy”, primary and bio pharmaceutical production as well as bioengineering and medical devices. In this sense, the European basis of BE is formed by three sectors: Renewable biomass; Biologization+Digitalization (Nano-Bio-Info-Cogno); and Integration across applications (primary production of all living natural resources; health bio pharmaceuticals and medical devices; and bio-based industry (i.e. chemicals, plastics, enzymes, pulp and paper, bio-energy, etc.) [4]. The current official interpretation of BE was given by EC in 2018 [5]:

“The Bioeconomy covers all sectors and systems that rely on biological resources (animals, plants, micro-organisms and derived biomass, including organic waste), their functions and principles. It includes and interlinks: land and marine ecosystems and the service they provide; all primary production sectors that use and produce biological resources (agriculture, forestry, fisheries and aquaculture); and all economic and industrial sectors that use biological resources and processes to produce food, feed, bio-based products, energy and services”.

Now, there are 26 definitions of BE, however, the European one is considered dominant, focusing on the production and utilization of bio-based goods and services, but excluding functional foods (nutraceuticals), tailored food products to meet specialized dietary requirements and nutraceuticals [6, IEA-Bioenergy Task 42, 2014]. However, it must be assumed that the COVID19 pandemic and the processes of post-pandemic transformation of the world economy will lead to the formation of a qualitatively new, health-oriented stage in the global evolution of BE in the form of holistic innovative BIOECONOMICS OF HEALTH. Of course, such a complex economic organization required for this is practically impossible without the interdisciplinary integration of sciences and intersectoral cooperation of production on a global scale, which implies the creation of appropriate Global Value Chains (GVCs). A general idea of the level of complexity of such innovative-industrial cooperation based on GVCs can be obtained from Fig.2, which shows the full production cycle of biodegradable polymers (PHAs)

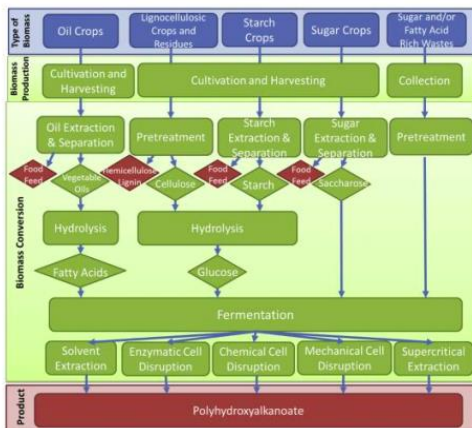


Figure 2. - Flowchart of the Polyhydroxyalkanoates production process

Biopolymers obtained as a result of this process substitute petrochemical polymers, which is of great environmental importance. At the same time, it underlines the main advantage of BE as a “Green economy”, in comparison with the Industrial one (“Brown economy”) which uses biomass as a feedstock instead of oil and other hydrocarbon raw materials. Another, the most promising from the point of view of the Bioeconomics of Health (BEH), is the sector of modeling value chains in healthcare, indicated by Michael Porter [7]. And of course, the design, investment, organization and management of such GVCs requires both new knowledge and competencies and innovation, highly maneuverable biotechnological capacities and flexible Industrial technologies, with the involvement of a large number of micro, small and medium high-tech enterprises and innovative entrepreneurs. In this sense, BE and BEH really do indicate the top priority areas for post pandemic transformation of both industry and education.

REFERENCE

- [1] Healy B. On light and worth: Lessons from Medicine. *Vassar Quarterly*, 1994, vol.90, No4, pp.10-13.
- [2] Frisvold G.B., Moss S.M., Hodgson A. and Maxon M.E. Understanding the U.S. Bioeconomy: A New Definition and Landscape. *Sustainability*, 2021, vol.13, No1627
- [3] URL: https://res.mdpi.com/d_attachment/sustainability-13-01627/article_deploy/sustainability-13-01627-v2.pdf
- [4] McCormic, K., and Kautto N. The Bioeconomy in Europe: An Overview. *Sustainability*, 2013, vol.5, pp.2589-2608.
- [5] Dubois O. and San Juan M.G. “How sustainability is addressed in official bioeconomy strategies at international, national and regional levels. An Overview.” *FAO Working Paper 63*. Rome, FAO, 2016.
- [6] European Commission: Bio-based and applied economics. 2018.
- [7] D1.1. Framework for measuring the size and development of bioeconomy. *Biomonitor*, 09/2019 (10/1), 2020.
- URL: <http://biomonitor.eu/wp-content/uploads/2020/04/Deliverable-1.1.pdf>
- [8] Porter M.E. and Lee T.E. From Volume to Value in Health Care: The Works Begins. *The Journal of American Medical Association*, 2016, vol.316, No10, pp1047-1048.

Authors:

- Yuriy SENIUK**, National Coordinator, National Public Health Network of Ukraine, iuriiseniuk@ukr.net
- Kateryna DYACHENKO**, Executive Secretary National Public, Health Network of Ukraine, dyachenko.katya@gmail.com

Вальдемар Вуйцик
Индира Шедрева

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ В БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Люблинская Политехника, Польша, waldemar.wojcik@pollub.pl Таразский
региональный университет имени М.Х.Дулати, Тараз, Казахстан, indisher@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрены два метода определения деформации материала вдоль продольной оси конструкции из ПКМ с использованием оптоволоконных сенсоров на основе ВБР на примере стандартных образцов и трехстрингерной панели из углепластика ВКУ-47И. Показано, что измерение деформации ПКМ методом калибровки по деформации тензодатчика дает результат с погрешностью до 6 %.

Ключевые слова: Волоконные сенсоры, волоконные брэгговские решетки, сенсоры

Перспективным с точки зрения встроенного контроля материала конструкции являются оптические волоконные датчики на основе брэгговской решетки [1, 2]. Волоконные брэгговские решетки (ВБР) в сравнении с традиционно применяемыми тензодатчиками более компактны, не подвержены электромагнитным помехам и могут интегрироваться в единое оптоволокно. Вместе с этим оптоволокно достаточно легко интегрируется в ПКМ (например, в угле-, стекло-, органопластике и т.п.) в процессе изготовления элемента конструкции. Различным вопросам определения деформации ПКМ с использованием ВБР посвящен отдельный пласт работ, среди которых следует отметить работу [3], направленную на измерение неоднородных полей деформации, что неразрывно связано с многими авиационными и строительными конструкциями, а также статью [4], посвященную решению главных вопросов в этой области.

Благодаря своим преимуществам ВБР начинают применяться для систем встроенного контроля в авиационной, строительной, а также в других областях. Исследуется возможность использования ВБР для изделий авиационной и космической техники, например, для измерения

деформации материала в фрагменте фюзеляжа гражданского самолета В-737 [5] и широкофюзеляжного типа А-350ХWB, измерения остаточных технологических деформаций углепластика космического назначения, а также для оптоволоконных детекторов транспортного потока.

При определении деформации ПКМ методом калибровки по деформации тензодатчика необходимо определить коэффициент пропорциональности между деформацией, измеряемой ВБР и определяемой тензодатчиком. В упоминаемой работе однонаправленного образцов углепластика марки ВКУ-47И коэффициент пропорциональности составил 1,136. По результатам экспериментов на образцах, изготовленных из различных партий, точность определения деформации с использованием ВБР по отношению к результатам, полученным с помощью тензометрии и экстензометра, составила для одинаковых уровней нагрузок не более 6 % при общей деформации образцов до 0,83 % (рис. 1).

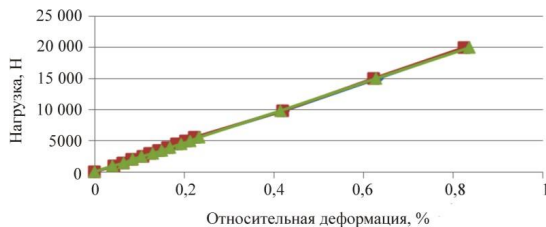


Рис. 1. Сравнение показаний ВБР:

—♦— деформация образца, измеренная тензодатчиком; —■— деформация образца, измеренная экстензометром; —▲— деформация образца, измеренная ВБР

Использование такого метода калибровки для оребренных панелей требует изготовления специальной оснастки под конкретные тип и размер детали, а главное – необходимость разрушения изготовленной конструкции, что неэкономично. Кроме того, невозможно калибровать конструкции, имеющие труднодоступные места для приклеивания тензодатчиков. Поэтому для определения деформации ПКМ в трехстрингерной панели с использованием ВБР был опробован метод калибровки по значениям деформации, полученным в теоретическом расчете (калибровка по расчетной деформации).

Заключение

В работе рассмотрены два метода определения деформации материала вдоль продольной оси конструкции из ПКМ с использованием оптоволоконных сенсоров на основе ВБР на примере стандартных

образцов и трехстрингерной панели из углепластика ВКУ-47И. Показано, что измерение деформации ПКМ методом калибровки по деформации тензодатчика дает результат с погрешностью до 6 %. Однако данный метод не реализуем для использования на готовых конструкциях, особенно крупногабаритных и имеющих труднодоступные места. Такая методика рекомендована для стандартных образцов, например, применяемых для определения свойств ПКМ, в частности в биотехнических системах.

Список литературы

1. Волоконные решетки показателя преломления и их применение / С.А. Васильев, И.О. Медведков, И.Г. Королев, А.С. Божков, А.С. Курков, Е.М. Дианов // Квантовая электроника. – 2005. – Т. 35, № 12. – С. 1085–1103.
2. Способ измерения деформации конструкции из композиционного материала: пат. 2427795 Рос. Федерация; опубл. 03.12.2009.
3. Измерение неоднородных полей деформации встроенными в полимерный композиционный материал волоконно оптическими датчиками / А.Н. Аношкин, А.А. Воронков, Н.А. Кошелева, В.П. Матвеев, Г.С. Сероваев, Е.М. Спаскова, И.Н. Шардаков, Г.С. Шипунов // Известия Рос. акад. наук. Механика твердого тела. – 2016. – № 5. – С. 42–51.
4. Назиров М.Ф., Жуков Ю.А., Лыкова К.А. Измерение деформированного состояния образцов с помощью оптоволоконных датчиков, внедрённых в структуру композиционного материала // Вопросы оборонной техники. Сер. 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2015. – № 9–10. – С. 95–101.
5. Recent advances in composite fuselage demonstration program for damage and health monitoring in Japan / N. Takeda, N. Tajima, T. Sakurai, T. Kishi // Structural control and health monitoring. – 2005. – Vol. 12. – P. 245–255.

МОРФОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗОБРАЖЕНЬ ОБЛИЧЧЯ ЛЮДИНИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПЛАСТИЧНИХ І РЕКОНСТРУКТИВНИХ ОПЕРАЦІЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. Розглянуто використання графічних зображень для експрес-діагностування та побудови біомедичних програмних засобів. Визначено діагностичні ознаки морфологічного аналізу зображень обличчя людини для проведення пластичних і реконструктивних операцій. Розглянуто використання 3D-зображень для діагностики генетичних захворювань. Розроблено рекомендації по використанню тривимірного моделювання в контексті створення штучних імплантів.

Ключові слова: 3-D моделювання біомедичних об'єктів, морфінг, аналіз зображень, штучні імпланти

Метод. При плануванні та проведенні пластичних операцій часто використовують методику оцінки співвідношень ділянок обличчя [1,2,3]. Використовуючи її, пластичний хірург зможе домогтися оптимального естетичного результату пластики та задовольнити потреби пацієнта.

У роботі розроблено програму фотометричного аналізу зображень обличчя для задач пластичної хірургії.

Для визначення співвідношень ділянок обличчя за Н. S. Byrd [1], [2,3] використовуються такі точки обличчя: глабела - G , корінь носа R , кінчик носа O , ментон Sm , а також стоміон - S . Ці точки відображені на рис. 1.

Використовуючи ці точки визначають такі параметри:

- від точки G до ABP - висота середньої зони обличчя (MFH);
- від ABP до SM - висота нижньої зони обличчя (LFH);
- від точки R до T - проекція кінчика носа;
- від точки S до Sm - відстань від стоміона до ментона (SMe);
- від CP до PP - проекція кореня носа;
- від ACJ до TP - проекція кінчика носа;
- від найбільш передньої точки підборідка до $NLCP$ - проекції підборіддя.

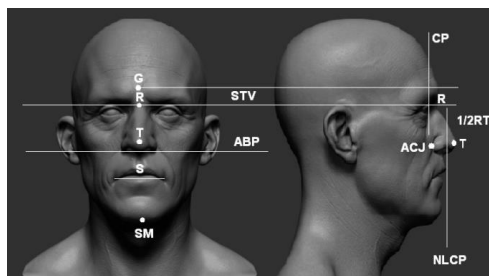


Рисунок 1 – Базові точки обличчя людини

Вважаються оптимальними такі співвідношення.

1. значення $LFH - MFH \leq 3i \text{ і}$;

2. ідеальна проекція кінчика носа повинна рівнятися $0,67 RTi$;
3. ідеальна проекція кореня носа повинна рівнятися $0,28 RTi$;
4. ідеальна довжина носа RTi може відрізнятись від наявної довжини носа RT , якщо середня частина обличчя дорівнює нижній частині $RTi = SM$;
5. проекція підборіддя повинна бути на рівні $NLCP$ у чоловіків і на 3 мм ззаду від неї у жінок.

Для пластичного хірурга важливо провести детальний аналіз обличчя людини на предмет відповідності реального обличчя «ідеальному» [119].

У табл. 1 наведено оптимальні співвідношення ділянок обличчя людини, які можна використати для планування пластичних операцій, зокрема, для ринопластики.

Використання 3D-зображень для діагностики генетичних захворювань

Поширеність генетичних захворювань [2,3] обумовлює необхідність розробки оперативних методів експрес-діагностики з використанням 3D- моделювання [2,3,4]. Це дозволить прискорити діагностичний процес і зменшити залежність від дорогих досліджень ДНК.

Так, наприклад, синдром Дауна [2] можна первинно діагностувати по таких вимірах: сплюснуте плоске лице; внутрішній кут очей розташовується нижче, ніж зовнішній; перенісся плоске і широке, вушні раковини маленькі, недорозвинені, розташовуються досить низько.

Захворювання Брахицефалію [2,3] можна первинно діагностувати по черепному індексу який при патології має значення, більше 81.

Для синдрому Мартіна характерні такі ознаки: велика голова з високим і широким чолом, довге обличчя з збільшеним підборіддям, кілька сплюснення середня частина обличчя, тупий, злегка клювовидний загнутий кінчик носа.

З використанням розробленої програми можна виконати первинне експрес-діагностування різних синдромів [3,4,5], зокрема, Сміта-Магеніса, Fragile, Грубера, Держинського, Апера, Сотоса, Дубовица та багато інших.

Слід зазначити, що аналіз сплюсненості ділянок обличчя важко реалізувати фотометричними способами, оскільки не виконується натурне вимірювання кривизни поверхні. Цей недолік легко усувається при використанні тривимірних моделей.

Останні масштабні дослідження [2], які провели науковці університетів Англії і декількох латиноамериканських країн, встановили залежність форм обличчя від 6 генів: PAX3, EDAR, DCHS2, RUNX2, GLI3 і PAX1, вплив яких має вплив на певні морфологічні ознаки. Гени DCHS2, RUNX2, GLI3 і PAX1 впливають розвиток лицевой частини черепа,

Запропоновано метод аналізу відповідності вікових змін розвитку дитини встановленим нормам. Згідно з методом формується тривимірна модель голови дитини з використання тривимірного сканера чи методів фотометрії. Генується кінцеве зображення шляхом (рис. 2) зміни форми та розмірів голови дитини відповідно до рекомендованих нормативних значень.

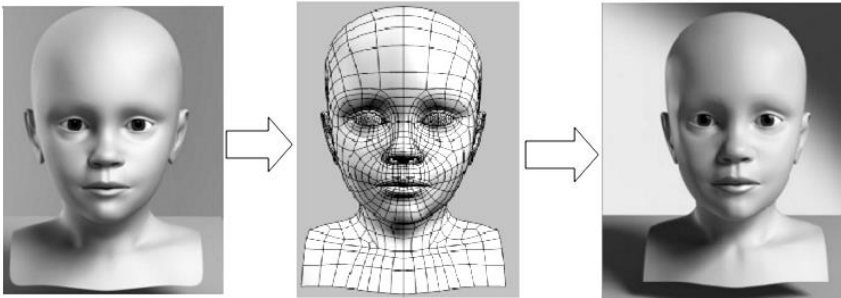


Рисунок 2 – Морфінг зображення голови дитини

Проводиться морфінг між початковим та кінцевим зображеннями. При цьому

формуються проміжні зображення. Встановлюється відповідність розмірів голови дитини параметрам, отриманих від згенерованих зображень на основі морфінгу. У табл. 1 наведено зміну розміри голови дитини протягом першого року розвитку [2].

Таблиця 1

Вікові зміни діаметру голови дитини

ВІК	Діаметр голови, см	
	Хлопчики D_x	Дівчатка $D_{\bar{a}}$
На момент народження	35	34
1 місяць	37	36
2 місяць	39	38
3 місяці	41	40
4 місяці	42	41
5 місяців	43	42
6 місяців	44	43
9 місяців	46	45
10 місяців	46.5	45.5
11 місяців	47	46
12 місяців	47	46

Для реалізації морфінгу зображення обличчя людини важлива адаптивна зміна густини триангуляційної мережі. При цьому важливо досягти збалансованої завантаженості відеокарти. Це можливо реалізувати шляхом поділу трикутників на складові приблизно однакової площі, які визначають кількість пікселів.

Висновок. Розглянуто використання графічних зображень для експрес-діагностування та побудови біомедичних програмних засобів. Визначено діагностичні ознаки морфологічного аналізу зображень обличчя людини для проведення пластичних і реконструктивних операцій. Розглянуто використання 3D-зображень для діагностики генетичних захворювань. Розроблено рекомендації по використанню тривимірного моделювання в цій галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Анализ пропорций лица как обязательный компонент ринопластики//<https://estetportal.com/doctor/statyi/analiz-proporsij-litsa-kak-obyazatelnyj-komponent-rinoplastiki>. Сент. 2018.
2. W. Wójcik, S. Romanyuk et al., *Information Technology in Medical Diagnostics*. London, England: CRC Press, 2017.
3. S. O. Romanyuk, O. N. Romanyuk, S. V. Pavlov, and O. V. Melnyk, "Method of anti-aliasing with the use of the new pixel model", *Proc. SPIE 9816, Optical Fibers and Their Applications*, 2015. <https://doi.org/10.1117/12.2229013>.
4. S. O. Romanyuk, S. V. Pavlov, and O. V. Melnyk, "New method to control color intensity for antialiasing" , in *International Siberian Conference on Control and Communications SIBCON*, 2015. doi: 10.1109/sibcon.2015.7147194.
5. S. O. Romanyuk, O. G. Avrunin, M. Y. Tymkovych, and etc, "Using a priori data for segmentation anatomical structures of the brain", *Przeglad Elektrotechniczny*, Vol. 93, Issue 5, pp.102-105, 2017. doi: 10.15199/48.2017.05.20.

Відомості про авторів

1. Павлов Сергій Володимирович – д.т.н., професор кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, e-mail: psv@vntu.edu.ua
2. Романюк Олександр Никифорович – д.т.н., зав. каф. програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, rom8591@gmail.com
3. Романюк Сергій Олександрович – к.т.н., Вінницький національний технічний університет, rom8591@gmail.com

ПІДТРИМКА ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В ЗАКЛАДАХ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я MICROCLIMATE PARAMETERS SUPPORT IN HEALTHCARE INSTITUTIONS

Приазовський Державний Технічний Університет

Анотація. Використання термоелектричного модуля Пельтьє, в якості осушувача дозволяє знизити вартість обладнання, досягти невеликих компактних розмірів і знизити ризик ураження електричним струмом при використанні некваліфікованим персоналом. Також важливим фактором є здатність осушувача на елементі Пельтьє ефективно підтримувати низьку температуру однієї із сторін, порівняно з температурою навколишнього середовища. Запропоновано робочу модель подібного пристрою для осушення повітря в медичних закладах міста Маріуполь

Ключові слова: термоелектричний модуль Пельтьє, біомедична інженерія.

Зниження вологості є найважливішим завданням кондиціонування повітря системи підтримки якості повітря в медичних приміщеннях в максимально комфортних та санітарних значеннях. Хоча осушувачі парокompресійного типу сьогодні широко використовуються, термоелектричні осушувачі повітря останнім часом привертають все більшу увагу через низьку перевагу, пов'язаних з розв'язанням екологічних проблем.

Термоелектричні системи використовують ефект Пельтьє, за допомогою якого тепло переходить із холодної на гарячу сторону у відповідь на протікаючий електричний струм через переходи неоднорідних напівпровідників р та n типу в термоелектричних гранулах елементу. Водяна пара конденсується на твердій поверхні, що стикається з холодною стороною елементу Пельтьє, поки її гаряча сторона охолоджується зовнішнім виділенням тепла, переданого ефектом Пельтьє. Науковцями ПДТУ, зокрема на кафедрі «Біомедична інженерія» запропоновану робочу модель подібного пристрою для осушення повітря в медичних закладах міста Маріуполь [1].

Використання термоелектричного модуля Пельтьє, в якості осушувача дозволяє знизити вартість обладнання, досягти невеликих компактних розмірів і знизити ризик ураження електричним струмом при використанні некваліфікованим персоналом. Також важливим фактором є здатність осушувача на елементі Пельтьє ефективно підтримувати низьку температуру однієї із сторін, порівняно з температурою навколишнього середовища. Для осушувача було обрано алюмінієву пластину приблизно 36 см², товщиною близько 0,5 мм, три термоелектричні елемента Пельтьє TEC1-12706, радіатор, Arduino Uno, плата для з'єднань, перемички, зовнішній блок живлення 220/12В, три транзистори TIP 122, три резистори 1 кОм. Елемент Пельтьє монтувався на зворотній стороні пластини холодною стороною до алюмінієвої пластини. Дана модель осушувача повітря є досить ефективним пристроєм, який конденсуючи краплі води з пари у повітрі з більшою концентрацією мікро крапель на алюмінієвій пластині перше зменшує вологість повітря у приміщенні, а по-друге є джерелом технічної води в невеликих кількостях.

Іноземними розробниками запропоновано інший вид осушувача на базі термоелектричних елементів Пельтьє, який складається з трьох частин: елементу Пельтьє, холодоагенту та радіатора. По обидва боки елементу знаходяться радіатори холоду та тепла, які обмінюються теплом з навколишнім повітрям. При подачі електричної напруги на модель, поглинання тепла відбувається через холодоагент, в той час як тепловіддача відбувається через радіатор. Швидкість тепловіддачі відповідає сумі поданої електроенергії та швидкості поглинання тепла.

На основі проведеного дослідження, можна стверджувати, що осушувач повітря досить ефективний пристрій, який конденсуючи краплі води з пари у повітрі з більшою концентрацією мікро крапель на алюмінієвій пластині по-перше зменшує вологість повітря у приміщенні, а по-друге є джерелом технічної води в невеликих кількостях. Об'єм конденсованої води буде залежати від початкової вологості приміщення та часу роботи пристрою. Видалена вода з повітря може зберігатися в будь-якому контейнері, наприклад у вигляді ПЕТ-пляшки або кварцової трубки. За нашими розрахунками при об'ємі осушуючого приміщення в 1м³ даний прототип здатен зменшити вологість повітря на 1% за 15 хвилин.

Список літератури

1. Сілі І.І. Осушувач повітря на базі елемента Пельтьє та Ардуіно. / В. С. Волошин, О.Ю. Азархов, І.І. Сілі - Медична інформатика та інженерія, 2020. – Вип. (2). – с. 90-95. <https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2020.2.11180>.

Відомості про авторів

1. Сілі Іван, к.т.н., асистент кафедри біомедичної інженерії, Приазовський Державний Технічний Університет, e-mail: alexazarhov@gmail.com
2. Азархов Олександр, д.м.н., зав. кафедри біомедичної інженерії, Приазовський Державний Технічний Університет, e-mail: alexazarhov@gmail.com

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНО СИНТЕЗОВАНИХ ІМПЛАНТІВ У МЕДИЦИНІ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ОПЕРАЦІЇ ОСТЕОСИНТЕЗУ

Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова¹,
Вінницький національний технічний університет²

Анотація

Розглянуто переваги таких методів лікування переломів, що можуть сприяти регенерації кісткової тканини. Запропоновано використання біоматеріалів для виготовлення штучно синтезованих імплантів, які здатні пришвидшити процес консолідації кісткових фрагментів та не викликають загальних токсико-алергічних реакцій в організмі людини.

Ключові слова: остеосинтез, імпланти, біоматеріали, біосумісність, трансплантація.

Протягом багатьох років, травми непохитно займають третє місце серед основних причин смертності та інвалідності населення. У зв'язку з цим, необхідно удосконалювати способи лікування потерпілих із травмами, у тому числі й із відкрити і закритими переломами кісток. Для лікування даних патологій, протягом останніх десятиліть застосовують остеосинтез – це хірургічне з'єднання відламків кісток у правильному положенні, за допомогою пластин і гвинтів, що сприяє повній їх консолідації та відновлення функцій кістки. Низька корозійна здатність та зносостійкість металевих імплантів, які вже понад півстоліття використовують в ортопедії та травматології, дають свої наслідки: у рідкому середовищі тіла людини відбувається вихід іонів металу, що зумовлює токсико-алергічні реакції в організмі людини [2, 3]. Тому матеріали, які застосовують при імплантації не повинні мати токсичність або повинні мати надійні захисні покриття на своїй поверхні, що перешкоджатиме виходу іонів та запобігатиме корозії металу.

Важливе значення для розвитку методів лікування переломів має пошук і розробка штучних біоматеріалів, що можуть слугувати заміниками кісткової тканини. Відповідно до якостей матеріали поділяють на дві групи: біоінертні, та ті, що біодеградують в ділянці перелому [6]. Біоінертні матеріали знайшли широке застосування в ортопедії, травматології та інших галузях медицини та промисловості. Їх використовують здебільшого при трансплантації та остеосинтезі на «великих» кістках (великогомілкова, малогомілкова, плечова, променева та т.ін.). Натомість, біодеграданти – це матеріали, які здатні до деградації (розчинення) в місці перелому. Основною перевагою даних імплантів є те, що вони не потребують додаткової операції для їх усунення.

Відомо, що тканини організму мають здатність реагувати на введення в організм чужорідних матеріалів [7]. Тому, біоматеріали повинні проходити детальні експериментальні дослідження для визначення їх біосумісності з організмом людини.

В даний час, в травматології та ортопедії, найбільш широко застосовують титано-нікелеві пластини з додатковим покриттям. В якості покриття використовують біокераміку: корундова інертна, поверхнево-активна (біоскло) та кераміка, яка резорбується (трикальційфосфат та гідроксиапатит) [4]. Фізико-хімічні властивості гідроксиапатит-кремнієвої біокераміки зумовили пильну увагу до неї медиків та дослідників інших галузей. Основною перевагою даного покриття є те, що кремній стимулює міжклітинні реакції в організмі людини, внаслідок чого, відбувається швидше утворення кісткової тканини, що, в свою чергу, сприяє консолідації в місці перелому.

На сьогодні, в якості наплення використовують матеріал на основі біоактивного скла – «Біокompat-Синтексті» [1]. Це біоактивний та остеостимулюючий матеріал, який випускають у вигляді порошків, гранул, блоків та фігурних імплантів. Даний матеріал має значний показник пористості і високі механічні властивості. Пористість забезпечує утримання різних неорганічних домішок, що, в свою чергу, перешкоджає розвитку бактерій, і як наслідок, загального запального інфекційного процесу, що є частим ускладнення після проведення операцій остеосинтезу.

Міцність при стисканні матеріалу складає від 1 до 600 МПа для різних видів, пористість регулюється в межах 5-85%, термін резорбції складає від 6 місяців до 20 років в залежності від складу імплантату [5].

Усі вище викладенні фактори, вимагають удосконалення біоматеріалів для проведення операцій остеосинтезу. На сьогодні, вже запропоновано ряд матеріалів, які здатні пришвидшити процес консолідації кісткових фрагментів та не викликають загальних токсико-алергічних реакцій в організмі людини. Натомість, подальший розвиток травматології та ортопедії направлений на матеріали, що здатні до біодеградації, оскільки вони не потребують додаткової операції щодо їх видалення. Особливістю біоматеріалів є те, що вони здатні індукувати процеси утворення кісткової тканини та проявляють високу біосумісність із тканинами організму людини.

Впровадження у медичну практику 3D-принтерів, біоімпланти є ідеальними кандидатами для їх друкування, що, в свою чергу, робить їх доступнішими, менш дорогавартісними та менш травматичними для організму людини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Апатит-біополімерні матеріали та покриття для біомедицини (стан та перспективи досліджень у лабораторії «Біонанокомпозит» СумДУ): Монографія; за загальною редакцією чл.-кор. НАНУ Л. Ф. Суходуба. – Суми, 2015. – 254 с.
 2. Кореньков О. В. Оптимізація репаративного остеогенезу за допомогою кальцій-фосфатних остеопластичних матеріалів (огляд літератури) / О. В. Кореньков // Ор-топедия, травматология и протезирование. – 2014. – № 1. – С. 110 – 116.
 3. Оцінка цитотоксичності біокераміки, легованої іонами срібла й міді, у культурі мультипотентних мезенхімальних стромальних клітин жирової тканини людини / О.С. Лисенко, А.В. Борисенко, Д.О. Зубов [и др.] // Современная стоматология. – 2014. – № 4 – С.127 – 132.
 4. Попков А.В. Биосовместимые имплантаты в травматологии и ортопедии (об-зор литературы) / А.В. Попков // Геній Ортопедии. – 2014. – № 3. – С. 94 – 99.
 5. Сафронова Т. В. Медицинское неорганическое материаловедение в России: кальцийфосфатные материалы / Т. В. Сафронова, В. И. Путляев // Наносистемы: физи-ка, химия, математика. – 2013. – № 4 (1). – С. 24 – 47.
 6. Biodegradable Materials for Bone Repair and Tissue Engineering Applications / Zeeshan Sheikh, Shariq Najeeb, Zohaib Khurshid [et al.] // Materials. – 2015. – Vol. 8(9). – P. 5744 – 5794.
 7. Bio-SiC ceramics coated with hydroxyapatite using gas-detonation deposition: An-alternative to titanium-based medical implants / M.I.Klyui, V.P.Temchenko, O.P.Gryshkov [et al.] // Functional Materials. – 2013. – Vol. 20, No.2. – P.163 – 171.
- Федотова Вікторія Володимирівна** – студентка I курсу медичного факультету №1, Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова, Вінниця, vi.fedotova02@gmail.com
- Віштак Інна Вікторівна** – канд. тех. н., доцент, доцент кафедри БЖДПБ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, innavish322@gmail.com

APPLICATION OF ARTIFICIALLY SYNTHESIZED IMPLANTS IN MEDICINE DURING OSTEOSYNTHESIS SURGERY

Abstract

The advantages of such methods of fracture treatment that can promote bone regeneration are considered. The use of biomaterials for the manufacture of artificially synthesized implants is proposed, which are able to accelerate the process of consolidation of bone fragments and do not cause general toxic-allergic reactions in the human body.

Keywords: osteosynthesis, implants, biomaterials, biocompatibility, transplantation.

Fedotova Viktoriia V. – 1st year student of the Medical Faculty №1, Vinnytsia National Medical University named by M. I. Pirogov, Vinnytsia, vi.fedotova02@gmail.com

Vishhak Inna V. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Life Safety and Safety Pedagogy, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, innavish322@gmail.com

Yu.O. Bezsmertnyi
S.V. Pavlov
V.I. Shevchuk
H.V. Bezsmertna

AUTOMATED DIAGNOSIS OF PATHOLOGY OF THE HUMAN MUSCLE-MOTOR SYSTEM ON THE BASIS OF STATOGRAPHIC RESEARCH

Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base
of Vinnitsa Pirogov National Medical University
¹Vinnitsia National Technical University

Abstract

The analysis of efficiency of a method of the automated differential diagnostics of pathology of the person's musculoskeletal system with a possibility of the analysis of multicomponent data of the human statogram is carried out. By means of the device of neural networks the method of a functional estimation of a condition of musculoskeletal system of the person according to statographic researches, namely geometrical and power parameters of statograms at two-support and one-support standing is offered.

Keywords: automated diagnosis, musculoskeletal system, statographic studies.

Despite the rich choice of research methods and constant improvement of technical means, as noted by many researchers, objective and differentiated diagnosis of the musculoskeletal system (ORS) is hampered by the presence of a wide range of compensatory-adaptive reactions [1, 2]. To provide vertical support when standing and walking, the patient seeks to intuitively adapt to changes in his ORS [1, 3]. A large number of methods of compensatory processes eliminate the deformation and make it difficult to quantify [4, 5, 6]. Therefore, there is a need to create devices that not only allow to detect pathology and the degree of its compensation, but also to quantify it [7].

The aim of the study was to substantiate the method of automated differentiated diagnosis of human ORS pathology with the possibility of analyzing multicomponent data of the human statogram.

The data of statographic research of 15 patients with osteochondrosis of the lumbar spine were analyzed; 15 patients with bilateral coxarthrosis stage II-III and 10 healthy volunteers. The parameters of the statograms were analyzed: energy strength of the statogram at two-support and one-support standing, the area of spots in these positions, the ratio of spots of single-support standing to the area of two-support standing, the ratio of spots of the statogram to the total area of the statogram.

More than 10 geometric parameters of statograms were developed for the study of statograms, which describe the parameters of the area of statogram spots, the magnitude of the scatter of the centers of statogram spots and their boundaries in the frontal and sagittal planes, asymmetry coefficients of geometric and angular spots. Particular attention is paid to the spectral characteristics of statograms. In the course of statistical researches the big dispersion of parameters of statograms which can testify to existence of this or that pathology is revealed. Based on the obtained data, it was found that in the diagnosis of a possible pathological condition, the parameters of statograms should be analyzed not separately, but in combination, using multidimensional classification algorithms.

The strongest method of statistical classification is discriminant analysis, but it requires the presence of dichotomous quantities as a classification argument, and if there are more than 3 levels, the results of the analysis are very difficult to interpret the verification of classification equations.

Therefore, we chose modern methods of classification analysis, namely neural networks.

20 parameters of spectral and geometric characteristics of the statogram were selected as input arguments of the neural network. Several models of neural networks were analyzed and the one with the highest probability of predicting the correct result was selected. The neural network has 2 hidden layers, the neurons of which activate the function of the hyperbolic tangent, ie the nonlinear dependence of the pairs of neurons. The network has 3 output neurons by the number of levels of the classification argument. The work of the neural network consists of three stages: training of the network on a special sample with the established diagnosis (training sample), checking the network model on the control sample and the stage of checking the model on a random sample. During the learning phase, the neural network learns to return a specific output signal for a specific input signal, this is done through continuous learning on a set of learning data. During the execution phase, the neural network returns the output signals based on the input data.

The algorithm for performing direct propagation functions is as follows: the input data is fed to the input layer of the network and distributed throughout all layers of the network until it reaches the output layer, where the result is returned. During training, the neural model on the input and output data set is configured to obtain the same values at the outputs as in the training sample. When determining the size of the neural model, it is necessary to take into account the size of the training sample. The number of scales to be adjusted must be less than the number of input images, otherwise the network will "remember" the images and lose the ability to classify, on the other hand, the more scales of the network to be adjusted, the more accurate the adjustment. The sample used was relatively small, and each image contains the results of energy analysis of the statogram and 17 parameters of the geometric data of the statogram (a total of 20 input parameters).

In some cases, the neural network gave ambiguous results. This can be explained by the fact that, as a rule, diseases of the hip joint develop first on one side and are accompanied by lameness, pain, shortening of the limb. Constant asymmetric load on the hip joints leads to an increase and change in the load on the lumbar spine, over time it leads to the development of degenerative diseases - osteochondrosis, spondyloarthritis and others. In the future, even greater asymmetry of the load on the joints, exacerbated by degenerative diseases of the spine, leads to the symmetrical development of the disease of the second hip joint. These circumstances explain the low differentiation of diseases in patients, especially the elderly. The highest probability of correctly predicted results occurred in the group of patients with coxarthrosis (96.5%), less in the group of patients with osteochondrosis (67.3%) and in the control group (69.7%).

The constructed neural network showed a fairly high result in the diagnosis. The neural network has the highest sensitivity and specificity for the detection of coxarthrosis, less sensitivity and specificity - for the detection of osteochondrosis.

Modern instrumental research methods give the researcher a large number of parameters that require modern processing methods. The automated process of building neural networks allows the researcher without special knowledge in the field of programming to create sufficiently effective classification models. The created neural model allowed to identify with rather high probability in orthopedic patients the prevailing orthopedic pathology.

REFERENCE

1. George S. Z., Bishop M. D. Chronic Musculoskeletal Pain is a Nervous System Disorder... Now What? // *Phys Ther.* 2018 Apr 1;98(4):209-213. doi: 10.1093/ptj/pzy002.
2. Celik S., Celik K., Dirimese E., et al. Determination of pain in musculoskeletal system reported by office workers and the pain risk factors // *Int J Occup Med Environ Health.* 2018 Jan 1;31(1):91-111. doi: 10.13075/ijomh.1896.00901.
3. Dantas E H M , Daoud R, Trott A, Nodari Jr R J, Conceição M CSC. Flexibility: components, proprioceptive mechanisms and methods // *Biomedical Human Kinetics.* 2011; (3): 39 - 43. doi: 10.2478/v10101-011-0009-2
4. Kerkman J. N., Daffertshofer A., Gollo L. L., Breakspear M., Boonstra T. W. Network structure of the human musculoskeletal system shapes neural interactions on multiple time scales // *Science Advances.* 2018 ; 4 (6): eaat0497. doi: 10.1126/sciadv.aat0497.
5. Severina L.V. Evaluation of the dynamics of the functional condition by the method of stabilography in order to increase reliability of professional activity (Ocenka dinamički funkcional'nogo sostojanija metodom stabilografii v celjah povysšenija nadežnosti professional'noj dejatel'nosti) // *Mat-Iv VII Vserossijskoj konf. po biomehanike. — N. Novgorod: IPF RAN.* 2004 ; 2 : 102-104.

6. Tiazhelov O.A., Karpinskyi M.Yu., Karpinska O.D., Yaremyn S.Yu. Features of dynamic characteristics statogram when fixing the joints of the lower limb (Osoblyvosti dynamichnykh kharakterystyk statohram pry fiktsatsii suhlobov nyzhnoi kintsivky) // *Travma*. 2014 ; 15 (2) : 88-93.
7. Tiazhelov O.A., Karpinskyi M.Yu., Karpinska O.D., Yaremin S.Yu. Substantiation and analysis of geometric parameters of statograms for evaluation of the condition of the musculoskeletal system (Obgruntuvannia ta analiz heometrychnykh parametriv statohram dlia otsiniuvannia stanu oporno-rukhoivoi systemy liudyny) // *Ortopediya, travmatolohiya y protezyrovanye*. 2014 ; (3) : 62-68.
8. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). *Information Technology in Medical Diagnostics II*. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>.
9. Pavlov S. V. *Information Technology in Medical Diagnostics* // Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages
10. Olexander N. Romanyuk; Sergii V. Pavlov, et al. Method of anti-aliasing with the use of the new pixel model, *Proc. SPIE* 9816, *Optical Fibers and Their Applications 2015*, 981617 (December 18, 2015); doi:10.1117/12.2229013; Index SNP – 0,37. <http://dx.doi.org/10.1117/12.2229013>
11. S. O. Romanyuk; S. V. Pavlov; O. V. Melnyk. New method to control color intensity for antialiasing. *Control and Communications (SIBCON)*, 2015 International Siberian Conference. - 21-23 May 2015. - DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147194.

Authors:

Bezmertnyi Yuri Oleksiyovich

Doctor of Medical Sciences, Deputy Director for Research, Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University, Vinnitsa, bezmertnyiyurii@gmail.com

Pavlov Sergii Volodymyrovych

Doctor of technical sciences, professor, vice-rector for scientific work, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, psv@vntu.edu.ua

Shevchuk Viktor Ivanovich

Doctor of Medical Sciences, Director of Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University, Vinnitsa, reab@ukr.net

Bezmertna Halyna Viktorivna

PhD Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Rehabilitation of Persons with Disabilities, Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University, Vinnitsa, bezmertnahalyna@gmail.com

АВТОМАТИЗОВАНА ДІАГНОСТИКА ПАТОЛОГІЇ ОПОРНО-РУХОВОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ НА ОСНОВІ СТАТОГРАФІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Анотація

Проведено аналіз ефективності методу автоматизованої диференційної діагностики патології опорно-рухової системи людини з можливістю аналізу багатокомпонентних даних статограми людини. За допомогою апарату нейронних мереж запропонований метод функціональної оцінки стану опорно-рухової системи людини за даними статографічних досліджень, а саме геометричних і енергетичних параметрів статограм при двоопорному й одноопорному стоянні.

Ключові слова: автоматизована діагностика, опорно-руховий апарат, статографічні дослідження.

Безмертний Юрій Олексійович

Доктор медичних наук, заступник директора з наукової роботи, Науково-дослідний інститут реабілітації осіб з інвалідністю (ннлк) Вінницького національного медичного університету ім.М.І. Пирогова, Вінниця, bezmertnyiyurii@gmail.com

Павлов Сергій Володимирович

Доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, psv@vntu.edu.ua

Шевчук Віктор Іванович

Доктор медичних наук, професор, директор Науково-дослідного інституту реабілітації осіб з інвалідністю (ннлк) Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, reab@ukr.net

Безмертна Галина Вікторівна

Кандидат медичних наук, завідувач відділу реабілітації інвалідів Науково-дослідного інституту реабілітації осіб з інвалідністю (ннлк) Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, bezmertnahalyna@gmail.com

Yu.O. Bezsmertnyi¹
S.V. Tymchuk²
V.P. Danylevych³
Yu.J. Guminskiy⁴
H.V. Bezsmertna⁵

MODELING INDIVIDUAL PARAMETERS OF THE SUM IN SIZE OF THE INTERVERTEBRAL DISCS OF THE LUMBAR SPINE IN NORM IN GIRLS AND WOMEN

¹Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University
²Vinnitsia National Technical University
³Vinnitsa Pirogov National Medical University

Abstract

The individual parameters of the sum of intervertebral disc dimensions of the lumbar spine in norm in girls and women of first mature age were investigated on the basis of modeling. The simulations were performed by determining the relative proportional nonlinear somato-vertebral value (based on body length and body weight) and determining the total size of the sagittal and transverse dimensions of the intervertebral discs of the lumbar spine for each individual. Comparison of the sum of the measured indicators of vertical, sagittal and transverse dimensions of the intervertebral discs of the lumbar spine and the indicators obtained in mathematical modeling was performed with the obtained data.

Keywords: modeling, individual parameters, intervertebral disc, girls and women of the first mature age.

In medical practice, objective linear indicators of height, sagittal and transverse dimensions of intervertebral discs are practically not used as criteria for assessing their deviation from the norm. Existing normative parameters of linear dimensions of individual intervertebral discs are found only in single scientific papers and are not widely used in medical practice [1, 2]. Thus, the method of estimating the partial size of the intervertebral discs of the lumbar spine [3], involves calculating the average values of the size of the intervertebral discs without taking into account gender differences and individual anthropometric data. Determining relative indicators is the only way to take into account the individual characteristics of each human body, which makes it possible to more clearly judge the presence of the norm, or the beginning of the development of pathological changes [4, 5]. They provide an assessment of only the sagittal and transverse dimensions and do not take into account the height of the intervertebral disc, which is key in diagnosing the severity of pathological changes in the intervertebral disc [6, 7].

The simulations were performed by determining the relative proportional nonlinear somato-vertebral value (based on body length and body weight) and determining the total size of the sagittal and transverse dimensions of the intervertebral discs of the lumbar spine for each individual in girls and women of first mature age (16-26 years). Comparison of the sum of the measured indicators of vertical, sagittal and transverse dimensions of the intervertebral discs of the lumbar spine and the indicators obtained in mathematical modeling was performed with the obtained data.

Drawing up an optimal regression polynomial in terms of predictability, number of variables and the possibility of logical verbal interpretation is the main task of the study. Dependent variables are the parameters of the intervertebral disc (sum of linear dimensions). When constructing the dependence of the sum of the linear dimensions of the intervertebral discs between L₁-L₂ lumbar segments on the mass-growth ratio with a 95% interval, it is possible to predict within 76 out of 80 cases within these limits of reliability. When constructing the dependence of the relative value of the mass-growth ratio to the unit of the total length of the three sizes of intervertebral discs L₂-L₃, L₃-L₄, L₄-L₅ lumbar segments from the mass-growth ratio with 99% interval it is possible to predict within these

probability 77 cases out of 80 .

When constructing the dependence of the relative value of the mass-growth ratio of the unit of total length of the three sizes of intervertebral discs D_2 , D_3 , D_4 from the mass-growth ratio to the unit of total length of the three sizes of intervertebral discs L_1 - L_5 lumbar segments from the mass-growth ratio of 99% predict within these probabilities 76 cases out of 80.

The task is carried out by the method, which consists in determining the sum of three sizes of intervertebral discs L_1 - L_5 segments of the lumbar spine in norm on the basis of the value of mass-growth ratio, including preliminary construction of a regression model of relative proportional mass-growth ratio per unit length of three dimensions intervertebral D_1 disc between 1 and 2 lumbar vertebra, D_2 disc between 2 and 3 lumbar vertebra, D_3 disc between 3 and 4 lumbar vertebra, D_4 disc between 4 and 5 lumbar vertebra. The simulations were performed by determining the relative proportional nonlinear somato-intervertebral value based on the mass-growth ratio for each individual in the norm.

The coefficient of determination R^2 above 80.4% predicts the expected dependent variable. The standard estimation error is a measure of the scattering of values, in this case 0.165. With this number of observations, the critical F is equal to 2.66. In our case, F is from 189.7 to 299.1, which is much more than the critical (calculated) value, on the basis of which the regression linear polynomial is significant ($p < 0.000001$).

Verification of the adequacy of the regression model was determined by analyzing the difference between the prognostic and actual values of the relative parameter in each examined individual. The maximum relative deviations are generally not more than 10%.

Further algebraic transformation of the obtained equations of proportions to determine the value of the sum of three linear dimensions for each intervertebral disc in segments L_1 - L_5 is normal from the values of mass and body length.

Thus, after converting the total sum of linear dimensions to the left part of the equation we obtain the following final results:

$$SD_1 = K / (7,238 + 0,064 * m - 4,005 * H) \pm 10 \% ; SD_2 = K / (7,096 + 0,058 * m - 3,854 * H) \pm 10 \% ;$$

$$SD_3 = K / (6,816 + 0,055 * m - 3,715 * H) \pm 10 \% ; SD_4 = K / (6,361 + 0,055 * m - 3,559 * H) \pm 10 \% , \text{ where:}$$

SD_1 - the sum of the linear dimensions D_1 of the intervertebral disc in the norm (MRI measurement) in cm; SD_2 - the sum of the linear dimensions D_2 (cm); SD_3 - the sum of the linear dimensions D_3 (cm); SD_4 - the sum of the linear dimensions of D_4 (cm); K - mass-growth ratio (kg / m); m - body weight (kg); H - growth (m).

The simulation is performed by determining the relative proportional somato-intervertebral values based on the mass-growth ratio and determining the total value of the three linear sizes of individual intervertebral discs L_1 - L_5 segments in the norm for each individual. The standard error for these models is $\pm 5.0\%$. The developed mathematical models based on step-by-step regression analysis and algebraic transformations of proportions allow to determine the sum of standard MRI sizes D_1 , D_2 , D_3 and D_4 of intervertebral discs L_1 - L_5 segments in the norm on the basis of anthropometric methods available in practical medicine - determination of body and length further obtaining a relative mass-growth rate.

Most of the predicted sums of the linear dimensions of the intervertebral discs between the lumbar vertebrae obtained by MRI examination do not differ by more than 10%. The general trend of the defined individual indicators is to reduce the range of linear parameters studied, it can be argued that the individual ranges of the norm are within $\pm 10\%$.

The use of the proposed approach makes it possible to conduct a direct prognostic assessment of the total value of standard linear MRI of the intervertebral disc between the lumbar vertebrae to diagnose early stages of intervertebral disc disease in MRI and CT examined.

REFERENCES

1. Hamdy R.C. Osteoporosis: Heading Towards the Perfect Storm //Journal of Clinical Densitometry. 2018 ; 21(1) : 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2017.12.001>
2. Kornus O.H., Kornus A.O., Shyshchuk V.D., Nurein N. M. Regional morbidity profile of the Sumy region population by diseases of the musculoskeletal system and connective tissue // Journal of Geology, Geography and Geoecology. 2018 ; 27 (3) : 431-443. doi.org/10.15421/11188201.

3. Gue'rin P., Obeid I., Gille O., Bourghli A., Luc S., Pointillart V., Cursolle J.C., Vital J.M. Safe working zones using the minimally invasive lateral retroperitoneal transpsoas approach: a morphometric study // *Vital Surg Radiol Anat.* 2011 ; 33: 665-671. doi 10.1007 / s00276-011-0798-6.
4. Gunas I.V., Pinchuk S.V., Shayuk A.V. Correlation of computer-tomographic size of the lumbar spine on median-sagittal sections with anthropo-somatotypological parameters healthy girls from Podillya // *Bulletin of Morphology.* 2015 ; 21 (1) : 126-130.
5. Tang R., Gungor C., Seseke RF3 [et al.] Morphometry of the lower lumbar intervertebral discs and endplates: comparative analyzes of new MRI data with previous findings // *Eur Spine J.* 2016 Dec., 25 (12): 4116-4131.
6. Lim Y.Z., Chou L., Au R.T., Senevickrama K.M.D., Cicuttini F.M., Briggs A.M., Sullivan K., Urquhart D.M., Wluka A.E. People with low back pain want clear, consistent and personalised information on prognosis, treatment options and self-management strategies: a systematic review // *J Physiother.* 2019 ; (19): S1836-955330057-8. doi: 10.1016/j.jphys.2019.05.010.
7. Linhardt O., Grifka J., Benditz A. Are There Correlations Between Disc Degeneration and the Appearance of Lumbar Disc Herniations? // *Z Orthop Unfall.* 2016 Dec;154(6):595-600.
8. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). *Information Technology in Medical Diagnostics II.* London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>.
9. Pavlov S. V. *Information Technology in Medical Diagnostics* // Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages
10. Olexander N. Romanyuk; Sergii V. Pavlov, et al. Method of anti-aliasing with the use of the new pixel model, *Proc. SPIE* 9816, *Optical Fibers and Their Applications* 2015, 981617 (December 18, 2015); doi:10.1117/12.2229013; Index SNIP – 0,37. <http://dx.doi.org/10.1117/12.2229013>
11. S. O. Romanyuk; S. V. Pavlov; O. V. Melnyk. New method to control color intensity for antialiasing. *Control and Communications (SIBCON), 2015 International Siberian Conference.* - 21-23 May 2015. - DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147194.

Bezsmertnyi Yurii Oleksiyovich

Doctor of Medical Sciences, Deputy Director for Research, Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University, Vinnitsa, bezsmertnyiyurii@gmail.com

Tymchuk Sergii Vasylyevich

Candidate of technical sciences, vice-professor, dean, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, tymchyksv@ukr.net

Danylyevych Victor Petrovich

Assistant Professor Candidate of medical Science, Department of Human Anatomy Vinnitsa Pirogov National Medical University, Vinnitsa, vidanlet@gmail.com

Guminskiy Yurii Josipovich

Doctor of Medical Science, Professor Department of Human Anatomy Vinnitsa Pirogov National Medical University, Vinnitsa, vidanlet@gmail.com

Bezsmertna Halyna Viktorivna

PhD Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Rehabilitation of Persons with Disabilities, Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University, Vinnitsa, bezsmertnahalyna@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СУМИ РОЗМІРІВ МІЖХРЕБЦЕВИХ ДИСКІВ ПОПЕРЕКОВОГО ВІДДІЛУ ХРЕБТА В НОРМІ У ДІВЧАТ ТА ЖІНОК ПЕРШОГО ЗРІЛОГО ВІКУ

Анотація

На основі моделювання досліджено індивідуальні параметри суми розмірів міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта в нормі у дівчат та жінок першого зрілого віку. Моделювання проводили через визначення відносної пропорційної нелінійної сомато-вертебральної величини (на основі довжини тіла та маси тіла) та визначення сумарної величини розмірів сагітального та поперечного розмірів міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта для кожного конкретного індивідуума. Порівняння суми вимірних показників вертикального, сагітального та поперечного розмірів міжхребцевих дисків поперекового відділу хребта та показників отриманих при математичному моделюванні проводили з отриманими даними.

Ключові слова: моделювання, індивідуальні параметри, міжхребцевий диск, дівчата та жінки першого зрілого віку.

Безсмертний Юрій Олексійович

Доктор медичних наук, заступник директора з наукової роботи, Науково-дослідний інститут реабілітації осіб з інвалідністю (ннлк) Вінницького національного медичного університету ім.М.І. Пирогова, Вінниця, bezsmertnyiyurii@gmail.com

Тимчик Сергій Васильович

Кандидат технічних наук, доцент, декан факультету інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, tymchyksv@ukr.net

Данилевич Віктор Петрович

Доцент, кандидат медичних наук, кафедра анатомії людини, Вінницький національний медичний університет ім.М.І. Пирогова, Вінниця, vidanlet@gmail.com

Гумінський Юрій Йосипович

Доктор медичних наук, професор кафедри анатомії людини, Вінницький національний медичний університет ім.М.І. Пирогова, Вінниця, vidanlet@gmail.com

Безсмертна Галина Вікторівна

Кандидат медичних наук, завідувач кафедри реабілітації інвалідів, Науково-дослідний інститут реабілітації осіб з інвалідністю (ннлк) Вінницького національного медичного університету ім.М.І. Пирогова, Вінниця, bezsmertnahalya@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ІМУНОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі проаналізовано сучасні методи застосування наночастинок в медичній галузі, розглянуто їх взаємодію з біооб'єктами та взаємний вплив, можливість використання різних підходів до застосування нанотехнологій в галузі.

Ключові слова: наномедицина, нанотехнологія, наночастина, метал, вакцина, діагностика.

Abstract

The paper analyzes modern methods of application of nanoparticles in the medical field, considers their interaction with biological objects and mutual influence, the possibility of using different approaches to the application of nanotechnology in the field.

Keywords: nanomedicine, nanotechnology, nanoparticle, metal, vaccine, diagnostics.

Вступ

Успіхи і досягнення нанотехнологій істотно вплинули на розвиток наномедицини і нанобіотехнологій, де наноматеріали знайшли широке застосування в лікуванні та діагностиці захворювань різної етіології, в біотехнологічній промисловості і в сенсорних технологіях. Найбільш перспективними у цьому аспекті є наночастинки металів, які можуть бути використані як вектори для цільової терапії в онкології та кардіології, антимікробні препарати в медицині і ветеринарії, компоненти імунобіологічних препаратів (пробіотиків та вакцин) [1].

Дослідження в галузі біонанотехнологій, зокрема в напрямку синтезу білків, будуть використані для одержання пептидів із бажаними імуногенними властивостями; розробки вакцин нового покоління з високою активністю і безпекою; одержання наночасток генно-інженерних протеїнів; розробки біотипів і тест-систем для біологічного скринінгу, імунологічного моніторингу і прогнозування небезпечних і економічно значущих інфекційних захворювань тварин [2].

Ряд зарубіжних науковців вивчають можливість застосування наночастинок металів в концентраціях, які б забезпечували стимуляцію культуральних, репродуктивних та біологічних властивостей виробничих штамів мікроорганізмів у технологіях виготовлення імуностимулюючих препаратів різного профілю [3]. Наночастинки починають застосовувати у галузі біофізики, молекулярної біології, протеоміки, генетики, зокрема для створення біомаркерів. Магнітні наночастинки, на які нанесено антитіла та фрагменти ДНК, мають властивість посилювати сигнал. Це дозволить діагностувати хворобу на ранніх стадіях й ефективніше лікувати різні захворювання [4].

Результати дослідження

Нанотехнології при створенні вакцин. Ще одна важлива область застосування нанотехнології – створення нановакцини для профілактики і терапії інфекційних захворювань, проти яких неможливо розробити вакцини традиційними методами. Це вакцини для профілактики соціально значущих інфекцій (туберкульозу, гепатиту В, вірусу папіломи, що викликає поширене онкологічне захворювання) і особливо небезпечних інфекцій (лептоспірозу, туляремії, бруцельозу). Крім того, до теперішнього часу не вдається створити вакцину, яка захищає одночасно від багатьох захворювань [5].

У той же час синтез наночастинок, які мають властивості ад'ювантів, та їх з'єднання з антигеном (вірусом, бактерією чи їх фрагментами) дозволяє створювати вакцини нового покоління. Так, в галузі ветеринарної медицини безліч наночастинок використовують з метою виявлення вірусних, паразитарних та бактеріальних патогенів.

Досягнення нанотехнології при розробленні вакцин включають використання нових ад'ювантів на основі наночастинок, до яких кріпляться безпечні антигени, що утворюються з синтетичних пептидів і рекомбінантних білків. Проведені в ІБТ НААН дослідження показали, що новий тип нанополімерів на основі псевдоамінокислот поліестерного типу не шкідливий для організму і може використовуватися в якості ад'ювантів при розробці вакцин [4].

У травні 2012 року американська компанія Selecta Biosciences представила першу вакцину на основі унікальної технології синтетичних вакцинних часток (Synthetic Vaccine Particle — SVP). Суть технології полягає в складанні наночастинок, здатних імітувати різні антигени (Рис.1.) і викликати тим самим імунну відповідь організму. Завдяки процесу складання наночастки, що повністю настроюються, можна активувати імунну реакцію на широкий спектр відповідних антигенів, у тому числі на малі молекули, пептиди, олігосахариди, білки [8].

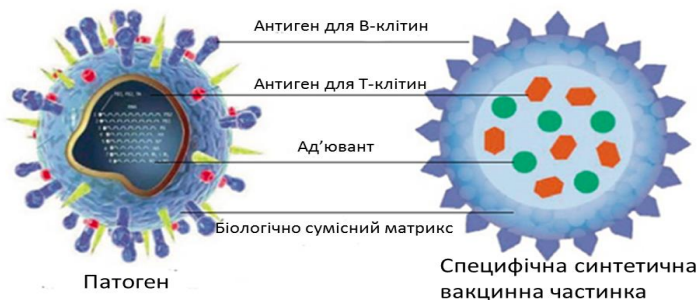


Рис. 1. Наночастинки, що імітують природні антигени [7]

Нанотехнології у синтезі інтерферону. У серії досліджень із вивчення інтерфероніндукувальної дії молекулярних комплексів дволанцюгової РНК, іммобілізованої на мікрочастинки сферону, доведено, що взаємодія таких конструкцій із клітинами не тільки викликає продукування інтерферону І типу, але й зумовлює підвищення активності трьох маркерних мембраноз'язаних ферментів — Na^+, K^+ -АТФ-ази, $\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}$ -АТФаз та 5'-нуклеотидази. У той же час відбувалися значні морфологічні зміни на зовнішній поверхні клітин, про що свідчили дані атомно-силової мікроскопії [5].

Нанотехнології для адресної доставки вакцин. Носії на основі полімерних наночастинок можуть застосовуватися під час оральної вакцинації, а також для доставки макромолекул білків, фрагментів ДНК, що містять окремі гени, а також у спеціальних випадках для цільової доставки антигенів до дендритних клітин. Для отримання полімерних наночастинок використовують переважно біоруйнівні й біосумісні полімерні системи, на поверхні яких можна контролювати процес накопичення ліків і їх вивільнення. Наночастинки мають субнанорозмірну колоїдну структуру з розмірами в діапазоні 10–1000 нм. Залежно від виробничого процесу утворюються наносфери або нанокапсули, в яких активні інгредієнти можуть бути розчинені, сорбовані, капсульовані або поєднані з матрицею. В якості основних полімерів використовують полімолочну, полігліколеву, полімолочно-гліколеву кислоти [5].

Висновки

Створення вакцин нового покоління полягає у використанні нових ад'ювантів на основі наночастинок. Такі вакцини матимуть значно більший ефект, не чинитимуть побічних дій та будуть безпечними при застосуванні [9]. Але фармакокінетична поведінка різного типу наночастинок потребує детального дослідження. Триває робота щодо створення бази даних про ризики для здоров'я людини, що пов'язані з проникненням різних наночастинок, із зазначенням цільових органів, тканин або клітин [4]. Для проведення аналізу наночастинок, для того щоб оцінити ризик їх практичного використання, необхідно розробити відповідне апаратне забезпечення для проведення відповідних тестів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Біобезпечні наночастинки металів в наномедицині та нанобіології / З. П. Ульберг, Т. Г. Грузіна, С. М. Дибкова, Л. С. Резніченко. // Вісник проблем біології і медицини. - 2010. - Вип. 4. - С. 72-77.
2. Матюшенко І. Ю. Перспективи комерційного використання нанобіотехнологій у сільськогосподарському виробництві України / І. Ю. Матюшенко, Ю. М. Маханьова, А. О. Костенко. [Електронний ресурс].—Режим доступу: https://www.business-inform.net/export_pdf/business-inform-2012-9_0-pages-146_156.pdf.
3. Теоретичне та експериментальне обґрунтування використання нанотехнологій для створення імунобіологічних препаратів / В. П. Риженко, Г. Ф. Риженко, О. І. Горбатюк, та ін. // Ветеринарна біотехнологія. - 2013. - Вип. 23. - С. 438-446.
4. Влізло В. Нанобіотехнології. сучасність та перспективи розвитку / В. Влізло, Р. Я. Іскра, Р. С. Федорук // Біологія тварин. - 2015. - Т. 17, № 4. - С. 18-29.
5. Ульберг. З. Нанотехнології в медицині: роль колоїднохімічних процесів / З. Ульберг, Т. Грузіна, О. Карпов // Вісник НАН України, 2008. - № 8. — С. 28-41.
6. Основы биотехнологии. В 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Л. В. Назаренко [и др.] ; под общей редакцией Л. В. Назаренко, Н. В. Загоскиной. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2018. — 219 с.
7. Selecta Biosciences. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.selectabio.com/immrtor>
8. Чернишова Л. І. Сучасні технології виготовлення вакцин / Л. І. Чернишова, Ф. І. Лапій // Здоровье ребенка, 2014. №4 (55). — С. 167-171.
9. Status and future prospects of lipid-based particulate delivery systems as vaccine adjuvants and their combination with immunostimulators/P. Nordly, H.B. Madsen, H.M. Nielsen, C. Foged//Expert Opinion On Drug Delivery. — 2009. — V. 6(7). — P. 657–672.

Марфін Вікторія Юрївна — студентка групи БМІ-186, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail : katenka.shevchuk@gmail.com.

Віштак Інна Вікторівна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Науковий керівник: **Павлов Сергій Володимирович** — д-р техн. наук, професор, професор кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Marfin Viktoriia Yu. — Department of of Infocommunications, Radio Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : katenka.shevchuk@gmail.com.

Vishatak Inna V. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Supervisor: **Pavlov Serhii V.** — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D СКАНУВАННЯ ТА ДРУКУ ДЛЯ ПРОТЕЗУВАННЯ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація.

У роботі розглядаються переваги тривимірного друку протезів верхніх кінцівок та використання тензодатчиків у протезуванні

Ключові слова: 3D друк, тензодатчики, біонічні протези верхніх кінцівок.

Види протезів:

- Активні

Активний протез керується за допомогою тяг і повністю контролюється зусиллями самої людини без будь-якої електроніки.

- Біоелектричні

Біоелектричні, також їх називають міоелектричні або біонічні протези - це одні з найсучасніших протезів рук. Управління в міоелектричних протезах здійснюється за рахунок сигналів, що виникають при скороченні м'язів, які зчитують ЕМГ-датчики.

- Косметичні

Кращі косметичні оболонки виготовляються в тон шкірного покриву пацієнта, з урахуванням найдрібніших подробиць: на протез нанесені родимки, вени, лінії на долоні. Такі косметичні протези можуть коштувати до 15 тисяч доларів.

Оскільки, сучасні біонічні протези досить дорогі (до 150 тис. доларів), наша мета була створити протез, що: є біосумісним, зручним, легким у виготовленні (Для цього ми обрали технологію 3D друку), керується за допомогою електроміографії, найголовніше - доступним для більшості людей. Також особливістю нашого проекту є застосування тензодатчиків для зворотнього зв'язку.

Для вимірювання тиску і ваги на виробництві і в побутовій електроніці використовуються тензодатчики. У нашому випадку, тензодатчик необхідний для забезпечення зворотнього зв'язку, а саме передача інформації про прикладений тиск для стиснення в руці предмету. Це пристрій, основне завдання яких перетворити механічний вплив в електричний сигнал. Тензодатчик резистивного типу являє собою гнучку плівку або підкладку, на яку нанесений резистивний шар. При механічному впливі на підкладку він згинається, в результаті чого плівка, фольга або дріт розтягується. Відповідно в натягнутому стані змінюється (зменшується) її площа поперечного перерізу і опір збільшується.

Виготовлення протезу, в нашому випадку руки, це складний процес. Велика кількість рухомих деталей та постійний контакт з навколишнім світом, звужують перелік вибору матеріалів. На думку одразу приходять метали, так як вони мають високу міцність, наприклад – титан який використовують в медицині як протези кісток або імплантів. Але це досить дорогі та трудомісткі процес, тому було вирішено для прототипу обрати в якості матеріалу пластик PLA, який використали в 3D принтері, для друкування деталей протезу. PLA пластик (Полілактид) є гіпоалергенним та екологічним так як виготовлений на основі кукурудзяного борошна або цукрового буряку, тобто органічний.

Перед початком роботи з 3D принтером його необхідно відкалібрувати та виконати певні налаштування в самому слайсері. Для нашої моделі ми використовували слайсер Repetier-Host. Це зручна та інтуїтивна програма яка має гнучкі налаштування. Основні з них - це: температура

екструдера, температура столу 3D принтера, висота слою, густина заповнення, об'єм видаленого пластику в секунду. Кожний з цих параметрів впливає на кінцеву якість продукту.

Результати роботи (рисунок 1) були представлені на конкурсі студентських робіт організованого за сприяння ERASMUS+

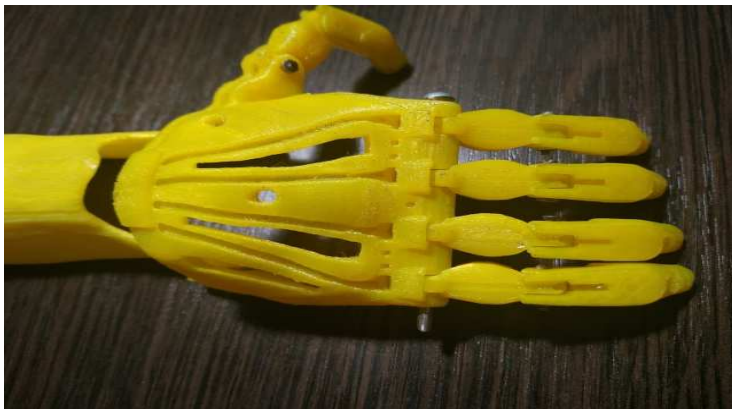


Рисунок 1 - Біонічний протез руки виготовлений за допомогою 3D друку

Список використаної літератури

- [1]. Посилання на онлайн ресурс: <https://www.repetier.com/download-now/>
- [2]. Посилання на онлайн ресурс: <http://obrii.com.ua/main/19502-shho-take-tenzodatchik-i-yak-vin-pratsyuve.html>
- [3]. Посилання на онлайн ресурс: http://www.dopomoga.biz.ua/cat_7.htm
- [4]. Посилання на онлайн ресурс: <https://orto-lux.com.ua/protezuвання-verhni-kintsivok>
- [5]. Посилання на онлайн ресурс: <https://www.everest.ua/universytet-nyukasla-stvorvy-bionichnyj-protetz-ruky-yakyj-bachyt-obyekty-shho-znahodyatsya-pered-lyudynoyu/>
- [6]. Посилання на онлайн ресурс: https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/reviews/DEN120016.pdf

Матеуш Владислав Сергійович — студент групи БМІ-196, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vladick.mateush2014@gmail.com.

Коваль Леонід Григорович — канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: koval.l@vntu.edu.ua

Гомолінський віктор Олексійович – асистент кафедри БМІ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: vog9646@gmail.com

APPLICATION OF 3D SCANNING AND PRINTING TECHNOLOGIES FOR PROSTHETICS OF THE UPPER LIMBS

Abstract

This article discusses the advantages of 3D printing of upper limb prostheses and the use of strain gauges in prosthetics.

Keywords: 3D printing, strain gauges, bionic prostheses of the upper extremities.

Mateush Vladyslav - Department of Infocommunications, Radio Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vladick.mateush2014@gmail.com.

Koval Leonid - Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: koval.l@vntu.edu.ua

Homolinskiy Victor - Associate Professor of the Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: vog9646@gmail.com

Yu.O. Bezsmertnyi
V.I. Shevchuk
H.V. Bezsmertna
L.G. Koval
Y. Jiang

PROSPECTS FOR BIODEGRADABLE IMPLANTS IN TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS

Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base
of Vinnitsa Pirogov National Medical University
Vinnysia National Technical University

Abstract

We have analyzed literature sources describing the main stages of development and application of biodegradable implants in traumatology and orthopedics. The new modern generation of implants represents a combination of the traditional properties of biodegradable fixators with new technologies in the field of mechanical activity. In spite of their drawbacks, biodegradable implants are a worthy competitor to metal implants in many areas of bone surgery, surpassing them in some positions.

Keywords: biodegradable implant, osteosynthesis, traumatology and orthopedics.

The study of materials used in the manufacture of fixators represents an important trend in the development of traumatology and orthopaedics [1]. Metal fixators are the gold standard in fracture treatment. However, the use of metals as implant materials, despite their relative bioinertness and lack of toxicity, has a number of significant drawbacks [2, 3]. After fracture healing, in most cases a second surgery to remove the implant is necessary, which is associated with various risks such as: infection, technical difficulties in removing metal fixators, implant migration, and associated costs from the healthcare system. Metal implants cause artefacts during MRI scans [4]. Given these characteristics, the trauma and orthopedic community is striving for a standard of osteosynthesis that does not require a staged treatment to remove a fixator that has served its purpose. One such solution is the development and introduction of biodegradable implants.

The concept of biodegradable implants emerged through the formation and development of suture materials that resorb in the body [5]. Based on the 1954 report of Higgins N.A. on the production of polyglycolic acid (PGA) by glycolic acid condensation [6], Schmitt E. E., Polistina R. A. in 1967 created a synthetic polyglycolic acid suture material [7], which led to the first synthetic biodegradable suture material. In 1966, Kulkarni R. K. et al. published a report on the biocompatibility of polylactic acid (PLA) in animals. In 1969, Schmitt E. E., Polistina R. A. described the experimental use of biodegradable devices such as pins, plates, intramedullary pins on animals for fixation of osteotomies of hind legs of rabbits [7]. They were the first authors to propose the use of glycolic acid polymer fixators in bone surgery (8). The glycolic acid polymer implants degraded rather quickly, within a few months, whereas the degradation process of lactic acid polymers was excessively long, lasting several years. In addition to PGA and PLA many other polymeric materials were known (e.g. PDS, polydioxane, PHBA, poly-beta-hydroxybutyrate), but of all available polymers only lactic acid polymer and glycolic acid polymer fulfilled the requirements for osteosynthesis. In the early stages of research, the authors did not pay due attention to such a characteristic of fixators as strength, which was mediocre and estimated at 40-70 MPa, which made their use in large bone fractures impossible [9]. A comprehensive approach greatly contributed to the development of the "self-reinforced technology, in which the transformed part of the polymer is a directed chain structure within the fixator in the form of microfibrils, macrofibrils, fibres or extended crystalline chains" [10]. The fixators made by this technology had high strength values. For example, the flexural strength values for lactic acid polymers and glycolic acid polymers with self-reinforcing technology were estimated at

300 MPa and 410 MPa, respectively [10]. By the first half of the 1980s, the fixatives were characterised by a high initial strength of the degradable material with self-reinforcing technology and the ability to retain the required strength level for several weeks under hydrolysis conditions.

The first clinical use of biodegradable implants was performed in 1984 by Professor Rokkanen P. (Helsinki). The successful result was the starting point for further experiments and studies. Confidence in the use of biodegradable fixators instead of metal fixators increased not only by eliminating the need for repeated surgery to remove the fixators, but also by the fact that during resorption of the implant, the load is gradually transferred to the fracture area, thereby forming the best conditions for biomechanical bone remodelling.

The introduction of biopolymers into practice has also revealed their negative properties. The commonly used glycolic acid polymer in vivo loses half of its strength within two weeks [10], and loses mass after 6-12 months. This high degree of degradation produces large amounts of implant degradation products, which in 3-60% [11] of clinical cases resulted in reactions to the foreign body. The solution to this problem was the use of a copolymer with optimal strength and controlled degradation time, achieved by the amount of lactic acid and glycolic acid in the copolymer composition in the ratio 85/15 respectively.

The new modern generation of implants is a combination of the traditional properties of biodegradable fixators with new technologies in the field of mechanical activity [1-3]. The mechanical (immediate) stage is provided by the special grooved surface of the implant. When implanted in hard bone, the grooved surface of the pin is compressed beneath the wall of the drilled canal, while in soft bone, the implant maintains the surface pattern with projections extending into the bone. The specific shape of the pin surface promotes the creation of channels in the bone tissue around the implant, which will subsequently provide conditions for increased vascularisation of the fracture zone, thereby stimulating osteogenesis. The hydrolytic (delayed) stage is caused by changes in the size of the implant under hydrolytic conditions. In screws, the effect of autocompression occurs due to changes in size caused by hydrolytic conditions. The screw diameter increases by 1-2% and the length decreases by 1-2% compared to the initial size, resulting in a reduced risk of unstable fractures and maintaining constant compression.

In spite of these disadvantages biodegradable implants are a worthy competitor to metal implants in many areas of bone surgery. In the current stage of development, scientists are conducting research to improve biocompatibility and eliminate tissue reactions to the presence of the implant. The use of biodegradable materials in combination with biotechnology to improve bone healing is also an issue for the future.

REFERENCES

1. Koutserimpas C, Alpantaki K, Chatzinikolaïdou M, et al. The effectiveness of biodegradable instrumentation in the treatment of spinal fractures // *Injury*. 2018 Dec;49(12):2111-2120. DOI: 10.1016/j.injury.2018.11.008.
2. Kiani F, Wen C, Li Y. Prospects and strategies for magnesium alloys as biodegradable implants from crystalline to bulk metallic glasses and composites-A review // *Acta Biomater*. 2020 Feb;103:1-23. DOI: 10.1016/j.actbio.2019.12.023.
3. Sharma B, Sharma S, Jain P. Leveraging advances in chemistry to design biodegradable polymeric implants using chitosan and other biomaterials // *Int J Biol Macromol*. 2021 Feb 1;169:414-427. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.12.112
4. Eglin D, Alini M. Degradable polymeric materials for osteosynthesis: tutorial // *Eur Cell ater*. 2008 Dec 19;16:80-91. doi: 10.22203/ecm.v016a09.
5. Gilding D K, Reed A M. Biodegradable polymers for use in surgery-polyglycolic/poly(acetic acid) homo- and copolymers: 1 // *Polymer* 20, Issue 12, December 1979; 20 (12): 1459-64. [https://doi.org/10.1016/0032-3861\(79\)90009-0](https://doi.org/10.1016/0032-3861(79)90009-0)
6. Higgins N.A. Condensation polymers of hydroxyacetic acid :patent USA 2676945, 1954.
7. Schmitt E E, Polistina R A. Polyglycolic acid prosthetic devices : patent USA 3463158, 1969.
8. Raiha J E. Biodegradable implants as intramedullary nails. A survey of recent studies and an introduction to their use // *Clin Mater*. 1992;10(1-2):35-9. doi: 10.1016/0267-6605(92)90082-5.
9. Daniels A U, Chang M K, Andriano K P. Mechanical properties of biodegradable polymers and composites proposed for internal fixation of bone // *J Appl Biomater*. Spring 1990;1(1):57-78. doi: 10.1002/jab.770010109.

10. Rokkanen P, Bostman O, Hirvensalo E, et al. Bioabsorbable fixation in traumatology and Orthopaedics // *Biomaterials* 2000 Dec;21(24):2607-13. doi: 10.1016/s0142-9612(00)00128-9..
11. Ambrose C G, Clanton T O. Bioabsorbable implants: review of clinical experience in orthopedic surgery // *Ann Biomed Eng.* 2004 Jan;32(1):171-7. doi: 10.1023/b:abme.0000007802.59936.fc.
12. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). *Information Technology in Medical Diagnostics II*. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, <https://doi.org/10.1201/9780429057618>.
13. Pavlov S. V. *Information Technology in Medical Diagnostics* //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages
14. Olexander N. Romanyuk; Sergii V. Pavlov, et al. Method of anti-aliasing with the use of the new pixel model, *Proc. SPIE* 9816, *Optical Fibers and Their Applications 2015*, 981617 (December 18, 2015); doi:10.1117/12.2229013; Index SNIP – 0,37.
15. <http://dx.doi.org/10.1117/12.2229013>
16. S. O. Romanyuk; S. V. Pavlov; O. V. Melnyk. New method to control color intensity for antialiasing. *Control and Communications (SIBCON)*, 2015 International Siberian Conference. - 21-23 May 2015. - DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147194.

Authors:

Bezsmertnyi Yurii Oleksiyovich

Doctor of Medical Sciences, Deputy Director for Research, Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University, Vinnitsa, bezsmertnyiyurii@gmail.com

Shevchuk Viktor Ivanovich

Doctor of Medical Sciences, Director of Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University, Vinnitsa, reab@ukr.net

Bezsmertna Halyna Viktorivna

PhD Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of Rehabilitation of Persons with Disabilities, Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University, Vinnitsa, bezsmertnahalyna@gmail.com

Koval Leonad Grigorovich

PhD, Head of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, koval.l@vntu.edu.ua

Jiang Yankai

Postgraduate, Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of Vinnitsa Pirogov National Medical University, Vinnitsa, 20126002.qq.com

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БІОДЕГРАДУЄМИХ ІМПЛАНТІВ В ТРАВМАТОЛОГІЇ ТА ОРТОПЕДІЇ

Анотація

Проаналізовано літературні джерела, які описують основні етапи розвитку та застосування біодеградуємих імплантів в травматології та ортопедії. Нове сучасне покоління імплантів є поєднанням традиційних властивостей біодеградуємих фіксаторів з новими технологіями в області механічної активності. Незважаючи на наявні недоліки, біодеградуємі імпланти в багатьох областях кісткової хірургії складають гідну конкуренцію металевим імплантам, перевіряючи їх по деяких позиціях.

Ключові слова: біодеградуємі імпланти, остеосинтез, травматологія та ортопедія.

Bezsmertnyi Yurii Oleksiyovich

Доктор медичних наук, заступник директора з наукової роботи, Науково-дослідний інститут реабілітації осіб з інвалідністю (ннл) Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, bezsmertnyiyurii@gmail.com

Шевчук Віктор Іванович

Доктор медичних наук, професор, директор Науково-дослідного інституту реабілітації осіб з інвалідністю (ннлк) Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, geab @ ukr.net

Безсмертна Галина Вікторівна

Кандидат медичних наук, завідувач відділу реабілітації інвалідів Науково-дослідного інституту реабілітації осіб з інвалідністю (ннлк) Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, bezsmertnahalyna @ gmail.com

Коваль Леонід Григорович,

Кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри біомедичної інженерії, ВНТУ, koval.l@vntu.edu.ua

Джсіанг Янкай

Аспірант, Науково-дослідний інститут реабілітації осіб з інвалідністю (ннлк) Вінницького національного медичного університету ім. М.І. Пирогова, м. Вінниця, 20126002.qq.com

НАНОТЕХНОЛОГІЇ В КОСМЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі представлено загальну характеристику наноматеріалів, які використовуються у косметології та розглянуто їх безпечність для здоров'я користувачів.

Ключові слова: нанотехнології, косметичні засоби, наноматеріали, оцінка безпечності, захист, нормативно-технічне забезпечення.

Abstract

The paper presents the general characteristics of nanomaterials used in cosmetology and considers their safety for the health of users.

Keywords: nanotechnologies, cosmetics, nanomaterials, safety assessment, protection, regulatory and technical support.

Вступ

Нанокосметологія – нова галузь естетичної медицини, що відкриває шлях до молодості і краси. Галузь стрімко розвивається, але нанокосметика – це те, що вже існує в реальності, дозволяє досягти омолодження, не вдаючись до інструментів пластичної хірургії та агресивних методів косметології. Нанокосметика – продукт нанотехнологій, при яких застосовуються матеріали з розмірами частинок менше 100 нанометрів [1]. Основним завданням нанокосметики, на сьогодні, є перенесення необхідних поживних або лікувальних речовин через міжклітинні проміжки в глибокі шари шкіри, ґрунтуючись на тому, що рогові лусочки не пропускають активні компоненти, так як не містять води [2, 3]. Наночастинки отримані з речовин більшого масштабу шляхом подріблення в пропорції однієї мільярдної частки від цілого. Створення нанотехнологій дозволило мікрокапсулювати активні інгредієнти до наночастинок і транспортувати в необхідні шари шкіри. На перший погляд, використання нанотехнологій в косметології виглядає дуже привабливо і має вирішити практично будь-які проблеми [4]. Проте, важливо, що повністю штучно створений компонент буде розкладатися в дермі. Будь-які наслідки даних розкладів достовірно не вивчено. Нерозумно вважати, що оболонка капсули просто випаровуватиметься, тому що організм людини - високоточна збалансована система. Вже неодноразово думки вчених збігалися в тому, що існує ризик нагромадження наночастинок у крові або тканинах [5]. Косметичний ефект може викликати аутоімунні процеси, адже давно доведено, що ідеального зовнішнього вигляду не досягти однієї лише косметикою. Це, як мінімум, здоровий спосіб життя і здорове харчування, контроль над власною свідомістю і т. п.

Результати дослідження

У косметичному виробництві на сьогодні відомі два головних напрямки використання нанотехнологій. Перший — застосування наночастинок як фільтрів ультрафіолетового (УФ)-випромінювання, зокрема діоксид титану (TiO_2) та оксид цинку (ZnO) є головними складовими таких продуктів.

Наночастинки оксиду цинку ZnO та діоксиду титану TiO_2 забезпечують захист від УФ. Продукти на основі ZnO та TiO_2 прозорі й мають підвищену естетичність, слабший запах, менш слизькі й краще всмоктуються шкірою. На сьогодні доступно багато сонцезахисних засобів та зволожувачів із наночастинками [6]. Існує велика кількість модифікацій стандартних ZnO та TiO_2 УФ-захисних систем. Компанія «Oxonica» розробила УФ-поглинаючу систему із вмістом наночастинок TiO_2 , а «Nanophase Technologies» виробляє полімерні нанокристали ZnO розміром менше 35 нм. Для захисту від УФ використовують також інші наночастинки. Компанія «Rohm and Haas» виробляє наночастинки сополімера стиролу й акрилату розміром 300 нм, що підвищують сонцезахисний фактор до 70%. Кремнієві наноскоринки, що використовує компанія «Sol-Gel Technologies», включають косметичні інгредієнти. Їх перший продукт містить УФ-фільтри, інкапсульовані у

кремнієвих скоринках [7]. Другий напрямок — доставка лікарських і косметичних засобів до місця впливу, для цього використовують ліпосоми, тверді ліпідні наночастинки, наноструктуровані ліпідні носії. Що стосується ліпосом, то здатність цих наночастинок проникати в шкіру також безпосередньо залежить від їх розмірів. Однією з основних проблем, пов'язаних із ліпосомальними препаратами, є їх нестабільність у процесі тривалого зберігання. На сьогоднішній день, єдиної думки щодо токсикологічних ефектів наночастинок на організм людини немає. Багато організацій в усьому світі займаються дослідженнями з оцінки ризику використання наноматеріалів [7]. Мабуть, багато що залежить від різних чинників: від розмірів, хімічних властивостей наночастинок, їх кількості в препараті, а також в методи впливу наночастинок на організм і може стати предметом подальшого наукового дослідження. Протягом останніх років кількість експериментальних даних по вивченню застосування наночастинок в косметичній в світі збільшилося в чотири рази. Практично всі великі компанії - виробники косметики застосовують наноматеріали в своїх продуктах. Косметичні засоби з інгредієнтами тваринного походження залишилися у минулому

Висновки

Аналіз матеріалу показує, що подальші дослідження повинні бути спрямовані на всебічний розвиток нанотехнологій на основі глибокого аналізу переваг і недоліків нанопрепаратів. Оскільки наноматеріали є новими речовинами, тому необхідне додаткове вивчення впливу наночастинок на здоров'я людини та довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Каппаре Гвидо. Новые разработки в области косметологии: интерактивное биоцелестическое воздействие [Электронный ресурс] / Каппаре Гвидо // Профессиональная косметика. – Режим доступа: <http://www.mircosmo.info>.
2. Марголина А.А. Новая косметология / А. А. Марголина, Е. И. Эрнандес, О. Э. Зайкина. – М.: ИД «Косметика и медицина», 2000. – 206 с. 6.
3. Маркетинг: підручник / А. О. Старостіна, Н.І. Чухрай, Й.А. Корнелюк та ін. – К.: Знання, 2009. – 1070 с.
4. Bennat C. Skin penetration and stabilization of formulations containing microfine titanium dioxide and a physical UV filter / Bennat C., Mueller-Goymann C.C. // Int. J. Cosmet. Sci. – 2000. – №22. – P. 271–283. 11.
5. Choi M. J. Liposomes and niosomes as topical drug delivery systems / Choi M. J., Maibach H. I. // Skin Pharmacol. Physiol. – 2005. – №18. – P. 209–219.
6. Dussert A.S. Characterisation of the mineral content of a physical sunscreen emulsion and its distribution on to human stratum corneum / Dussert A.S., Gooris E. // Int. J. Cosmet. Sci. – 1997. – №19. – P. 119–129.
7. Корнякова О. О. Нанотехнології у виробництві косметичних засобів / О. О. Корнякова, Н. В. Тарасенко // Сучасні матеріали і технології виробництва виробів широкого вжитку та спеціального призначення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/11610/1/NRMSE2018_V1_P611-612.pdf.

Шевчук Катерина Сергіївна — студентка групи БМІ-186, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: katenka.shevchuk@gmail.com.

Тимчик Сергій Васильович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Науковий керівник: *Павлов Сергій Володимирович* — д-р техн. наук, професор, професор кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Shevchuk Kateryna S. — Department of of Infocommunications, Radio Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: katenka.shevchuk@gmail.com.

Timchik Serhii V. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Supervisor: *Pavlov Serhii V.* — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

APPLICATION OF BRAGGIAN SENSORS IN MECHANICS

¹Lubelska Politechnika, Poland, waldemar.wojcik@pollub.pl

²M.Kh. Dulary Taraz Regional University,
 gaini.karnakova@mail.ru, shilibek@mail.ru

Abstract. The measured wavelengths were calculated to compensate for deformation measurements of the thermal effect on the Bragg wavelength, and the convergence was estimated using the algorithm method.

Key words: Fiber Bragg Grating, optical fiber, sensors

Almost every type of public infrastructure, including bridges, pipelines, tunnels, foundations, roads, dams, etc. is susceptible to factors that may worsen it or cause it to malfunction. These structural problems can be the result of wear and tear, improper construction methods, seismic activity, nearby construction activities, etc. Although electrical strain gauges have long been used to monitor structural changes, they sometimes lack the strength and integrity required to provide accurate, reliable information over extended periods.

Fiber Bragg Grating (FBG) optical strain gauges operate on completely different principles than traditional electrical strain gauges. Simply put, a fiber Bragg grating is a microstructure (usually a few millimeters long) created by modifying a standard germanium-doped single-mode telecommunication fiber with an ultraviolet laser. This microstructure creates a periodic change in the refractive index of this optical fiber.

As light travels along the fiber, the Bragg grating reflects a very narrow range of wavelengths; all other wavelengths are transmitted through the grating. The center of this band of reflected wavelengths is known as the Bragg wavelength (Figure 1).

Optical fiber sensing systems offer engineers fatigue limits that are more in line with the fatigue characteristics of today's materials of construction. For example, lightweight carbon fiber sheets have higher fatigue and deformation limits than traditional structural materials. Even commonly used materials such as steel, concrete and wood are increasingly modified to optimize their fatigue performance, so they also require inspection systems designed with higher fatigue limits.

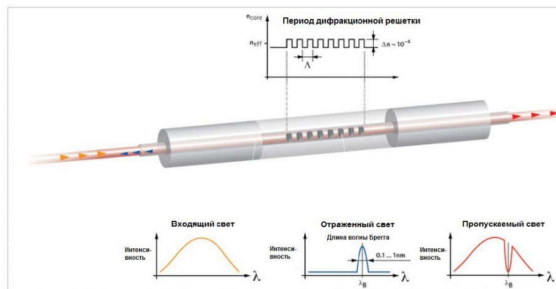


Figure 1. The principle behind the operation of fiber Bragg grating (FBG) strain gauges.

Figure 2 shows a recent example of the use of optical fiber for infrastructure monitoring. HBM Fiber Sensing helped design a system to monitor real-time deformations and convergence of a tunnel in an active metro line in São Paulo, Brazil, while a skyscraper was under construction. The tunnel monitoring system was essential during the excavation and construction of the skyscraper's retaining wall to ensure uninterrupted operation of the metro line and guarantee the safety of passengers. The extensometric tunnel convergence method used for this project uses Bragg grating (FBG) sensors to measure deformations at various points along the tunnel contour and converts them to tunnel support displacement. It also allows you to quantify convergence and its geometric evolution over time.



Figure 2. Installing the measuring section for tunnel monitoring

Conclusion. For the section of the tunnel, seven measuring points were monitored with one strain sensor and one temperature sensor at each measurement point. To interrogate all sensors, a rack interrogator Braqq METER FS22 with four

optical channels was used, data was collected once a minute, then processed and stored in the database. A 19-inch rack was installed nearby to protect the metering unit, server PC, UPS and Internet connection. The measured wavelengths were calculated to compensate for deformation measurements of the thermal effect on the Bragg wavelength, and the convergence was estimated using the algorithm method.

Literature:

1. Измерение неоднородных полей деформации встроенными в полимерный композиционный материал волоконно оптическими датчиками / А.Н.Аношкин, А.А.Воронков, Н.А.Кошелева, В.П.Матвеев, Г.С. Сероваев, Е.М.Спаскова, И.Н.Шардаков, Г.С.Шипунов //Известия Рос.акад.наук. Механика твердого тела.– 2016.–№5.–С. 42–51.

2. Назиров М.Ф., Жуков Ю.А., Лыкова К.А. Измерение деформированного состояния образцов с помощью оптоволоконных датчиков, внедрённых в структуру композиционного материала // Вопросы оборонной техники. Сер. 16: Технические средства противодействия терроризму.– 2015. –№9–10. – С. 95–101.

3. Recent advances in composite fuselage demonstration program for damage and health monitoring in Japan/N.Takeda,N.Tajima,T.Sakurai

Authors:

1. Waldemar Wójcik, D.Sc., professor, director, Lubelska Politechnika, Poland, waldemar.wojcik@pollub.pl
2. Kenzhegali Shilibek Ph.D., vice-professor, dean, Dulaty Taraz Regional University, shilibek@mail.ru
3. Gayni Karnakova M.Kh. M.Sc., senior lector, Dulaty Taraz Regional University, gaini.karnakova@mail.ru

IMPLEMENTATION OF THE INTERNATIONAL ERASMUS+ BIOART PROJECT AT VINNYTSIA NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY

¹Vinnitsia National Technical University,

²Universidad Politécnica de Madrid, Spain

The current status of the project development issue of the Erasmus + “Innovative Multidisciplinary Curriculum for Artificial Implants for Bio-Engineering BSc/MSc Degrees” program (BIOART) in Vinnitsia National Technical University has been considered. Targeted specialties and specializations that are selected for pilot training are noted. The basic competencies that students should have as a result of training are given.

Keywords: *Erasmus +, BIOART, pilot teaching, competencies, Artificial Implants, Bio-Engineering*

From November 2017, at VNTU launched the project of the European Union Erasmus + Program "Innovative multidisciplinary educational program on artificial implants for bio-engineering for bachelors and masters" (№586114-EPP-1-2017-1-ES-EPPKA2-CBHE-JP) (short name BIOART) from the direction of K2 - building potential of higher education. Together with VNTU, 13 partners are involved in the project (Universidad Politécnica de Madrid - Grantholder, Spain; Sami Shamoon College of Engineering, Israel; Cracow University of Technology, Poland; University for Continuing Education – Danube University Krems, Austria; Leuven Catholic University (KU Leuven), Belgium; Holon Institute of Technology and Inter-University Computation Center, Israel, Zaporizhzhia National Technical University, Sytenko Institute of Spine and Joint Pathology of National Ukrainian Academy of Medical Sciences, Ukraine; Donbass State Engineering Academy, Ukraine; State Higher Education Institution «Pryazovskyi State Technical University», Ukraine). The beneficiaries are institutions of Ukraine and Israel. The aim of the project is to train highly qualified graduates from intelligent artificial implants, improve internationalization and interregional cooperation, as well as develop innovations in the knowledge triangle in the field of design, manufacture and maintenance of artificial implants (<https://bioart.iucc.ac.il>). It is obvious that potential of each participant, regardless of whether he is a donor or beneficiary, differs significantly due to national characteristics of the educational and scientific process, the specifics of the historical development of partner institutions, different specializations of units involved and specific performers ect. VNTU also has specifics in the implementation of its tasks.

Leading scientists and specialists of VNTU from those departments where it is planned to train students with the acquisition of competencies in the field of intelligent artificial implants are involved in the implementation of the multidisciplinary project. These are teachers of BME department, which is graduating in the specialty 163 - biomedical engineering, teachers of TAME department in the specialty 131 - applied mechanics and teachers of the departments who are involved in the development of the project in its individual directions and tasks - SMAM, HM, LSSP.

In VNTU from 2019-2021 academic year the educational-professional program of the 2nd level of higher education (master's degree) of training on a specialty 163 under the name "Intelligent artificial implants and medical devices in bioengineering" within which together

with a bachelor's level was implemented in the education process the total number of 43 credits in new and updated disciplines. Within the framework of the Bologna Process, a number of competencies have been developed, which widely cover the range of future knowledge and skills of students. It is worth focusing on new important competencies that biomechanics students will master at VNTU, which we will conditionally divide into the following areas. In the field of biomaterials - the ability to formulate requirements for biomedical materials and products made from them, to study their physical and mechanical properties and methods of their analysis; in the field of sensors and bio-sensors - the ability to choose the types and methods of using various types of intelligent sensors and sensor systems to obtain indicators of the state of the human body, as well as to process the information received from the sensors; in the field of design and manufacture - the ability for computer modeling in the design of biomedical equipment and implants in accordance with the individual characteristics of a person using computer-aided design systems, the ability to make a 3D model of an implant and its prototype using additive technologies.

Recent advances are allowing bio-engineers to develop smart artificial implants with enhanced capabilities. Some key contributions in this area are the following:

- Low-power microelectronics, advanced fabrication processes, and packaging for device miniaturization [1].
- Wearable sensors (including biosensors) that allow us to measure an ever increasing range of biosignals with a reduced burden for the user and an improved precision [2].
- Smart materials with the capacity of adaptively changing their properties over time and even repairing themselves [3].
- 3D printing of biocompatible materials, cells and other supporting components to obtain 3D complex living tissues and organs [4].
- Advanced machine learning and signal processing techniques to manage large amounts of data, and to extract information from signals corrupted by noise and interferences [5].

Today, VNTU conducts pilot teaching in 14 disciplines to master new competencies. A laboratory center for the specialty "BIOART" was created with the necessary equipment for conducting the laboratory-practical part of the disciplines (http://bmi.vntu.edu.ua/bioart_lab.php?lang=en). The following equipment was purchased within the project - Universal testing machine, Smart board with projector, Virtual reality helmet, 3D scanner, Desktop 3D printer FDM, Desktop 3D printer SLA, Laser cutting machine, Programmable power supply, Digital oscilloscope, Digital microscope trinocular.

At the end of 2020, accreditation (mark B) of the 2nd level of training (master's degree) in specialty 163 entitled "Intelligent artificial implants and medical devices in bioengineering" was passed. Due to the implementation of the project, the contingent of students enrolled in the 1st year of study in 2020 has significantly increased.

At the end of the 3rd year of the project, VNTU held a student competition for the best Bioart development. The winners of the competition have the opportunity to take part in international competitions, get a unique "white gloves experience", teamwork with the participation of students from partner universities. In general, the project is successfully implemented and completed in 2021.

The great potential for opening opportunities for implementation of project results in the educational process have Mechanical specialties, in particular 131 - Applied Mechanics and 132 - Materials Science, as important competencies can be acquired through minor adjustments of curricula, including through the opening of new promising educational and professional program's. And the use of modern teaching methods and equipment will allow

students to better master the new educational material, which is not only interesting but relevant and in demand in the labor market of Ukraine.

REFERENCES

- [1] J. C. Yeo, and C. T. Lim (2016). "Emerging flexible and wearable physical sensing platforms for healthcare and biomedical applications." *Microsystems & Nanoengineering*, 2, 16043.
- [2] J. Andreu-Perez *et al.* (2016) "From wearable sensors to smart implants—toward pervasive and personalized healthcare." *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 62(12), 2750-2762.
- [3] C. Sanchez, H. Arribart, and M. M. G. Guille(2005). "Biomimetism and bioinspiration as tools for the design of innovative materials and systems." *Nature Materials*, 4(4), 277.
- [4] S. V. Murphy, and A. Atala (2014). "3D bioprinting of tissues and organs." *Nature Biotechnology*, 32(8), 773.
- [5] M. Baumert, A. Porta, and A. Cichocki (2016). "Biomedical Signal Processing: From a Conceptual Framework to Clinical Applications." *Proceedings of the IEEE*, 104(2).



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The BIOART project has been funded with support from the European Commission. This communication reflects the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Oleksandr Hrushko, Professor, Dr. of Sc., Head of Department "Materials Strength and Applied Mechanics" Vinnytsia National Technical University, grushko1alex@gmail.com

David Luengo, Professor, PhD, Head of Department of Signal Theory and Communications, Universidad Politécnica de Madrid, Spain, dluengo@ics.upm.es

ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ МІЖНАРОДНОГО ПРОЕКТУ ЕРАЗМУС + БІОАРТ У ВІННИЦЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

Анотація

Розглянуто поточний стан питання розробки проекту програми «Еразмус +» «Інноваційна мультидисциплінарна навчальна програма зі штучних імплантатів для біоінженерії з підготовки бакалаврів та магістрів» (BIOART) у Вінницькому національному технічному університеті. Відзначаються цільові спеціальності та спеціалізації, які обрані для пілотного навчання. Подано основні компетенції, які повинні мати студенти в результаті навчання.

Ключові слова: Erasmus +, BIOART, пілотне навчання, компетенції, штучні імплантати, біоінженерія

Олександр Грушко, професор, д.т.н., завідувач кафедри опору матеріалів та прикладної механіки Вінницького національного технічного університету, grushko1alex@gmail.com

Дейвід Луенго, професор, доктор філософії, директор департаменту теорії сигналів та комунікацій, Університет Політехніки в Мадриді, Іспанія, dluengo@ics.upm.es

Теоретичне моделювання радіочастотної абляції

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У статті представлений метод радіочастотної абляції як потужний інструмент, який в майбутньому може бути використаний для індивідуального лікування пацієнтів з різними захворюваннями.

Ключові слова: Радіочастоти, рідіочастотна абляція.

Вступ

Радіочастотні методи використовуються для нагрівання біологічних тканин протягом довгих років. Однак, в останні роки його використання значно розширилося з поширенням нових медичних програм. Радіочастотна абляція є відносно інвазивною технікою, яка в останні роки почала застосовуватись в різних галузях медицини, наприклад для усунення аритмій серця (за допомогою катетера або інтраопераційно), або руйнування пухлин різної локалізації (печінка, легені, нирки, простата, молочна залоза тощо) [1].

Результати дослідження

Процедура здійснюється за допомогою радіочастотного (≈ 500 кГц) електричного струму, який проходить через біологічні тканини і досягає контрольованого підігріву зони з максимальною питомою потужністю.

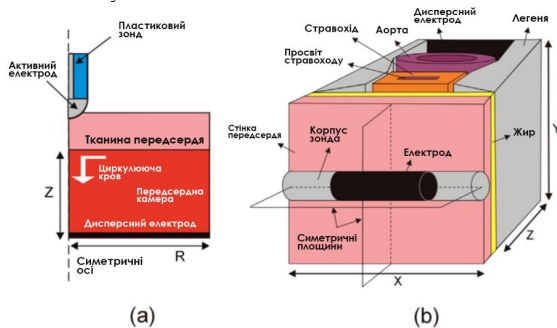


Рис. 1 – Метод частотної абляції

З точки зору процедури, радіочастотна абляція, як правило, використовує пару електродів: активний електрод з невеликою поверхнею, який розташований в цільовій зоні та великий розсіюючий електрод для замикання електричного кола. Іноді, біполярна абляція проводиться двома активними електродами. Крім того, біофізична основа радіочастотної абляції використовується в інших галузях медицини: термічне ремоделювання тканини порожнини рота для лікування синдрому апное під час сну, зменшення шлункового рефлюксу, лікувальне зігрівання суглобів та інші [2, 3].

Два приклади спрощення фактичної фізичної ситуації під час серцевої абляції. (а) - Осьова симетрія дозволяє звести тривимірну задачу до двовимірної в теоретичній моделі, що включає активний електрод, розміщений перпендикулярно фрагменту серцевої тканини. (б) – Досліджувана область має дві площини симетрії, отже, лише один квадрант всієї моделі можна

розглядати для обчислювального аналізу в теоретичній моделі, що включає фрагменти різних тканин. На рис. 2 показаний єдиний квадрант, розглянутий у даній моделі.

Другий крок складатиметься з постановки рівнянь, що регулюють фізичне явище нагрівання. Усі моделі радіочастотного нагрівання засновані на аналізі часової області зв'язаної електрично-теплової проблеми. Просторовий розподіл температури в тканинах отриманий шляхом розв'язання так званого рівняння біо-теплоти:

$$\rho \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot k \nabla T + q - Q_p + Q_m$$

де ρ - масова густина (кг/м³), c - питома теплоємність (Дж/(моль·К)), k - теплопровідність (Вт/(м·К)), T - температура (С°), q - джерело тепла (Вт/м³), Q_p - перфузійні втрати тепла (Вт/м³), а Q_m - метаболічне тепловиділення (Вт/м³) [4, 5].

Після викладу теплових та електричних рівнянь необхідно встановити граничні умови, як теплові, так і електричні. Радіочастотна абляція зазвичай проводиться за допомогою постійної напруги. У цьому випадку граничні електричні умови можуть бути двох типів: нульовий струм (гранична умова Неймана) на осі симетрії та площинах у віддалених точках від зони нагрівання, на межі повітря-тканина; і фіксована напруга на електродах (гранична умова Діріхле), зокрема 0 В на дисперсії електрода і $\neq 0$ В на активному електроді. І навпаки, у разі абляції постійним струмом значення струму $\neq 0$ А фіксується в точці активного електрода, а таке ж значення, але від'ємне, фіксується в точці дисперсійного електрода (нульова напруга має також закріпитися на дисперсійному електроді) [6].

Для отримання рішення рівнянь, що регулюють фізичні явища під час РЧ-абляції, необхідно обрати метод розрахунку. Іноді геометрія моделі (наприклад, в одновимірних моделях) досить проста, і ці рівняння можна вирішити аналітичними методами. Однак більшості моделей представляють складну геометрію (колись засновану на цілком реалістичній анатомії), з областями з різними характеристиками, і доводиться застосовувати числовий метод, такий як метод кінцевих відмінностей (FDM) або FEM. У випадку чисельного методу рішення отримують за допомогою комп'ютера. FDM, як правило, має менше вимог до обчислень (пам'ять і час) і, отже, застосовується для вирішення проблем, що представляють просту геометрію. Наприклад, у більшості моделей РЧ-абляції використовується ANSYS, оскільки він здатний виконувати аналіз електрично-теплого поля із залежними від температури властивостями. Однак головним недоліком ANSYS є його вартість. Більшість програм FEM мають численні переваги для побудови, вирішення та подальшої обробки моделей (наприклад, зручний графічний інтерфейс, простота генерації складних моделей), однак для отримання точних рішень необхідно взяти до уваги три ключові проблеми. Дві з них пов'язані з процесами дискретизації, що проводяться під час FEM: 1) просторова дискретизація області моделі шляхом створення сітки (зазвичай трикутні елементи для двовимірних моделей та тетраедричні елементи для тривимірних моделей) (див. Рис. 2) та 2) дискретизація часу під час перехідного аналізу шляхом встановлення часових кроків [7].

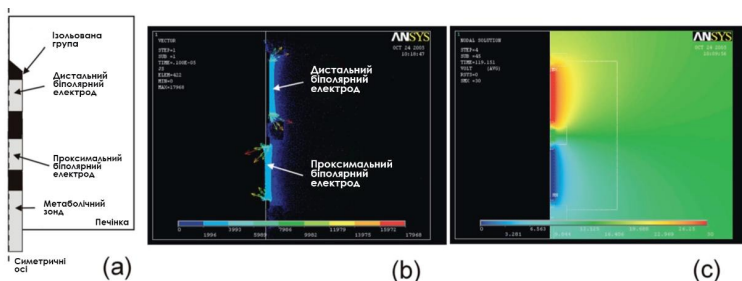


Рис.2 - Аналіз електрично-теплого поля

Нарешті, моделі РЧ-абляції завжди включають єдину частку тканин, що входять у реальну ситуацію, зокрема з тієї області, в якій відбувається нагрівання, тобто де градієнт електричного

поля і щільність струму максимальні. Це означає, що зовнішні розміри теоретичної моделі встановлюються доволно (див. Z і R на рис. 1a, а X, Y та Z на рис. 1b). Отже, важливим етапом теоретичного моделювання є визначення оптимальних значень розміру вічка, кроку часу та зовнішніх розмірів. Цього можна досягти за допомогою тестів чутливості та конвергенції [8].

Висновки

Радіочастотна абляція (РЧА) - це хірургічна техніка, яка в останні роки стала застосовуватися в дуже різноманітних медичних областях. Для вивчення, дослідження та розробки нових методів та вдосконалення тих, які застосовуються в даний час, дослідження можуть використовувати клінічні та експериментальні дослідження, фантоми та теоретичні моделі. Останні є потужним інструментом у цьому виді досліджень, оскільки вони швидко та економічно дають розуміння електричної та теплової поведінки, пов'язаної з абляцією. За останні 10 років декілька груп розробили теоретичні моделі для вивчення РЧА-абляції. У цьому дослідженні було пояснено методологію моделювання. В даний час певні важливі обмеження перешкоджають повній та точній розробці моделі, особливо в умовах високої температури ($\approx 100^\circ\text{C}$) або одночасної соляної перфузії. Незважаючи на це, моделювання зросло до такої міри, що стало важливим інструментом для сприяння експериментальним дослідженням методів абляції ВЧ [9, 10].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Tungjikusolmun S: Ablation. In Minimally invasive medical technology Edited by: Webster JG. Bristol (UK): IOP Publishing; 2001:219-256.
2. Chiappini B, Di Bartolomeo R, Marinelli G: Radiofrequency ablation for atrial fibrillation: different approaches. Asian Cardiovasc Thorac Ann 2004, 12:272-277.
3. Lencioni R, Della PC, Bartolozzi C: Percutaneous image-guided radiofrequency ablation in the therapeutic management of hepatocellular carcinoma. Abdom Imaging 2005, 30:401-408.
4. McAhran SE, Lesani OA, Resnick MI: Radiofrequency ablation of renal tumors: past, present, and future. Urology 2005, 66:15-22.
5. Gandhi NS, Dupuy DE: Image-guided radiofrequency ablation as a new treatment option for patients with lung cancer. Semin Roentgenol 2005, 40:171-181.
6. Cantwell CP, Obyrne J, Eustace S: Current trends in treatment of osteoid osteoma with an emphasis on radiofrequency ablation. Eur Radiol 2004, 14:607-617.
7. Shariat SF, Raptidis G, Masatoschi M, Bergamaschi F, Slawin KM: Pilot study of radiofrequency interstitial tumor ablation (RITA) for the treatment of radio-recurrent prostate cancer. Prostate 2005, 65:260-267.
8. Agnese DM, Burak WE Jr: Ablative approaches to the minimally invasive treatment of breast cancer. Cancer J 2005, 11:77-82.
9. Alio JL, Ramzy MI, Galal A, Claramonte PJ: Conductive keratoplasty for the correction of residual hyperopia after LASIK. J Refract Surg 2005, 21:698-704.
10. Steward DL: Effectiveness of multilevel (tongue and palate) radiofrequency tissue ablation for patients with obstructive sleep apnea syndrome. Laryngoscope 2004, 114:2073-2084.

Панченко Назар Олегович – студент групи БМІ-186 факультету ІПЕН Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, saintasonia98@gmail.com

Науковий керівник: **Гаврилов Дмитро Володимирович** – доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: havrilov@vntu.edu.ua

Theoretical modeling of radiofrequency ablation

Abstract

This work presents the method of radiofrequency ablation as a powerful tool that can be used in the future for individual treatment of patients with various diseases.

Keywords: Radio frequencies, liquid-frequency ablation.

Panchenko Nazar — Department of Infocommunications, Radio Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: saintasonia98@gmail.com

Havrilov Dmytro — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Biomedical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: havrilov@vntu.edu.ua

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF PORTABLE MULTI PARAMETER LIFE MONITOR

Vinnitsia National Technical University

Abstract:

The Patient Monitoring System (PMS) is a monitoring system, it is used for monitoring signals including Electrocardiograph (ECG), Invasive and Non-Invasive Blood Pressure, Oxygen Saturation in Human Blood (SpO₂), Body Temperature and other Gases etc. In PMS, the multiple sensors and is used for receiving signals like as ECG, SpO₂Finger Sensor, Blood Pressure Cuff and Temperature Probe to measure the signals. The system consists of a pulse rate monitoring software and a wearable device that can measure a subject's temperature and pulse rate only by using a fingertip. The device is able to record the measurement data and interface to PC via Arduino microcontroller.

Keywords: Electrocardiograph, Respiration Rate, Temperature, Oxygen Saturation in Blood

Introduction of Patient Monitoring Systems (PMS)

The Patient Monitoring System (PMS) is a monitoring system used for monitoring signals including Electrocardiogram, Invasive and Non-Invasive Blood Pressure, (SpO₂), Body temperature and other Gases etc. In PMS the multiple sensors are used for receiving signals like as ECG, SpO₂, Finger Sensor, Blood Pressure Cuff and Temperature to measure the signals. Therefore, patient monitoring systems has always been a very important role in the field of medical devices. The improvement not only helps us with the vital signs of the medical personnel but also the with result raise the monitoring efficiency of patients. In the past the products manufactured by medical industry manufacturers are mainly those for single parameter measurement. But in case, a multi-parameter patient monitor is commonly used in hospitals. The single parameter monitoring system is used for measuring blood pressure of a human body, Electrocardiograph monitor, SpO₂ monitor [1].



Fig. 1 Multiparameter Patient Monitoring System

A (PMS) is for multiple signs of the patient to transmit the information like Electrocardiograph, Blood pressure etc. Therefore, multi parameter PMS has always been a very significant position in the field of medical industry. The heart and the circulatory system, referred to as cardiovascular diseases, strike without warning and prompt treatment is required if death is to be averted. Such treatment is best provided in area as “intensive care unit.” (ICU). The hospital units provide constant monitoring of the condition and provide immediate emergency treatment whenever it is required [2].

Wearable Parameter Patient Monitoring System

Wearable devices that consumers can wear smartwatches, and are designed to collect the data of users' personal health and exercise. These devices can even send a user's health data to a doctor or other healthcare professional in real [3, 4].

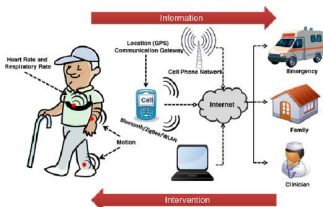


Fig. 2 Wearable Parameter Patient Monitoring System

Conclusions

The medical field is growing up on daily basis, the new development introduces for patient care and safety. The (PMS) is a monitoring system, it can monitor signals including (ECG), Invasive and Non-Invasive Blood Pressure, (SpO₂), Body Temperature and other Gases etc. Patient monitor has been useful in a very important position in the field of medical industry. The latest new model in patient monitoring system, the system has multiple measurement tools and it can used in Intensive Care Unit (ICU), Critical Care Unit (CCU), Operation Rooms and Emergency Rooms of hospital [5].

REFERENCES:

1. Edan Instruments Inc. Patient Monitoring Systems (Model M9/M9A). Available at: <http://www.edan.com.cn/Detail.aspx?D=34,50042,146,133> [Accessed Date: 25th August 2009].
2. Philips Health Care Systems. Patient Monitoring Systems (IntelleVue MP40 and MP50 patient monitors). Available at: http://www.medical.philips.com/main/products/patient_monitoring/ [Accessed Date: 25th August 2009].
3. Fukuda Denshi. Patient Monitoring System (Integrated Flexible Monitor DYNASCOPE DS-7200). Available at: http://www.fukuda.co.jp/english/products/patient_monitoring/pdf/ds_7200.pdf [Accessed Date: 28th August 2009].
4. From Wikipedia, the free encyclopedia. Bus computing (Internal hardware Buses system). 5. Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/Internal_Bus [Accessed Date: 13th October 2009].
5. From Wikipedia, the free encyclopedia. Open Architecture Approach. Available at: http://en.wikipedia.org/wiki/Open_architecture [Accessed Date: 17th October 2009].

Setson Panduleni Set Jr — Department of Info communications, Radio Electronics and NanoSystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: panduleniset79@gmail.com
 Havrilov Dmytro — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Department of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: havrilov@vntu.edu.ua

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ПОРТАТИВНОГО БАГАТОПАРАМЕТРИЧНОГО МОНІТОРА ЖИТТЯ

Анотація: Система моніторингу параметрів пацієнту (СМП) є дуже важливою системою моніторингу, використовується для контролю сигналів, включаючи електрокардіограф (ЕКГ), дихання, інвазивний та неінвазивний артеріальний тиск, насичення киснем крові людини (SpO₂), температуру тіла та інше. У ПМС багатогарзовий датчик та електроди використовуються для прийому сигналів, таких як ЕКГ-електроди, датчик SpO₂, манжета кров'яного тиску та зонд температури для вимірювання фізіологічних сигналів. Система складається з програмного забезпечення для контролю частоти пульсу та носійного пристрою, який може вимірювати температуру та частоту пульсу обстежуваного лише за допомогою датчиків пальця. Пристрій здатний записувати дані вимірювань та інтерфейс на ПК через мікроконтролер Arduino

Пандулені Сетсон— студент групи БМІ-186, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: panduleniset79@gmail.com.

Гаврілов Дмитро Володимирович — канд. техн. наук, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: havrilov@vntu.edu.ua

¹ А.А. Поплавська
¹ В.Б. Василенко,
² С.В. Павлов,
³ О.А. Поплавський

ВИКОРИСТАННЯ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ БІОМЕДИЧНИХ ІМПЛАНТІВ

¹ Лісабонський Університет NOVA,

² Вінницький Національний технічний університет

³ Київський національний університет будівництва та архітектури

Анотація. Розглянуто методи та засоби сучасного застосування адитивних технологій 3D-друку в медичній сфері для моделювання біомедичних імплантів, а також про перспективи розвитку та сучасні тенденції впровадження даних технологій в повсякденну медичну практику.

Ключові слова: адитивні технології, 3D-друк, біомедичних моделювання, штучні імпланти

Актуальність даного дослідження пов'язана з тим, що на теперішній час застосування адитивних технологій в медицині розвиваються швидкими темпами. Медицина стала однією з перших галузей, яка вирішила використовувати потенціал адитивних технологій в практичних цілях [1]. Вперше про можливість 3D-бюдруку заговорили у США, а в 2003 році подано патент на цю технологію, однак реалізувати її змогли лише через 3 роки. На стадії розробки експерти стверджують, що перша надрукована нирка, яка вже буде готова до трансплантації, з'явиться у 2030 році [2]. Завдяки появі цифрового прототипування і швидкому розвитку 3D технологій в медицині, вже сьогодні можна детально спланувати хід хірургічної операції, проектувати передопераційні моделі, підібрати і виготовити індивідуальні екзо- і ендоімпланти, а також індивідуальний операційний інструмент. Прогнозується, що обсяг 3D-друку в медичній сфері до 2025 року складе 3,5 млрд доларів, а сукупний річний темп зростання галузі складе 17,7% в період з 2017 по 2025 рік.

Метою даної роботи є аналіз особливостей використання адитивних технологій для моделювання медичних імплантів в різноманітних прикладних медичних задачах.

Сучасне медичне використання 3D-друку [3] можна розділити на кілька широких категорій: виготовлення тканин і органів, створення протезів, імплантатів та анатомічних моделей, друк інструментів і фармацевтичні дослідження. Адитивні технології здатні створювати точні копії будь-якої частини людського тіла і скелета. На сьогоднішній день, в медицині успішно застосовуються такі продукти адитивних технологій, як:

- штучно вирощена людська шкіра (актуальна для пересадки людям з високою площею опіків);
- біосумісна кісткова та хрящова тканина;
- друк органів з онкологічним процесом і вивчення впливу ліків на пухлини;
- стоматологічні імпланти, протези, коронки;
- індивідуальні слухові апарати;
- ортопедичні протези, та інші.

Вчені вже досягли колосального успіху в даній області, тому можливо, що незабаром замість донорських органів пацієнтам будуть пересаджувати 3D-друковані життєздатні аналоги. Експерти вважають, що наступною галуззю медицини, яку перетворить 3D-друк і сканування, буде хірургія. Вже зараз для зниження фізичного втручання і підвищення точності операцій лікарі

використовують робототехніку і різні інноваційні пристосування для мінімально інвазивних операцій. Але в будь-якому випадку відповідальність за проведення операції цілком і повністю лежить на хірургах. Адитивні технології не зможуть цього змінити, проте зможуть дати лікарям нові, більш ефективні інструменти. Вже зараз у світі представлені компанії, які активно застосовують біодрук у своїй діяльності. Наприклад, Organovo (Сан-Дієго, США), що займається виготовленням тканин печінки для фармацевтичних компаній чи Cyfuse Biomedical (Токіо, Японія), що друкує шкіряні покриття та має змогу вирощувати для імплантації судини до 2 мм [3,4].

За результатами аналізу особливостей використання адитивних технологій для моделювання медичних імплантів можна зробити висновок, що адитивні технології кардинальним чином змінили напрямок розвитку медицини. Технологія знаходиться в стадії освоєння, але вже зараз можна з упевненістю сказати, що вона розвивається успішно, і імплантатія першого внутрішнього органу, надрукованого біологічним матеріалом, буде реалізована вже найближчим часом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Малаев, И. А. Аддитивные технологии: применение в медицине и фармации / И. А. Малаев, М. Л. Пивовар // Вестник фармации. - 2019. - № 2 (84). - С. 98-107.
2. Холодилов, А. А. Инновационное применение адитивных технологий в медицине / А. А. Холодилов, А. В. Яковлева. - Текст: непосредственный // Молодой ученый. 2019. № 5(243). с.35-38. URL: <https://moluch.ru/archive/243/56150/>.
3. Карякин, Н. Н. 3D-печать в медицине / Н. Н. Карякин, Р. О. Горбатов. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2019. - 240 с.
4. Т. Герун «3D-біодрук: медицина майбутнього» [Електронний ресурс]: <https://community.com.ua/statti/3d-biodruk-meditsina-maybutnogo/>

А. А. Поплавська – аспірант кафедри фізики, лабораторія приладобудування, біомедичної інженерії та радіаційної фізики, Лісабонський Університет NOVA, Лісабон, Португалія, e-mail: an.poplavska@campus.fct.unl.pt.

В. Б. Василенко – д.т.н., професор кафедри фізики, лабораторія приладобудування, біомедичної інженерії та радіаційної фізики, Лісабонський Університет NOVA, Лісабон, Португалія, e-mail: vv@fct.unl.pt.

С. В. Павлов – д.т.н., професор кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна e-mail: psv@vntu.edu.ua

О. А. Поплавський – к.т.н., доцент кафедри інформаційні системи та технології, Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, Україна e-mail: apoplavskiy@gmail.com.

ADDITIVE TECHNOLOGY FOR BIOMEDICAL IMPLANTS MODELING

Abstract: *Described methods and means of modern application of additive manufacturing techniques in the medical field for modeling of biomedical implants, as well as the prospects for development and current trends in the development and implementation of these technologies in everyday medical practice.*

Keywords: *additive manufacturing techniques, 3D/printing, biomedical modeling, artificial implants*

ОПТИМІЗАЦІЯ РУХУ ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА ПРИКЛАДІ М. ЧЕРКАСИ

Черкаський державний технологічний університет

Анотація

Досліджено задачу оптимізації міської транспортної мережі за рахунок зниження рівня дублювання маршрутів альтернативними видами транспорту. Побудовано математичну модель дослідженої задачі з врахуванням ступеню дублювання тролейбусних маршрутів автобусними. Проведено аналіз існуючої мережі м. Черкаси. Виконано відповідні розрахунки та надано пропозиції щодо зменшення транспортних потоків в м. Черкаси на маршрутах з повним збігом трас.

Ключові слова: інтенсивність транспортного потоку, математична модель, міська транспортна мережа, оптимізація, ступінь дублювання маршрутів.

Міська транспортна мережа має складну структуру. Збільшення інтенсивності транспортних потоків маршрутного транспорту призводить до перевантаження мережі, погіршення екологічного стану в місті та надмірної конкуренції між перевізниками.

Метою даного дослідження є оптимізація мережі транспорту загального користування шляхом зниження витрат часу на пересування міським пасажирським транспортом та зниження рівня дублювання маршрутів альтернативними видами транспорту.

В процесі дослідження було здійснено аналіз маршрутів міської транспортної мережі м. Черкаси та структури парку транспорту 12 автотранспортних підприємств, що надають відповідні послуги. Визначено довжину різних маршрутів мережі та інтенсивності руху за ними. Встановлено, що щільність маршрутної мережі міського пасажирського транспорту (8,1 км/км²) значно перевищує нормативне значення. Зменшення частки дублюючих маршрутів в міській мережі є одним з шляхів її оптимізації.

В роботі [1] розв'язується задача оптимізації руху транспорту загального користування з цільовою функцією, що складається з сумарних втрат пасажирів та шкоди міському середовищу від роботи двох видів транспорту на одному маршруті, або ТЗ одного виду, працюючих від різних операторів. Проте, в математичній моделі зазначеної задачі не враховано ступінь дублювання маршрутів транспортної мережі. Для усунення даного недоліку пропонується ввести до складу моделі коефіцієнт ρ , що відображає ступінь дублювання одного транспортного маршруту іншим. Таким чином, уточнена цільова функція для двох автобусних маршрутів, що мають сполучену ділянку, набуває вигляду:

$$\begin{aligned}
 F(\mu^{(0)}, \mu^{(1)}) &= \frac{\gamma^{(0)}\lambda^{(0)}}{\mu^{(0)}} + \frac{\gamma^{(1)}\lambda^{(1)}}{\mu^{(0)} + \mu^{(1)} - \rho \left(\frac{\mu^{(0)} + \mu^{(1)}}{2} \right)} + \delta^{(0)}\mu^{(0)} + \delta^{(1)}\mu^{(1)} = \\
 &= \frac{\gamma^{(0)}\lambda^{(0)}}{\mu^{(0)}} + \frac{\gamma^{(1)}\lambda^{(1)}}{\left(1 - \frac{\rho}{2} \right) (\mu^{(0)} + \mu^{(1)})} + \delta^{(0)}\mu^{(0)} + \delta^{(1)}\mu^{(1)} \rightarrow \min.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де $\mu^{(0)}$, $\mu^{(1)}$ – інтенсивності потоків транспортних засобів (ТЗ), що рухаються за I та II маршрутами відповідно, ТЗ/год.; $\delta^{(0)}$, $\delta^{(1)}$ – шкоди міському середовищу від одного рейсу ТЗ на I та II маршрутах відповідно, грн.; $\lambda^{(0)}$, $\lambda^{(1)}$ – інтенсивності потоків пасажирів на I та II маршрутах, пас./год.; $\gamma^{(0)}$, $\gamma^{(1)}$ – середня вартість однієї години пасажирів, що рухаються за відповідними маршрутами, грн./год.; $\rho = L_{01}/L_{M0}$; L_{01} – довжина сполученої ділянки двох

маршрутів, що визначається шляхом вимірювання на схемі існуючої маршрутної мережі, км; L_{M0} – довжина автобусного маршруту, що дублюється іншим, км.

З метою зниження рівня дублювання тролейбусних маршрутів автобусними доречно уточнити модель (1), враховуючі статистичні дані щодо розподілу респондентів за видами транспорту. В процесі аналізу результатів анкетування населення визначено, що перевагу автобусам надають 58,4% пасажирів, тролейбусам – 29,6%, а 12% респондентів користуються як автобусом, так і тролейбусом. Таким чином, розрахунок інтенсивності транспортних потоків здійснюється з врахуванням часткових коефіцієнтів пасажиропотоків, за I маршрут приймається – тролейбусний, а відповідна цільова функція має наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
 F(\mu^{(0)}, \mu^{(1)}) &= \frac{\gamma^{(0)}\lambda^{(0)}}{\mu^{(0)}} + \frac{\gamma^{(1)}\lambda^{(1)}}{\mu^{(0)} + \mu^{(1)} - \rho(0,296\mu^{(0)} + 0,06(\mu^{(0)} + \mu^{(1)}))} + \delta^{(0)}\mu^{(0)} + \delta^{(1)}\mu^{(1)} = \\
 &= \frac{\gamma^{(0)}\lambda^{(0)}}{\mu^{(0)}} + \frac{\gamma^{(1)}\lambda^{(1)}}{\mu^{(0)} + \mu^{(1)} - \rho(0,356\mu^{(0)} + 0,06\mu^{(1)})} + \delta^{(0)}\mu^{(0)} + \delta^{(1)}\mu^{(1)} = \\
 &= \frac{\gamma^{(0)}\lambda^{(0)}}{\mu^{(0)}} + \frac{\gamma^{(1)}\lambda^{(1)}}{\mu^{(0)}(1 - 0,356\rho) + \mu^{(1)}(1 - 0,06\rho)} + \delta^{(0)}\mu^{(0)} + \delta^{(1)}\mu^{(1)} \rightarrow \min,
 \end{aligned} \quad (2)$$

тоді як L_{M0} відповідає довжині тролейбусного маршруту, км.

В процесі розв'язання оптимізаційних задач (1) та (2) досліджено парк ТЗ кожного з транспортних операторів м. Черкаси та враховано обмеження ТЗ на пасажиромісткість. Для кожної задачі застосовано відкоригований узагальнений метод множників Лагранжа [2] та розв'язано 15 оптимізаційних підзадач для маршрутів з повним дублюванням (збіг маршрутних трас двох видів транспорту не менше ніж 75%). За результатами оптимізації запропоновано нову маршрутну мережу та визначено оптимальні режими роботи на її маршрутах.

Запропоновані математичні моделі можуть бути використані при виконанні транспортних проектів і планів реконструкції транспортної мережі міста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Корягин М. Е. Равновесные модели системы городского пассажирского транспорта в условиях конфликта интересов / М. Е. Корягин. – Новосибирск : Наука, 2011. — 140 с.
2. Таха Хемди А. Введение в исследование операций, 7-е издание / Хэмди А. Таха. – М.: Вильямс, 2005. – 912 с.

Костян Наталія Леонідівна, к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, 438knl@gmail.com

Тарандушка Людмила Анатоліївна, к.т.н., доцент, завідувач кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, tarandushka@ukr.net

Рудь Максим Петрович, к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, m.rud@chdtu.edu.ua

OPTIMIZATION OF PASSENGER TRAFFIC ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF CHERKASY

Abstract

The problem of optimization of the urban transport network by reducing the level of duplication of routes by alternative modes of transport has been investigated. A mathematical model of the investigated problem is built taking into account the degree of duplication of trolleybus routes by bus routes. The analysis of the existing network in the city of Cherkasy is carried out. The corresponding calculations have been made and proposals have been made to reduce traffic flows in the city of Cherkasy on routes with complete coincidence of the route tracts.

Keywords: traffic flow intensity, mathematical model, municipal transport network, optimization, the degree of duplication of routes.

Tarandushka Liudmyla, PhD, docent, Head of the Department of vehicles and technology for their operation, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, tarandushka@ukr.net

Kostian Nataliia, PhD, docent, Associate Professor of the Department of vehicles and technology for their operation, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, 438knl@gmail.com

Rud Maksym, PhD, docent, Associate Professor of the Department of vehicles and technology for their operation, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, m.rud@chdtu.edu.ua

АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ РІВНІВ ЯКОСТІ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

¹Центральноукраїнський національний технічний університет

Анотація. Наведено структурні рівні якості функціонування складних транспортних систем. Дано їх схему, проведено опис властивостей та впливу кожного рівня на транспортну систему.

Ключові слова: транспортна система, структурний рівень, якість, ефективність, функціонування.

Якість транспортної системи – це сукупність її властивостей і характеристик, які надають системі здатність задовольняти обумовлені або передбачувані потреби [1-4].

На рис. 1 приведена схема, що ілюструє рівні якості транспортних систем, що ускладнюються або вкладені транспортні системи.



Рисунок 1 - Схема рівнів якості транспортних систем, що ускладнюються

Стійкість транспортних систем характеризує їх властивості протистояти зовнішнім чинникам (міцність, надійність, живучість) й повернення в працездатний стан після дії цих чинників.

Що стосується такої якості транспортних систем, як завадостійкість, то вона характеризує властивості систем без спотворень сприймати і передавати інформаційні потоки по каналах повідомлення.

Керованість транспортних систем характеризує їх властивості переходити за кінцевий проміжок часу з одного стану в інший під впливом управлінських дій.

Здатність, як якість транспортної системи, характеризує її властивості отримувати результат для якого і призначена система [5]. Цей результат ще називають вихідним або цільовим ефектом, який формується в результаті проведення певних операцій, спрямованих на досягнення цього ефекту.

Самоорганізація як позитивна якість транспортної системи характеризує властивість системи визначати її стан після відмови в штатних умовах функціонування [6] і виконувати дії, спрямовані на відновлення здатності отримувати цільовий ефект (частково або повністю) та здійснювати подальшу роботу. Складним системам властива здатність приймати рішення (L-якість).

Отже розглянуті показники якості – це характеристики властивостей транспортної системи, що забезпечують їх придатність до виконання свого призначення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Моргунов Е. П., Моргунова О. Н. Многомерная классификация сложных объектов на основе оценки их эффективности. - Вестник НИИ СУВПТ: сб. науч. тр. / Под общ. ред. проф. Н. В. Василенко. – Красноярск : НИИ СУВПТ, 2003. – Вып. 14. – С. 222–240.
2. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.
3. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Кузик О.В., Тихий А.А. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем: монографія під заг.ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В.-Кропивницький: Видав. ФОП Лисенко В.Ф., 2020.-428 с.
4. Курганов В.М. Управление эффективностью и надежностью функционирования систем доставки / В.М. Курганов // Грузовое и пассажирское автомобильное хозяйство. - 2009. - № 6. - С. 8-13.
5. Аулін В.В., Голуб Д.В., Біліченко В.В. Методологічний підхід до визначення рівня якості функціонування транспортних систем. - Вісник машинобудування та транспорту. №1, 2018. С. 4-9.
6. Аулін В.В., Голуб Д.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В. Методологія визначення основних експлуатаційних властивостей та якості функціонування транспортних і технічних систем. - Вісник інж. академії України. – 2017. – №2. – С.110-115.

Аулін Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, AulinVV@gmail.com

Голуб Дмитро Вадимович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Dimchik529@gmail.com

Замуренко Артем Сергійович, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Dimchik529@gmail.com

ANALYSIS OF STRUCTURAL LEVELS OF QUALITY AND THEIR INFLUENCE ON THE EFFICIENCY OF FUNCTIONING OF COMPLEX TRANSPORT SYSTEMS

***Abstract.** The structural levels of quality of functioning of complex transport systems are given. Their scheme is given, the description of properties and influence of each level on transport system is carried out.*

***Key words:** transport system, structural level, quality, efficiency, functioning.*

Aulin Viktor Vasyliovych, Dr. Prof., Professor, Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, AulinVV@gmail.com

Golub Dmytro Vadymovych, Ph.D. Assoc. Prof, Associate Professor, Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, Dimchik529@gmail.com

Zamurenko Artem Serhiyovych, getter Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, Dimchik529@gmail.com

РОЗРОБКА МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ОБЛАДНАНИХ СИСТЕМОЮ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ

Херсонська державна морська академія¹
Національний транспортний університет²

Анотація

Задача формування теплової підготовки двигуна транспортного засобу, переобладнаного для роботи на газовому паливі, в процесах передпускової та післяпускової теплової підготовки і подальшої експлуатації – це завдання, яке вирішується використанням системних методів дослідження. Складовою частиною дослідження є визначення витрати палива та викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газах. Для одночасного впливу на основні системні об'єкти двигуна транспортного засобу, переобладнаного для роботи на газовому паливі, використовувалась система теплової підготовки на основі теплового акумулятора фазового переходу. Для визначення та обґрунтування впливу системи теплової підготовки на роботу транспортного двигуна, переобладнаного для роботи на газовому паливі, був розроблений і запропонований метод визначення витрати палива та екологічних показників переобладнаних для роботи на газовому паливі транспортних засобів.

Ключові слова

Транспортний засіб, витрати палива, тепла підготовка, транспортний двигун, система теплової підготовки, викиди шкідливих речовин.

Особливість методу полягає в тому, що він передбачає спільне використання всіх наявних методів і засобів отримання інформації про процеси експлуатації транспортного засобу, про теплові параметри двигуна, витрату палива і викиди шкідливих речовин. Отримання інформації і визначення екологічних і економічних параметрів експлуатації транспортного засобу можливе у результаті дистанційного моніторингу параметрів технічного стану транспортного засобу, результатів експериментального дослідження системи теплової підготовки та результатів розрахунково-аналітичного дослідження на основі даних перших двох джерел [1, 2, 4].

Для визначення параметрів часу теплової підготовки, температури в системі охолодження, значень витрати палива і шкідливих викидів ТЗ в процесах експлуатації двигуна ТЗ й виконання їх оцінювання, співставлення та аналізу здійснюється на наступному етапі. Особливість цього етапу полягає в тому, що ті параметри і показники, які не можливо визначити експериментально засобами дистанційного моніторингу, можливо визначити в результаті розрахунково-експериментального дослідження за адаптованими до показників транспортного засобу методиками і моделями.

Для реалізації і функціонування методу розрахунку витрати палива та екологічних показників транспортних засобів з двигунами, працюючими на газовому паливі, виникає потреба у створення єдиних підходів для реалізації теплової підготовки двигунів транспортних засобів в умовах експлуатації. Для цього на рис. 1 показана розроблена авторами функціональна схема реалізації методу визначення витрати палива та екологічних показників транспортних засобів працюючих на газовому паливі. Вибір і оцінювання забезпечення теплової підготовки двигуна транспортного засобу в умовах експлуатації здійснюється на основі показників, які виступають окремими критеріями теплової підготовки двигуна в умовах експлуатації (витрати палива на прогрів, викиди шкідливих речовин) [2, 3, 4].

Особливості методу, які описуються як окремі режими руху транспортного, переобладнаного для роботи на газовому паливі, так і характерні режими руху в їздовому циклі, при цьому враховуються особливості виду палива, роботи двигуна транспортного засобу

в неусталених режимах руху, а також в процесах прогріву. Після перевірки достовірності результатів за експериментальними даними можливо проводити визначення паливної економічності та екологічних показників двигуна транспортного засобу, переобладнаного для роботи на газовому паливі, з урахуванням прогріву в процесі руху в умовах їздових циклів [1, 4].



Рисунок 1 – Функціональна схема реалізації методу визначення витрати палива та екологічних показників транспортних засобів працюючих на газовому паливі

Після виконання перевірки достовірності результатів за експериментальними даними можливо провести визначення паливної економічності та екологічних показників з урахуванням прогріву в процесі експлуатації транспортних засобів. На кожному етапі визначення паливної економічності та екологічних показників з урахуванням прогріву двигуна транспортного засобу в процесах експлуатації проводиться перевірка достовірності результатів шляхом порівняння з експериментальними та статистичними даними.

Для досягнення поставленої мети було розроблено новий метод дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортних засобів з двигунами, переобладнаними для роботи на газовому паливі, оснащених системою теплової підготовки і удосконалено метод розрахунку витрати палива і викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газах транспортних засобів з двигунами, переобладнаними для роботи на газовому паливі, що були оснащені тепловим акумулятором фазового переходу в процесах передпускової і післяпускової теплової підготовки в умовах експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Погорлєцький Д.С., Повлінчук А.П., Матейчик В.П., Цюман М.П., Володарєв М.В. Особливості теплової підготовки транспортного двигуна в умовах експлуатації. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019. – Вип. 19, т. 4.
2. Погорлєцький Д.С., Гришук І.В., Адров Д.А., Матейчик П.В., Черненко В.В. Дослідження роботи транспортного засобу, обладнаного газобалонною системою живлення 4-го покоління, в умовах експлуатації. Міжнародна науково-практична конференція. «Сучасні технології на автомобільному транспорті та машинобудуванні» ХНАДУ, м. Харків 15 – 18 жовтня 2019 року.
3. Gritsuk, I., Pohorletskyi, D., Mateichuk, V., Symonenko, R. et al., “Improving the Processes of Thermal Preparation of an Automobile Engine with Petrol and Gas Supply Systems (Vehicle Engine with Petrol and LPG Supplying Systems),” SAE Technical Paper 2020-01-2031, 2020, doi:10.4271/2020-01-2031.
4. Матейчик В. П., Волков В. П., Гришук І. В., Цюман М. П. Особливості моделі для дослідження паливної економічності та екологічних показників транспортного засобу з урахуванням прогріву в процесі руху. Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. 2014. № 4 (2).

Грицук Ігор Валерійович, д.т.н., професор, професор кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія, gritsuk_iv@ukr.net

Матейчик Василь Петрович, декан автомеханічного факультету Національного транспортного університету, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності

Погорлецький Дмитро Сергійович, старший викладач кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія, dimon150582@gmail.com

Симоненко Роман Вікторович, к.т.н., доцент, кафедри двигунів і теплотехніки, Національний транспортний університет, RSymonenko@insat.org.ua

DEVELOPMENT OF METHODS FOR STUDYING THE FUEL EFFICIENCY OF VEHICLES EQUIPPED WITH THE THERMAL TREATMENT SYSTEM

Abstract

The problem of the formation of thermal preparation of the engine of a vehicle, converted to operate on gas fuel, in the processes of pre-start and post-start thermal treatment and subsequent operation is a problem solved using system research methods. An integral part of the study is the determination of fuel consumption and emissions of harmful substances in exhaust gases. To simultaneously influence the main system objects of the engine of a vehicle converted to run on gas fuel, a thermal treatment system based on a phase transition heat accumulator was used. To determine and substantiate the effect of the thermal treatment system on the operation of a transport engine converted to operate on gas fuel, a method was developed and proposed for determining the fuel consumption and environmental indicators of vehicles converted to operate on gas fuel.

Keywords

Vehicle, fuel consumption, heat treatment, transport engine, heat treatment system, pollutant emissions.

Gritsuk Ihor – D.Sc., Professor, Professor of the “Vessel’s Power Plants Operation” Department, Kherson State Maritime Academy. gritsuk_iv@ukr.net

Mateychik Vasyi, Dean of the Faculty of Mechanical Engineering of the National Transport University, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology and Life Safety.

Pohorletsnyi Dmytro - Senior teacher, of the “Vessel’s Power Plants Operation” Department, Kherson State Maritime Academy. dimon150582@gmail.com

Symonenko Roman, Ph.D., Associate Professor, Department of Engines and Heat Engineering, National Transport University, RSymonenko@insat.org.ua

ПОЛПШЕННЯ ПОВЕРТАННЯ ЧОТИРИВІСНИХ АВТОМОБІЛІВ ЗАСТОСУВАННЯМ ДВОХ ПЕРЕДНІХ ПОВОРОТНИХ МОСТІВ

Національна академія Національної гвардії України

Анотація

Установка двох передніх керованих мостів на чотиривісних автомобілях вимагає точного узгодження кутів повороту всіх чотирьох коліс. Відношення зазначених кутів повороту від заданих значень призводить до появи додаткового опору руху, зносу шин, погіршення керованості і маневреності автомобілів. Рішення завдання може бути спрощено за рахунок застосування поворотних мостів. Авторами доведено, що кутові переміщення першого і другого мостів можуть відбуватися з постійним співвідношенням кутів повороту, тобто при постійному передавальному відношенні, величина якого залежить від геометричних параметрів ходової частини автомобіля.

Ключові слова: чотиривісні автомобілі, поворот, керовані мости, передавальні відношення.

Вступ

Поява в останні роки чотиривісних вантажних автомобілів середньої вантажопідйомності обумовлено недостатнім повертанням тривісних автомобілів, що особливо має здвосні колеса заднього балансірного візка.

Застосування двох керованих передніх мостів вимагає забезпечення строгої відповідності кутів повороту всіх чотирьох напрямних коліс обраному радіусу повороту. Здійснення зазначеної відповідності приводить до створення складних механізмів рульового керування. Застосування поворотних мостів, за умови забезпечення необхідного будівельного об'єму для їхнього повороту, дозволяє значно спростити рульове керування.

Результати дослідження

На рис. 1 наведена схема повороту чотиривісного автомобіля із двома передніми поворотними мостами.

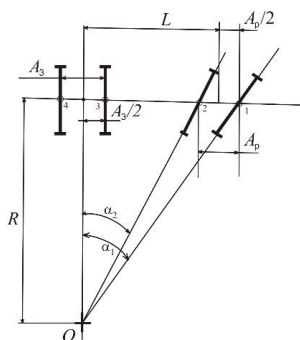


Рисунок 1 – Схема повороту чотиривісного автомобіля із двома передніми поворотними мостами

3 умови

$$R = \left(L + \frac{A_p}{2} \right) \operatorname{ctg} \alpha_1 = \left(L - \frac{A_p}{2} \right) \operatorname{ctg} \alpha_2 \quad (1)$$

визначимо

$$\alpha_2 = \operatorname{arctg} \left(\frac{L - \frac{A_p}{2}}{L + \frac{A_p}{2}} \operatorname{tg} \alpha_1 \right), \quad (2)$$

де $\alpha_1; \alpha_2$ – кути повороту першого й другого мостів; L – поздовжня колісна база автомобіля; R – радіус повороту автомобіля; A_p – відстань між першим і другим мостом.

В табл. 1 наведено результати розрахунку з використанням формули (2) кута α_2 при різних значеннях α_1 і $A_p/2L$.

Таблиця 1 – Розрахунок кутів повороту другого мосту

$A_p/2L$	α_1 , град			
	10	20	30	40
0,1	8,21	16,58	25,28	34,47
0,2	6,7	13,64	21,05	29,22
0,3	5,42	11,09	17,27	24,31
0,4	4,32	8,87	13,9	19,78
0,5	3,36	6,92	10,89	15,63
0,6	2,52	5,2	8,21	11,85

Передатне відношення при повороті, обумовлене від першого мосту до другого

$$U_{1-2} = \alpha_1 / \alpha_2. \quad (3)$$

Очевидно, що найкращим варіантом при $A_p/2L = \text{const}$ буде одержання $U_{1-2} = \text{const}$. У табл. 2 наведені значення U_{1-2} , що рекомендуються, та отримані з використанням методу найменших квадратів шляхом обробки результатів, наведених у табл. 1.

Таблиця 2 – Раціональні значення U_{1-2}

$A_p/2L$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
U_{1-2}	1,176	1,402	1,698	2,100	2,669	3,531

На рис. 2 представлено графік залежності $U_{1-2}(A_p/2L)$, побудований за результатами розрахунку, наведеного у табл. 2.

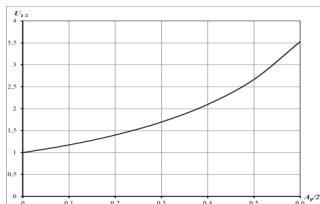


Рисунок 2 – Залежність $U_{1-2}(A_p/2L)$

Висновки

1. У результаті проведеного дослідження визначено, що застосування двох передніх поворотних мостів дозволяє поліпшити поворотність, керованість і маневреність чотиривісного автомобіля.

2. Отримано раціональне передатне відношення для механізму передачі обертання від вала першого до вала другого мосту.

Подригало Михайло Абович – д.т.н., професор, головний науковий співробітник науково-дослідного центру, Національна академія Національної гвардії України, м. Харків, e-mail: pmikhab@gmail.com

Горелішев Станіслав Анатолійович – к.т.н., доцент, старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії, Національна академія Національної гвардії України, м. Харків, e-mail: port_6633@ukr.net

Бавлін Дмитро Станіславович – к.т.н., с.н.с., старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії, Національна академія Національної гвардії України, м. Харків, e-mail: baulinds1966@ukr.net

Гармаш В'ячеслав Петрович – старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії, Національна академія Національної гвардії України, м. Харків, e-mail: 2708garmash@ukr.net

Побережний Андрій Анатолійович – науковий співробітник науково-дослідної лабораторії, Національна академія Національної гвардії України, м. Харків, e-mail: fix086@ukr.net

IMPROVING STEERING OF FOUR-AXLE VEHICLES BY USING TWO FRONT STEERING AXLES

Abstract

The installation of two front steering axles on four-axle vehicles requires precise alignment of the steering angles of all four wheels. The ratio of these angles of rotation from the set values leads to the appearance of additional resistance to movement, tire wear, deterioration of the controllability and maneuverability of vehicles. The solution to the problem can be simplified through the use of swing bridges. The authors have proved that the angular displacements of the first and second bridges can occur with a constant ratio of the angles of rotation, i.e. at a constant gear ratio, the value of which depends on the geometric parameters of the chassis of the vehicle.

Keywords: four-axle vehicles, turn, steering angles, gear ratio

Podrigalo Mykhailo – Doctor of Science (technical science), Full Professor, chief researcher of Scientific and Research Center of Service and Military Activities of the National Guard of Ukraine, National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, e-mail: pmikhab@gmail.com

Horielyshev Stanislav – PhD (technical science), Assistant Professor, senior scientific researcher of Scientific and Research Center of Service and Military Activities of the National Guard of Ukraine, National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, e-mail: port_6633@ukr.net

Baulin Dmitro – PhD (technical science), senior researcher, senior scientific researcher of Scientific and Research Center of Service and Military Activities of the National Guard of Ukraine, National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, e-mail: baulinds1966@ukr.net

Garmash Vyacheslav – senior scientific researcher of Scientific and Research Center of Service and Military Activities of the National Guard of Ukraine, National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, e-mail: 2708garmash@ukr.net

Poberezhnyi Andrii – scientific researcher of Scientific and Research Center of Service and Military Activities of the National Guard of Ukraine, National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, e-mail: fix086@ukr.net

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАНТАЖНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ КАТЕГОРІЙ L7 ТА N1 НА ЕТАПІ ФОРМУВАННЯ ЕСКІЗНИХ ПРОПОЗИЦІЙ

Науково-технічний центр "Автополіпром"

Анотація

Розглянуті, проаналізовані та виділені визначальні технічні параметри електромобілів малої вантажопідйомності. Наведені вирази для визначення їх числових значень на стадії розроблення ескізних пропозицій по проектуванню перспективних конкурентоспроможних моделей таких електромобілів.

Ключові слова: електромобіль вантажний, категорія електромобіля, технічні параметри, оптимізація

На нинішній час назріла необхідність проектування та освоєння виробництва електромобілів малої вантажопідйомності (МВ) таких категорій, як – L7 та N1. Такі вантажні електромобілі набувають все ширшого застосування у багатьох європейських та інших країнах. Крім того, створення електромобілів МВ, окрім необхідності, привабливе ще й тим, що їх основні комплектувальні виробі – керовані та тягові мости, тягові електродвигуни (ТЕД), підвіски мостів тощо, можуть бути освоєні у виробництві вітчизняними підприємствами без відносно великих капіталовкладень. Освоєння виробництва електромобілів МВ на основі застосування українських комплектувальних виробів являється одним з небагатьох шансів суттєвого підвищення рівня машинобудування України. Більше того, такий шлях організації виробництва електромобілів МВ видається єдино правильним у порівнянні з імпортуванням або лише складальним виробництвом іноземних моделей. Отже, створення вітчизняних конструкцій таких вантажних транспортних засобів являється вкрай актуальним завданням.

Огляд існуючих моделей електромобілів МВ та аналіз їх технічних параметрів показав, що за основними характеристиками вони дуже різняться. Скажімо, їх вантажопідйомність з бортовим кузовом становить 350...2000 кг. Тому на етапі розроблення ескізних пропозицій необхідно виважено підходити до вибору величин принаймні основних, тобто визначальних, технічних параметрів і характеристик. Стосовно електромобілів МВ до таких визначальних параметрів варто віднести експлуатаційний пробіг без заряджання або підзаряджання тягових АКБ та вантажопідйомність шасі або електромобіля з кузовом відповідного призначення.

Величини цих параметрів повинні задаватися вимогами замовників або прийматися розробниками електромобілів у залежності від їх основного функціонального призначення. Наприклад, щоденний пробіг електромобілів МВ, основне призначення яких полягає у розвезенні продовольчих та промислових товарів або поштових відправлень у межах міст, за різними даними становить 30...80 км. Величина автономного пробігу може бути прийнята на основі щоденних пробігів автомобілів, зайнятих розвезенням вантажів, того чи іншого конкретного замовника або кількох однотипних підприємств. Аналогічно може визначатися і величина корисної маси (вантажопідйомності) базового шасі без урахування маси кузова того чи іншого функціонального призначення.

На основі прийнятих величин автономного ходу та вантажопідйомності базового шасі у подальшому визначаються наступні параметри: орієнтовна повна маса електромобіля, потужність та маса тягових акумуляторних батарей (АКБ), порожня або споряджена маса шасі без кузова, допустима повна маса електромобіля за параметрами вибраних переднього і заднього мостів, номінальна потужність ТЕД та інші параметри.

Орієнтовна повна маса $M_{\text{пв}}$ проєктованого електромобіля МВ на стадії розроблення ескізних пропозицій визначається за виразом

$$M_{\text{пв}} = k_{\text{мл}} \times M_{\text{вс}}, \quad (1)$$

де $M_{\text{вс}}$ – маса вантажу, кг; $k_{\text{мл}}$ – коефіцієнт, який характеризує відношення маси повної маси електромобіля до маси вантажу та автономного ходу, 1/км.

Рекомендовані величини коефіцієнтів k_{ml} у залежності від типу тягових АКБ та величини автономного пробігу електромобілів МВ наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнту k_{ml} у залежності від типу тягових АКБ та величини автономного пробігу електромобілів МВ

Категорія електромобіля	L7			N1		
	40..60	60..80	80...100	80...100	100...150	150..200
Тип тягових АКБ	Li-Acid		Li-ion	Li-Acid	Li-ion	
Коефіцієнт k_{ml} , км ⁻¹	0,05...0,04	0,04...0,032	0,027...0,025	0,024...0,022	0,015...0,013	0,013...0,01

Орієнтовна потужність W_{tb} тягових АКБ для забезпечення заданого автономного пробігу електромобіля з прийнятною повною масою визначається за виразом

$$W_{tb} = \frac{\Delta w_{ec} \times M_{tw} \times L_{ac}}{k_b}, \quad (2)$$

де Δw_{ec} – середня питома витрата електроенергії електромобілем під час руху, кВт·год./кг·км; M_{tw} – повна маса електромобіля, кг; k_b – коефіцієнт допустимого розрядження тягових АКБ; для більшості сучасних тягових АКБ $k_b = 0,8$.

За даними [1] та на основі аналізу технічних параметрів електромобілів МВ, обладнаних тяговими приводами з одним ТЕД і редуктором головної передачі з диференціальним механізмом, рекомендована середня питома витрата електроенергії у залежності від умов руху становить $\Delta w_{ec} = (0,0045...0,0061)$ кВт·год./кг·км.

Орієнтовна маса M_{tb} тягових АКБ визначається за виразом

$$M_{tb} = k_{mb} \times W_{tb}, \quad (3)$$

де k_{mb} – коефіцієнт питомої маси тягових АКБ відповідного типу, кг/кВт·год.; для тягових АКБ типу "Li-Acid" рекомендується приймати $k_{mb} = (32...36)$ кг/кВт·год.; типу AGM та "Gel" $k_{mb} = (22...26)$ кг/кВт·год.; типу LiFePO₄ $k_{mb} = (11...13)$ кг/кВт·год.

Маса найбільш поширених кузовів на основі рекомендацій, наведених у [2], бортових кузовів довжиною 2,2...2,7 м і шириною 1,4...1,5 м, виготовлених зі сталевих профілів, становить $m_k = (200...280)$ кг, з алюмінієвих профілів – (85...115) кг.

Пропонована методика спрощеного визначення основних конструктивних і експлуатаційних параметрів забезпечує можливість формування багатьох варіантів ескізних пропозицій і вибору одного-двох для подальшого розроблення більш ґрунтовних ескізних проєктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Блохин А. Н., Беляков В. В., Зезюлин Д. В. Расход электроэнергии транспортного средства с электроприводом при движении в городских условиях. *Вестник ИжГТУ*, 2012. № 1(53). С. 21-25.
2. Войтків С. В. Визначення параметрів мас електромобілів малої вантажопідйомності на стадії ескізного проєктування. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту* : Матеріали VIII міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 14-15 квіт. 2020 р.: зб. наук. праць. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 75-83.

Войтків Станіслав Володимирович, к.т.н., Заслужений машинобудівник України, генеральний конструктор, Науково-технічний центр "Автополіпром", м. Львів, voytkivsv@ukr.net.

Determination of the main parameters of electric trucks categories L7 and N1 at the stage of formation of sketch proposals

Abstract

The technique of definition of the basic parameters of cargo electric cars of categories L7 and N1 at a stage of formation of sketch offers is offered.

Keywords: electric truck, electric car category, technical parameters, optimization.

Voytkiv Stanislav V. – Cand. Sc. (Eng), general designer "Scientific and technical center "Autopoliprom", The deserved machine engineer of Ukraine, e-mail: voytkivsv@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ КЕРОВАНИХ КОЛІС АВТОМОБІЛЯ ЗАСОБАМИ ТРИВИМІРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

Анотація

Запропоновані аналітичні залежності для визначення вагового стабілізуючого моменту та поточного кута розвалу керованого колеса. Розроблено алгоритм та проведено дослідження стабілізації керованих коліс засобами PTC Creo Parametric. Результати розрахунків у повній мірі підтверджуються даними комп'ютерного моделювання.

Ключові слова: Ваговий стабілізуючий момент, поточний кут розвалу, шворень, поворотний механізм, PTC Creo Parametric.

До основних вимог, що висувають до колісних керуючих модулів, відносять керованість, стійкість, легкість керування, маневреність, довговічність шин та стабілізацію керованих коліс. Стабілізація забезпечує повернення керованих коліс до нейтрального положення при виході автомобіля з кола зі знятим зусиллям з кермового колеса. При гарній стабілізації автомобіль зберігає прямолінійний напрямок руху без впливу водія, зменшується його утомлюваність. Головним чином стабілізація керованих коліс забезпечується дією вагового стабілізуючого моменту який викликає повернення вагою автомобіля, що припадає на керовані колеса та комбінованим нахилом шворня. Результати досліджень вагового стабілізуючого моменту наведено в роботах [1-3]. За наявності комбінованого нахилу шворня ваговий стабілізуючий момент може визначатися за формулою [1]

$$M_{cm} = R_z \cdot (l_u - r_k \cdot \gamma'_{u0}) \cdot (\cos(\alpha_u + \gamma_{u0}) \cdot \sin \alpha_u \cdot \sin \Theta \pm \cos(\beta_u + \gamma_{u0}) \cdot \sin \beta_u \cdot \cos \Theta), \quad (1)$$

де R_z – навантаження на кероване колесо, Н; l_u – довжина цапфи, м; r_k – радіус колеса, м; γ'_{u0} – поточний кут розвалу, рад; α_u , β_u – відповідно кут поперечного та поздовжнього нахилу шворня, рад; γ_{u0} – початковий кут розвалу, рад; Θ – кут повороту колеса.

Поточний кут розвалу, що входить до формули (1) визначають за виразом

$$\gamma'_{u0} = \gamma_{u0} + \alpha_u (1 - \cos \Theta) \pm \beta_u \sin \Theta. \quad (2)$$

У формулах (1), (2) знак «+» потрібно брати під час повороту лівого колеса ліворуч, або правого праворуч, а знак «-» у протилежному випадку.

На сьогодні найбільш перспективним методом досліджень робочих процесів у механічних системах є метод тривимірного моделювання. Ця технологія дозволяє максимально повно і реалістично показати роботу складного механізму, проаналізувати кінематичні та динамічні властивості, характеристики міцності при мінімальних витратах. У роботі розроблено алгоритм та проведено дослідження вагового стабілізуючого моменту засобами PTC Creo Parametric. Для цього було створено тривимірну модель керованого моста автомобіля КрАЗ-260, яка включає керовані колеса з еластичними шинами, поворотні цапфи з маточинами, кермову трапецію. (рис. 1) У програмі було проведено вимірювання поточного кута розвалу та вагового стабілізуючого моменту на створеній моделі у повному діапазоні кутів повороту. Вимірювання проводилися за допомогою каркасної збірки механізму повороту, до якої прикладалося зусилля, ідентичне рівнодіючій нормальній реакції опірної поверхні/

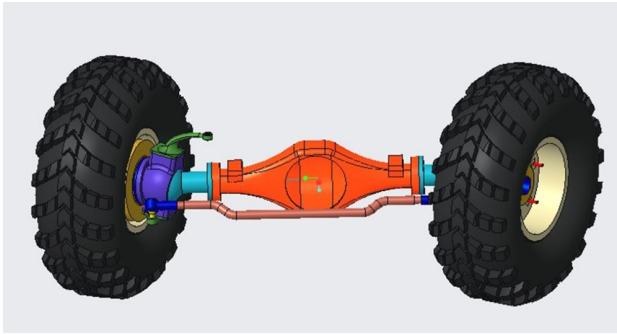


Рисунок 1 – Тривимірна модель керованого моста

Отримані результати засвідчили достатні співпадіння експериментальних даних, отриманих на натуральному об'єкті та на комп'ютерній моделі. Результати розрахунків за формулами (1), (2) у повній мірі підтверджуються даними комп'ютерного моделювання у програмі Creo Parametric.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. А. П. Солтус, С. М. Черненко. Определение весового стабилизирующего момента от комбинированного наклона шворня. Автомобильный транспорт: Сб. науч. трудов ХНАДУ. - Харьков: ХНАДУ, 2003. - Вып. 12. - С.23-26.
2. А. П. Солтус, С. М. Черненко «О функциональной взаимосвязи углов поворота цапфы и управляемого колеса автомобиля». Вісник Кременчуцького державного політ. у-ту: Наукові праці КДПУ, Вып. 6/2002 (17), с. 63-65. 2002.
3. А. П. Солтус, С. М. Черненко. Визначення впливу позовджного нахилу шворня на ваговий стабілізуючий момент. Наук. техн. журнал «Машинознавство». - Львів, 2003. - №6(72).- С. 47-50.

Черненко Сергій Михайлович – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів і тракторів, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, e-mail: sercher174@gmail.com.

Клімов Едуард Сергійович – канд. техн. наук, доцент, в.о. зав. кафедри автомобілів і тракторів, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, e-mail: edward.klimov@gmail.com.

Пузир Руслан Григорович – доктор техн. наук, доцент кафедри автомобілів і тракторів, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, e-mail: puzyruslan@gmail.com

Зайцев Віталій Ігорович – студент, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, e-mail: 772277@rambler.ru.

RESEARCH STABILIZE THE STEERING WHEELS OF THE CAR BY MEANS OF THREE-DIMENSIONAL MODELING

Abstract

The analytical dependencies are proposed to determine the weight stabilizing moment and the current arrangement of a controlled wheel. The algorithm has been developed and researched stabilization of controlled wheels by means of PTC Creo Parametric.. The results of calculations to fully confirm the data of computer simulation.

Keywords: Weight stabilizing moment, current entrance angle, hubs, swivel mechanism, PTC Creo Parametric.

Chernenko Sergii – PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Automobiles and Tractors Department, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, Kremenchuk, e-mail: sercher174@gmail.com;

Klimov Eduard – PhD. in Engineering, Assoc. Professor of Automobiles and Tractors Department, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, Kremenchuk, e-mail: edward.klimov@gmail.com.

Puzir Ruslan – Doctor of Tech. Sciences, Assoc. Professor of Automobiles and Tractors Department, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, Kremenchuk, e-mail: puzyruslan@gmail.com.

Zaytcev Vitalii – student, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University, Kremenchuk, e-mail: 772277@rambler.ru.

ДОСЛІДЖЕННЯ КООРДИНОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ

Національний університет водного господарства та природокористування, Рівне, Україна

Анотація

У роботі розглянуто результати дослідження впливу координованого управління транспортними потоками в центральній частині міста Рівне на зниження транспортних затримок при проїзді перехресть транспортними засобами та запропоновано технічні рішення щодо підвищення безпеки дорожнього руху шляхом обладнання перехресть додатковими технічними засобами регулювання дорожнього руху.

Ключові слова: інтенсивність транспортних потоків, склад транспортного потоку, координоване управління, потік насичення, регульоване перехрестя, цикл світлофорного регулювання.

Основною проблемою транспорту, є велика кількість затримок транспортних засобів на вулично-дорожній мережі. Це відбувається через різке збільшення рівня автомобілізації, підвищення рівня автомобілекористування, яке відбувається постійно. Вулично-дорожня мережа більшості міст, не призначена для такої кількості автомобілів. Це явище негативно впливає на дорожній рух, через що відбувається збільшення дорожньо-транспортних пригод, заторів, збільшення витрати палива, підвищення викидів шкідливих речовин, зменшення комфорту проїзду через надмірні транспортні затримки.

Проблематикою раціональних режимів світлофорного регулювання займалися багато дослідників в Україні та за кордоном. Зокрема Грицунь О.М. [1] досліджував раціональні режими світлофорного регулювання з урахуванням транспортних потоків і поведінки пішоходів. Аналіз літературних джерел [2-7] вказує, що світлофорне регулювання не доцільно застосовувати на вулиці нижчого рівня порівняно з автомобільними дорогами або головними вулицями з регульованим рухом. Введення примусового світлофорного регулювання для транспортних потоків регулюється у [6], а для пішохідних потоків є вимога: інтенсивність транспортних потоків має бути більшою 600 авт./год., а вулиці з роздільною смугою більше 1000 авт./год. – при кількості більше 150 чол./год. на переході. При збільшенні інтенсивності транспортних потоків і наближенні значень, наведених у [6, 8], лише за допомогою використання світлофорного регулювання можна організувати рух на перехресті в одному рівні. Розглядаючи питання визначення тривалості циклу світлофорного регулювання, потрібно вибрати відповідний критерій управління сигналами світлофорного регулювання, для визначення його ефективності [1-10]. Існують різні методи для визначення тривалості фаз світлофорного регулювання, які базуються тільки на принципі оцінки довжини черги транспортних засобів або транспортних затримок, які виникли перед стоп-лінією [11-15].

Метод розрахунку тривалості циклів світлофорного регулювання запропонований Вебстером [4, 14, 15], враховує випадкове прибуття транспортних засобів до стоп-лінії та мінімізацію транспортних затримок. Для розв'язання транспортних проблем основним напрямом має бути формування вулично-дорожньої мережі міст з ростом кількості транспортних засобів, поліпшення умов для руху громадського транспорту (створення додаткових смуг та забезпечення першочергового руху) [8-15]. Зрозуміло, що для міст з історично сформованою вулично-дорожньою мережею, враховувати всі ці чинники одночасно важко. Проблему можна розв'язати частково, шляхом знаходження закономірностей впливу інтенсивності пішохідних і транспортних потоків на пропускну здатність біля перехресть, пішохідних переходів, зупинок громадського транспорту. Для підвищення якості організації дорожнього руху за допомогою цих методів можна обґрунтувати зони для ефективного застосування пішохідних переходів.

Збільшенням ефективності роботи регульованих перехресть з жорсткими світлофорними циклами займалися багато дослідників. Зокрема, Гілевич В.В. [8], розглядав моделі транспорт-

них затримок на перехресті. Для оптимізації світлофорного регулювання найбільш розповсюдженим критерієм є середня затримка транспортних засобів перед перехрестям [8-15]. Середня затримка просто вимірюється і легко оцінюється в грошовій одиниці, за рахунок чого можна розрахувати економічний ефект запропонованих заходів [8, 10, 11]. Транспортна затримка є показником, який застосовується при визначенні необхідної довжини смуги руху перед перехрестям, необхідності пального та викидів відпрацьованих газів [13].

Мета роботи - дослідження закономірності впливу технічних засобів організації дорожнього руху на інтенсивність транспортних потоків та затримки транспортних засобів при проїзді ділянок вулично-дорожньої мережі. Перевагами введення координованого світлофорного регулювання є: підвищення швидкості проїзду перехресть; скорочення кількості зупинок перед перехрестями; вирівнювання транспортного потоку за рахунок групування транспортних засобів та збільшення пропускної здатності перехресть; стабілізація швидкості руху окремих транспортних засобів, скорочення кількості дорожньо-транспортних пригод; зменшення викидів відпрацьованих газів та забруднення навколишнього середовища.

Рівне - місто обласного значення в Україні. Населення - 246 тис. мешканців. Загальна площа міста - 63 км². На балансі та експлуатаційному утриманні Служби автомобільних доріг у Рівненській області знаходиться 2009,8 км автомобільних доріг загального користування державного значення, в тому числі: міжнародних - 371,7 км; національних - 247,8 км; регіональних - 152,4 км; територіальних - 1237,9 км. У м. Рівне налічується 442 вулиці. Загальна протяжність вулично-дорожньої мережі складає 300,5 км з твердим покриттям. Експлуатується 8 автомобільних мостів та 4 шляхопроводи, загальною довжиною 0,7 км. Протяжність освітленої вулично-дорожньої мережі складає 274,4 км. На території міста розташовані 70 світлофорних об'єктів, з яких 44 є транспортними, 23 - пішохідними та 3 - залізничними. Маршрутна мережа громадського пасажирського транспорту м. Рівне складається з 28 автобусних та 10 тролейбусних маршрутів, на яких щоденно працюють 280 автобусів та мікроавтобусів, 65 тролейбусів. Всі автобусні маршрути працюють в режимі маршрутного таксі та обслуговуються 46 підприємствами різної форми власності. В м. Рівне було проведено обстеження роботи світлофорних об'єктів та інтенсивності руху транспортних засобів на основних перехрестях. Інтенсивності транспортних потоків на ділянках між перехрестями складають відповідно: вул. Проспект Миру - вул. Міцкевича - 1850 авт./год.; вул. Соборна - вул. В. Чорновола - вул. Міцкевича - 1931 авт./год.; вул. Соборна - вул. Княгині Ольги - вул. Князя Володимира - 1760 авт./год.; вул. Соборна - вул. Дубенська - 1728 авт./год. Проспект Миру одна із вулиць у місті Рівне, відноситься до мікрорайону Центральний. Вулиця починається від вулиці Небесної Сотні де проходить через 5 перехресть і переходить у вулицю Міцкевича. Загальна протяжність 1 кілометр. Вулиця має двох сторонній рух, по дві смуги в кожному напрямку, проїжджа частина розділена розподільчою смугою. Загальна ширина вулиці 14 метрів. Проспект Миру перетинає 3 вулиці: вул. Набережна, вул. Шевченка, вул. Симона Петлюри. На вулиці 5 перехресть на 3 з них здійснюється світлофорне регулювання, а саме на перехрестях вулиць Небесної Сотні - Проспект Миру, вул. Набережна - Проспект Миру, вул. Симона Петлюри - Проспект Миру, та 2 нерегульовані перехрестя: вул. Шевченка - Проспект Миру, вул. Міцкевича - Проспект Миру. Проспект Миру є паралельною до вулиці Соборна, що в свою чергу розвантажує центральну частину міста від транспортних потоків. Інтенсивність транспортних потоків на ділянках №1 - 1048 авт./год.; №2 - 1101 авт./год.; №3 - 1097 авт./год.

Повний розпад групи транспортних засобів відбувається на відстані 600-800 м і рух стає рівномірним. Тому на таких перегонах не завжди доцільно використовувати координоване регулювання. На Проспекті Миру відстані перегонів між перехрестями складають не більше 300 метрів, а саме: від перехрестя Проспект Миру - вул. Набережна до Проспект Миру - вул. Шевченка - 170 м; від перехрестя Проспект Миру - вул. Шевченка до Проспект Миру - вул. Симона Петлюри - 290 м; від перехрестя Проспект Миру - вул. Симона Петлюри до перехрестя Проспект Миру - вул. Міцкевича - 270 метрів.

Здійснено розрахунок режимів роботи світлофорних об'єктів для координованого регулювання, з використанням трьохфазного світлофорного регулювання. У роботі запропоновано проект удосконалення руху на вулиці Проспект Миру в м. Рівне. В ході обстеження дорожніх умов, інтенсивностей та складу транспортних потоків, проведених розрахунків за аналітичними залежностями, були розроблені наступні заходи: введення координованого регулювання на

ділянці від перехрестя з вул. Набережна до перехрестя з вул. Міцкевича; запровадження світлофорного регулювання на перехрестях Проспект Миру – вул. Шевченка та вул. Міцкевича. Доцільність впровадження заходів є виправданим, оскільки вони дозволять покращити організацію дорожнього руху на вул. Проспект Миру, зменшити кількість транспортних засобів з 10 до 2 на перехрестях, в очікуванні дозволеного сигналу світлофора, зменшити час на проїзд ділянки дороги з 2,6 хв. до 1,1 хв., що, в свою чергу зменшує транспортні затримки та покращує екологічну ситуацію в центральній частині міста.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Грицунь О. М. Обґрунтування раціональних режимів світлофорного регулювання з урахуванням характеристик транспортних потоків і поведінки пішоходів : дис. ... канд. тех. наук : 05.22.01 / Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2019. 167 с.
2. Грицунь О. М. Аналіз поведінки пішоходів на регульованих перехрестях. *Міжвузівський збірник «Науковий нотатки»*. 2016. Вип. 55. С. 90–95.
3. Організація та регулювання дорожнього руху : підручник / О. О. Бакуліч та ін. ; за заг. ред. В. П. Поліщука. Київ : Знання України, 2012. 467 с.
4. Поліщук В. П., Дзюба О. П. Теорія транспортного потоку : методи та моделі організації дорожнього руху. Київ : Знання України, 2008. 175 с.
5. Krystopchuk M. Change of drivers functional condition while moving along highways of different technical categories. *Transport technologies*. 2020. Vol. 1. № 1. pp. 22-32.
6. Системологія на транспорті. Організація дорожнього руху: кн. 4 / Гаврилов Е. В. та ін.; за заг. ред. М. Ф. Дмитриченка. Київ : Знання України, 2005. 452 с.
7. Пашкевич С. М., Кристопчук М. Є. Аналіз параметрів функціонування об'єктів транспортної інфраструктури на формування транспортних та пасажирських потоків у містах. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2018. № 1. С. 66–72.
8. Гілевич В. В. Підвищення ефективності роботи регульованих перехресть з жорсткими світлофорними циклами : дис. ... канд. тех. наук : 05.22.01 / Національний університет «Львівська Політехніка». Львів, 2016. 169 с.
9. Formation and Distribution Flows of External Transport in the City / Krystopchuk, M., Pashkevych, S., Khitrov, I., Tkhoruk, Y. *International Conference on Reliability and Statistics in Transportation and Communication*. 2019. Springer, Cham. pp. 141-150.
10. Сресов В. І., Христенко О. В. Комплексна оцінка ефективності світлофорного регулювання на перехрестях. *Вісник Національного транспортного університету*. 2009. № 19, Ч. 2. С. 72–77.
11. Капский Д. В., Навой Д. В. Методика определения экономических потерь при координированном регулировании движения транспортных и пешеходных потоков. *Вестник БНТУ*. – 2010. № 4. С. 60–70.
12. Cheng D. X., Zong T. Z., Messer C. J. Development of an Improved Cycle Length Model over the Highway Capacity Manual 2000 Quick Estimation Method. *Journal of Transportation Engineering*. 2005. № 12. P. 890–897.
13. Трушевський В. Е. Удосконалення світлофорного регулювання при організації руху за окремими напрямками : дис. ... канд. тех. наук : 05.22.01 / Національний транспортний університет. Київ, 2016. 150 с.
14. Guo H. Reliability analysis of pedestrian safety crossing in urban traffic environment. *Safety Science*. 2012. Vol. 50, Issue 4. P. 968–973. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2011.12.027>
15. Noland R. Pedestrian travel times and motor vehicle traffic signals. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 1996. Т. 1553. №. 1. С. 28–33. <http://dx.doi.org/10.3141/1553-04>.

Кристопчук Михайло Євгенович, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, e-mail: m.ie.krystopchuk@nuwm.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-8701-4469>

RESEARCH OF COORDINATED MANAGEMENT OF TRANSPORT FLOWS

Abstract

The paper considers the results of the study of the impact of coordinated traffic management in the central part of the city of Rivne on the reduction of traffic delays when passing intersections by vehicles and offers technical solutions to improve road safety by equipping intersections with additional technical means of traffic control.

Key words: traffic intensity, traffic flow composition, coordinated control, saturation flow, adjustable intersection, traffic light control cycle.

Mykhailo Krystopchuk, PhD, Associate Professor, Head of the Transport Technologies and Technical Service Department, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, e-mail: m.ie.krystopchuk@nuwm.edu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-8701-4469>

ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЕВМІСНИХ ГАЗІВ У ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ В СУЧАСНІЙ ПЕРСПЕКТИВІ

Черкаський державний технологічний університет

Анотація

В роботі досліджено перспективи використання водневмісних газів у двигунах внутрішнього згоряння, зокрема, у дизелях, в сучасних умовах розвитку автомобільної промисловості.

Ключові слова: двигун внутрішнього згоряння, дизель, паливна економічність, екологічні показники видпрацьованих газів, водневмісний газ, альтернативні джерела енергії.

Застосування двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) призвело до ряду проблем, пов'язаних з виснаженням нафтових родовищ, забрудненням атмосфери токсичними викидами, глобальним потеплінням тощо. Тому, із зменшенням природних запасів нафти та суттєвим зростанням вартості традиційних моторних палив надзвичайно актуальним є розширення використання біопалив, які отримують з відносно відновлюваної сировини, що зменшує залежність України від нафти, як джерела енергії, та поліпшує екологічні показники автомобілів.

У наукових установах і вищих навчальних закладах України та інших країн світу проводять дослідження спрямовані на пошук шляхів покращення паливної економічності та екологічних показників автомобільних двигунів. Найбільш перспективними є заходи, які можливо реалізувати в умовах експлуатації без значних конструкційних змін двигунів. Одним із напрямів, що легко впровадити в умовах експлуатації є інтенсифікація процесу згоряння в двигунах використанням активуючих добавок. До таких добавок належить водень або речовини, які містять його в своєму складі.

Дослідження використання водневмісного газу у ДВЗ з додаванням невеликих його доз до традиційного дизельного пального дають змогу стверджувати, що застосування такого виду домішок призводить до інтенсифікації процесу згоряння у камері згоряння [1].

Існують й інші методи, що дозволяють покращити паливну економічність і екологічні показники ДВЗ у режимах малих навантажень та холостого ходу. Серед них є відключення групи циліндрів, робота двигуна на Perezbidneniy pалиvopovіtrnyiy суміші, застосування регульованих фаз газорозподілу тощо [2].

Експериментально вдалося підтвердити можливість використання малих домішок водню шляхом його подачі в паливopровід високого тиску. В результаті проведених досліджень було встановлено, що кількість викидів вуглеводнів знизилася на 40–50 %, монооксиду вуглецю – на 15–25 %, але викиди оксидів азоту збільшилися на 3–7 % [3].

Однак, є дослідження застосування водню в середині камери згоряння, в результаті яких оксиди азоту можуть знижуватись. Наявність водню дозволяє зменшити димність, оскільки водень виступає активатором зон окиснення часточок сажі. Вплив водню на процеси окислення азоту та сажоутворення в дизелях проявляється на різних стадіях робочого циклу. Наприклад, його реакційна здатність спричиняє розширення меж самозаймання суміші і, як результат, сприяє вигорянню зон з бідним та багатим складом паливо-повітряної суміші, що покращує сам процес горіння в середині циліндра [4].

В роботі [5] встановлена максимальна кількість домішок водню, яка склала 0,05...0,12% від маси основного дизельного палива. Це досягалось шляхом використання хвильових процесів в паливній апаратурі високого тиску, налаштування змішуючого пристрою, коригування кута випередження впорскування в межах $-2...-7^{\circ}$ та параметрів додавання водню. При цьому ефективна потужність двигуна збільшилась на 2,6...5,5%, а ефективна витрата палива зменшилась на 4,5...5,7%.

В роботі [6] представлені результати експериментальних досліджень впливу добавки водневмісного газу на паливну економічність ДВЗ за роботи в різних швидкісних режимах активного холостого ходу. У результаті досліджень встановлено, що добавка водневмісного газу призводить до зменшення годинної витрати традиційного пального під час роботи двигуна в різних швидкісних режимах активного холостого ходу. Доведено, що за рахунок меншого відкриття дросельної заслінки і часткового заміщення водневмісним газом знижується витрата повітря в усьому діапазоні частот обертання, що призвело до зменшення масових викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

Автор експериментальних досліджень [6] дійшов до висновку, що застосування чистого водню, як добавки до повітряного заряду, у двотактних дизелях свідчить про підвищення на 7-9% паливної економічності в режимах часткових навантажень при використанні 1-2% значень відсоткової добавки.

В результаті проведеного аналізу основних наукових досліджень застосування водневмісного газу в ДВЗ, необхідно зазначити, що використання останнього, в сучасній перспективі автомобільної промисловості, лишається достатньо актуальною проблемою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фомин В.М. Водород как химический реагент в кинетическом механизме образования углерода в дизеле / В.М. Фомин, Р.Р. Хакимов, Д.В. Шевченко // Транспорт на альтернативном топливе: Международный научно-технический журнал. – 2011. – № 3 (21). – С. 10–14.
2. Корпач А.О. Вплив добавки водневмісного газу на зміну показників двигуна автомобіля в умовах експлуатації / Корпач А.О., Філоненко О.Д., Вісник ЖДТУ. – 2016. - №2 (77). – 122-126.
3. Тимошевський Б.Г. Вплив на робочі характеристики ДВЗ домішок водню на основі рідкого палива / Б.Г. Тимошевський, М.Р. Ткач, Д.О. Шалапко // Тези доповідей / Міжнародна науково-технічна конференція. Суднова енергетика: стан та проблеми. – 2011. – С. 75-79.
4. Каменев В.Ф. Теоретичні та експериментальні дослідження роботи двигуна на дизельно-водневих паливних композиціях / В.Ф. Каменев, В.М. Фомин, Н.А. Хрипач // International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology ISJAE. – 2005. – № 7 (27). – С. 32–42.
5. Shalapko D.O., Proskurin A.Y., Mitrophanov O.M. Methods to improve the performance of diesel engines by adding hydrogen into high pressure line // Shipbuilding & marine infrastructure. 2018. Vol.9, № 1. С. 82 – 86.
6. Гутаревич Ю. Ф. Використання добавки водневмісного газу до повітряного заряду для покращення показників двигунів з карбюраторною системою живлення в режимах холостого ходу. / Ю. Ф. Гутаревич, С. В. Шуба // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2015. – Вип. 31. – С. 161 – 165.
7. Сирота А.А. Повышение экономичности судовых ДВС путем использования водорода в качестве добавок к топливу/ А.А. Сирота // Двигатели внутреннего сгорания. – 2006. - № 1. – с. 63-67.

Шльончак Ігор Анатолійович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Igor_Shlionchak@ukr.net.

Солтус Анатолій Петрович, д-р. техн. наук, професор, професор кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Igor_Shlionchak@ukr.net.

Using of the hydrogen-containing gases in internal combustion engines in the modern perspective.

Abstract

The prospects of using hydrogen-containing gases in internal combustion engines, in particular, in diesels, in modern conditions of development of the automobile industry are investigated in the work.

Keywords: internal combustion engine, diesel, fuel economy, environmental performance of exhaust gases, hydrogen-containing gas, alternative energy sources.

Shlionchak Igor, candidate of engineering sciences, docent, associate professor at the automotive department and technologies of their operation, Cherkassy state technological university, Cherkassy, Igor_Shlionchak@ukr.net.

Soltus Anatoliy, doctor of technical sciences, professor, professor at the automotive department and technologies of their operation, Cherkassy state technological university, Cherkassy, Igor_Shlionchak@ukr.net.

ІНТЕГРОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЕКСПЕРТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДТП

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано підхід щодо формування інтегрованої інформаційної системи експертизи ДТП в часовому циклі з метою підвищення об'єктивності та точності оцінювання обставин скоєних аварійних ситуацій.

Ключові слова: інформаційні технології, інтегровані інформаційні системи, безпека руху, дорожньо-транспортна пригода, експертиза аварійних ситуацій.

Розвиток апаратної бази електронних обчислювальних машин та програмних продуктів, що використовуються в експертизі дорожньо-транспортних пригод (ДТП), підвищують роль інформаційних технологій, які реалізуються в спеціалізованих програмних засобах. При цьому під інформаційною технологією в експертних дослідженнях аварійних ситуацій слід розуміти цілу сукупність взаємопов'язаних процедур обробки початкової інформації про компоненти системи водій-автомобіль-дорога-середовище [1, 2]. Взаємозв'язок елементів та адекватність інтегрованих інформаційних систем підвищення ефективності експертних досліджень ДТП обумовлюється якістю та обсягом інформації, що обробляється [3]. Комплексне застосування спеціалізованого комп'ютерного забезпечення для моделювання механізму ДТП та систем автоматизованого вимірювання та доекспертного розрахунку початкових даних можна вважати набором модулів, складених із сукупності стандартних елементів. Кожний модуль забезпечує досягнення загальної мети, виконуючи свої функції в інтегрованій системі, взаємозв'язки в якій відображає схема (рис. 1). На цій схемі пунктиром показані інформаційно-потоківі та суцільною лінією керуючі взаємозв'язки в інтегрованому часовому циклі.

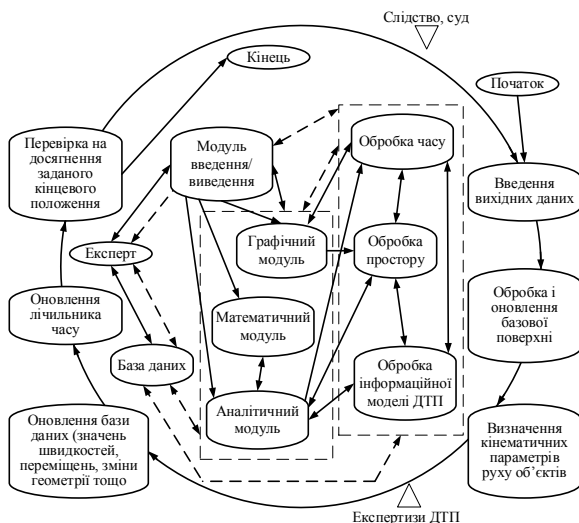


Рисунок 1 – Взаємозв'язок елементів інтегрованої інформаційної системи експертизи ДТП в часовому циклі

Модульність інтегрованої системи забезпечує високу якість виконання експертизи ДТП [4]. Відповідно до рівнів управління процесом провадження експертизи ДТП (табл. 1) можна виділити такі підсистеми: обробки даних, управління, підтримки прийняття рішень (ППР).

Таблиця 1 – Характеристика рівнів інтегрованих систем експертизи ДТП

Підсистема/показник	Обробка даних	Управління	ППР
Базова технологія	Оперативна обробка даних	Інтерактивна аналітична обробка	Методи статистичного аналізу, експертних систем, математичного та імітаційного моделювання, інтелектуального аналізу даних
Виконавці	Експерти	Спеціаліст з організаційно-технічного забезпечення	Керівник підрозділу
Мета	Оперативне виконання робіт на робочому місці	Аналіз показників діяльності, формування планів, контроль за ними	Вирішення задач управління на стратегічному рівні
Завдання	Вирішення окремих задач експертизи ДТП	Формування виробничої програми	Освоєння нових методів та видів експертизи, інжиніринг та реінжиніринг
Витрати часу	Від одного до декількох днів	Від декількох днів до декількох тижнів	Рік і більше

Зрозуміло, що зі збільшенням інтеграції розширюються еventуальні можливості системи, зростає ступінь альтернативності та різноманіття [5].

Побудова інтегрованої системи АТЕ ДТП (рис. 1) здійснюється на базі аналізу запитів органів суду чи слідства та різних обставин та умов виникнення ДТП. В процесі побудови визначаються функції системи, які вона повинна виконувати. За мету системи експертизи дорожньо-транспортних пригод зазвичай приймають такі параметри, як гарантування прав громадян на об'єктивне та неупереджене розслідування обставин ДТП, підвищення якості та зменшення суб'єктивізму при підготовці експертних висновків, оптимізація матеріальних та трудових затрат на провадження експертизи тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кашканов А. А. Технології підвищення ефективності автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод: монографія Вінниця: ВНТУ, 2018. 160 с.
 2. Best Practice Manual for Road Accident Reconstruction, ENFSI-BPM-RAA-01. Version 01 - November 2015. European Network of Forensic Science Institutes. 21 p.
 3. Кашканов А. А. Проблеми забезпечення точності розрахунків та категоричності висновків автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2018. №1(242). С. 55-59.
 4. Кашканов А. А., Грисюк О. Г., Яровенко А.О. Модульний принцип синтезу системи автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод. Наукові нотатки. 2014. №45. С. 245-250.
 5. Кашканов А. А. Морфологічний метод синтезу системи автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки. 2014. №2 (69). С. 102-108.
- Кашканов Андрій Альбертович**, докт. техн. наук, професор кафедри автомобілів і транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: a.kashkanov@vntu.edu.ua;
- Кашканов Віталій Альбертович**, канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів і транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kashkanovv@gmail.com;
- Кашканова Анастасія Андріївна** – студент групи ІАТ-20м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kashkanov9a@gmail.com.

INTEGRATED ACCIDENT INVESTIGATION INFORMATION SYSTEMS

Abstract

The approach to formation of the integrated information system of road accident examination in a time cycle for the purpose to increase of objectivity and estimation accuracy of conditions emergency situations is offered.

Keywords: information technologies, integrated information systems, traffic safety, traffic accidents, emergency examination.

Kashkanov Andrii, Dr.Sc. (Eng.), Professor of Automobiles and Transport Management Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: a.kashkanov@vntu.edu.ua;

Kashkanov Vitalii, Ph.D., Associate Professor of Automobiles and Transport Management Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kashkanovv@gmail.com;

Kashkanova Anastasiya, student group ІАТ-20m, Faculty Machine Building and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: kashkanov9a@gmail.com

АНАЛІЗ ПОТОЧНОГО СТАНУ ЛОГІСТИКИ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

¹Державний університет "Одеська політехніка"

Анотація

Проаналізовано поточний ринок логістичних послуг у сфері вантажо-транспортних операцій в світі і виявлено процес радикальних та фундаментальних змін через кардинальний вплив на роль і масштаби діяльності його учасників і структуру їх взаємовідносин. Вказано на недостатню інтегрованість виробничих систем, скорочення обсягу комерційних перевезень автотранспортом на 25 % та вантажообігу – на 15 %. Визначені перспективи розвитку транспортно-логістичних систем.

Ключові слова: Ринок, глобалізація, аутсорсинг, субпідряд, енергетичні потоки, оптимізація

Основні причини радикальних та фундаментальних змін поточного ринку логістичних послуг: глобалізація світової економіки; – оптимізація витрат у всіх ланках логістичних ланцюгів; – скорочення життєвого циклу продукції; – розвиток аутсорсинга логістики для скорочення витрат, (*outsourcing* – підрядництво, тобто передача компанії частини її завдань або процесів стороннім виконавцям на умовах субпідряду для виконання непрофільних напрямків у своїй роботі; – втілення нових підходів до маркетингу та дистрибуції продукту, інновацій в логістичних процесах, особливо, це стосується електронних методів і способів ведення бізнесу [1]. На даний момент обсяг світового ринку логістичних послуг оцінюється більш ніж в 2500 млрд дол. США, що становить близько 5 % загальносвітового ВВП [2]. В найближчі 5-10 років розвиток галузі транспортної логістики буде визначатися динамікою зростання світового промислового виробництва, торгівлі і розширенням глобальних мереж дистрибуції.

Недостатня інтегрованість виробничих систем призводить до зниження ефективності, якості і надійності та економічності транспортних послуг, що в свою чергу особливо позначається на функціонуванні промислово-виробничих ланцюгів поставок. Зокрема, на автомобільному транспорті та вантажно-розвантажувальному обладнанні за підсумками 2015-2020 рр сталося скорочення обсягу комерційних перевезень автотранспортом на 25 %, вантажообігу - на 15 %, падіння вартісних і фізичних показників в сегменті міжнародних перевезень на 25-30 % і різке загострення конкуренції на ринку міжнародних і внутрішніх перевезень [2]. В даний час, основною діяльністю логістичних підприємств - провайдерів логістики продовжують залишатися транспортно-експедиторські операції (*freight forwarding*). У сфері транспортно-експедиторських послуг логістичні провайдери, як правило, дотримуються у своїй роботі такої моделі бізнесу, при якій досить зручно і вигідно не виступати прямими власниками транспортних засобів, а укласти обмежені у часі угоди з перевізниками (субпідрядниками) з транспортування вантажів своєї клієнтури, тобто принципів *asset-light*. На світовому ринку логістичних послуг в даний час діють більше 60 тис. різноманітних компаній, при цьому понад 90 % з них є відносно невеликими за розміром і мають обмежені матеріальні і фінансові ресурси. В той же час на частку 30 найбільших компаній, що домінують на міжнародних ринках, припадає близько 40 % обсягу продажів [3].

Одним з найважливіших умов для підвищення ефективності діяльності інтегрованих ланцюгів поставок є застосування принципів логістичного інжинірингу. Як правило, у інтегрованих логістичних систем всі стратегічні і тактичні рішення з приводу розміщення інфраструктурної мережі, пакування, складування, вантажопереробки, транспортування, управління запасами тісно взаємопов'язані між собою і саме цей взаємозв'язок становить основу системної інтеграції.

В результаті аналізу досвіду передових технологій прогресивних підприємств за останнє десятиліття виявлено, що стан ринку транспортно-логістичних послуг і перспективи розвитку вантажно-розвантажувальної та транспортної галузі характеризуються наступними основними признаками: 1) зростанням ролі надання транспортно-логістичних послуг як методу підвищення конкурентоспроможності об'єктів господарювання; 2) постійно триваючої консолідацією ринку самих вантажно-розвантажувальних та транспортних послуг, насамперед, за рахунок об'єднань, злиттів і поглинань на міжнародному рівні і виходом найбільших потужних логістичних підприємств на нові географічні світові ринки; 3) безперервно діючим посиленням впливу найбільших глобальних логістичних підприємств (за оцінками спеціалістів, близько 40 % ринку вантажно-розвантажувальних та транспортних припадає на 30 найбільших компаній); 4) все зростаючим подальшим ускладненням логістичних рішень шляхом все більш широкого впровадження сучасних ІТ-технологій.

В результаті аналізу діяльності підприємств, фірм та організацій можна означити такі перспективи розвитку транспортно-логістичних систем: – сформоване лідерство на світовому ринку логістичних послуг певних компаній, більшість з цих обраних компаній вже є лідерами на європейському, американському та східно-азіатському ринку; – поступове збільшення світового географічного покриття транспортно-логістичними системами в цілому; – безперервне зміцнення наявних діючих бізнес-сегментів транспортно-логістичних систем з метою оволодіння часткою на ринках послуг та досягнення лідерства; – розвинута інтеграція наявних бізнесів діючих корпорацій і компаній.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Matiychuk, O., Babenko A, Yanovsky P, Sulyma L. Estimation of transport accessibility of the Capital Economic Region / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.-2017. - Vol. 2, Issue 3 (86).- P. 31-40. doi: [10.15587/1729-4061.2017.98118](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.98118)

2. Bosov, A. Formation of separate optimization models for the analysis of transportation-logistics systems / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2017. - Vol. 3, Issue 3 (87).- P. 11-20. doi: [10.15587/1729-4061.2017.103220](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.103220)

3. Панасенко Е. В. Логистика: персонал, технологии, практика. — 1-е. — Москва: Инфра-Инженерия, 2011. — С. 224. — ISBN 978-5-9729-0034-3.

Яєлінський Віктор Петрович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри підйомно-транспортного і робототехнічного обладнання, Державний університет “Одеська політехніка”, м. Одеса, e-mail: v.p.yaglinskiy@opu.ua;

Кравцов Едуард Давидович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри машинознавства і деталей машин, Державний університет “Одеська політехніка”, м. Одеса, e-mail: viknatvov@gmail.com;

Озджон Муту – студент-бакалавр, Галузеве машинобудування, Державний університет “Одеська політехніка”, м. Одеса, e-mail: viknatvov@gmail.com.

ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF LOGISTICS OF TRANSPORT SYSTEMS

Abstract

The current market of logistics services in the field of freight transport operations in the world is analyzed and the process of radical and fundamental changes through the cardinal influence on the role and scale of activity of its participants and the structure of their relations is revealed. It is pointed out that the production systems are insufficiently integrated, the volume of commercial transportation by road is reduced by 25 %, and the turnover is reduced by 15 %. Prospects for the development of transport and logistics systems are identified.

Key words: Market, globalization, outsourcing, subcontracting, energy flows, optimization

Yaglinskiy Viktor Petrovych - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Lifting and Transport and Robotic Equipment, Odessa Polytechnic State University, Odessa, e-mail: v.p.yaglinskiy@opu.ua;

Kravtsov Eduard Davydovych - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Mechanical Engineering and Machine Parts, Odessa Polytechnic State University, Odessa, e-mail: viknatvov@gmail.com;

Ozjon Mutu - Bachelor's student, Branch Engineering, Odessa Polytechnic State University, Odessa, e-mail: viknatvov@gmail.com

ОПТИМІЗАЦІЯ ФОРМИ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ СТРІЛИ КРАНА-МАНІПУЛЯТОРА

¹Державний університет "Одеська політехніка"

Анотація

Проаналізовано поточний ринок компоновочних схем сучасних крано-маніпуляторів з різноманітними варіантами форм поперечного перерізу стріл, які впливають на умови міцності і стійкості. Розглянуто переваги кожної з форм і технологічні можливості. Виявлено нові найбільш оптимальні конструкції профілів поперечних перерізів телескопічних стріл, так названі овоїдні профілі, в яких вдало використана арокна форма. Верхній пояс перетину секції під навантаженням стріли працює на розтяг, а нижній пояс перетину – на стиск. При цьому бічні стінки стріли не згинаються.

Ключові слова: Секція, обладнання, профіль, конструкція, максимальні напруги, кручення, вигин.

Створення оптимальних конструкцій телескопічних стріл багато в чому залежить від вибору форми поперечного перерізу стріли, що впливає як на умови міцності і стійкості, так і на технологічні можливості кожної окремої форми. Для кранів малої вантажопідйомності до 30 т в основному використовуються стріли прямокутного перетину, зварені з чотирьох плоских листів, як найбільш прості і технологічні. Для поясів використовуються листи більшої товщини, а для бічних стінок - меншої, чим досягається полегшення конструкції [1-2].

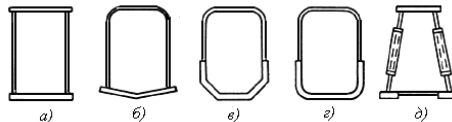


Рис. 1. Найбільш поширені профілі поперечних перерізів телескопічних стріл:

a - прямокутний (крани фірм PPM, Kato і ін.); *б* - з гнutoю нижньою полицею (крани фірми Liebherr); *в, г* - з закругленими кутами (крани фірм Kgurr і Demag); *д* - трапецієподібний (крани фірми Grove)

Для більш важких кранів поряд з конструкціями зі звичайним прямокутним перетином стріли фірми Kato (рис. 1, *a*) застосовують більш складні поперечні перерізи, які забезпечують більшу жорсткість при крученні і вигині. Запропонована фірмою Liebherr форма перетину стріли з гнutoю нижнім поясом значно збільшила її стійкість (рис. 1, *б*). Фірма Kgurr (див. рис. 1, *в*) застосовує перетин, у якого гнutoий потовщений нижній пояс також дозволяє знизити центр ваги поперечного перерізу і зменшити напругу в стислому нижньому поясі. Скошені нижні кути в перерізі (45°) і закруглені по великому радіусу верхні кути зводять до мінімуму місцеві напруги. Поперечний переріз стріл фірми Demag (див. рис. 1, *г*) забезпечує такий же ефект, що і конструкція стріл фірми Kgurr. Секції стріл зварюються з двох фасонних профілів з закругленими кутами, причому верхня частина перетину виготовляється з більш тонкого фасонного прокату, а нижня частина - з більш товстого. Фірма Grove (див. рис. 1, *д*) на кранах вантажопідйомністю 40 т і вище застосовує телескопічні стріли з трапецієдальним перетином [3-4].

Завдяки конструкторським розробкам і використанню новітніх розрахунків із застосуванням комп'ютерних програм сучасних автоматизованих систем проектування з'явилися нові конструкції профілів поперечних перерізів телескопічних стріл, так названі «овоїдні профілі» (рис. 2). Такі профілі з'явилися зовсім недавно і представили абсолютно новий технічно не доступний раніше профіль [5]. Профіль поперечного перерізу стріли у вигляді овоїда доповнив

прямокутний, який на певному етапі вичерпав свої можливості для максимально можливих вантажних характеристик телескопічних стріл відповідного класу.

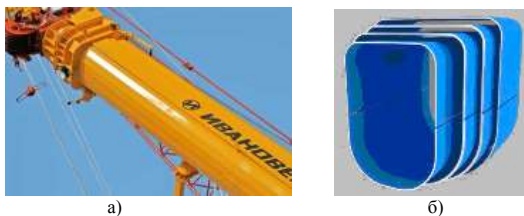


Рис. 2. Телескопічна стріла з поперечним перерізом овоїдної форми (а) і різновиди овоїдних форм (б)

Конструкція овоїдного профілю працює таким чином, що верхній пояс перетину секції під навантаженням стріли працює на розтяг, а нижній пояс перетину – на стиск. При цьому бічні стінки стріли не згинаються. Крім того, для нижнього силового пояса перетину секції вдало використана арочна форма, яка, як відомо, дуже добре працює на стиск. Новий комбінований профіль перерізу конструктивно складається з двох напівкоробів, а саме: верхнього прямокутного з округленими кутами і нижнього, що нагадує напівеліпс. Кожний профіль працює на розтягування та тиск і тому для кожної стріли прораховується індивідуально.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Малютин Л.Л. Крановые стрелы. В поисках компромисса.// Основные Средства. 2009. № 11.
2. Hydraulic Excavator ZAXIS450-3. Parts Catalog. – Hitachi Construction Machinery Co., Ltd, 2006. – 501 pg.
3. Palis S. Anti-Sway System for Slewing Cranes / Stefan Palis, Frank Palis, Mario Lehnert // 22nd International Symposium on Automation and Robotics in Construction ISARC. – Ferrara, 2005. – pp. 9–18.
4. Kalweit C. Mehr als ein Ersatz für den Neckarhafen / Christian Kalweit // Hebezeuge Fördermittel. – 2007. – №5. – ss. 254–255.
5. <https://os1.ru/article/7533-kranovye-strely-v-poiskah-kompromissa>

Яглінський Віктор Петрович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри підйомно-транспортного і робототехнічного обладнання, Державний університет “Одеська політехніка”, м. Одеса, e-mail: v.p.yaglinskiy@opu.ua;

Гутиря Сергій Семенович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри машинознавства і деталей машин, Державний університет “Одеська політехніка”, м. Одеса, e-mail: hutyria@opu.ua;

Кул Онуір – студент-бакалавр, Галузеве машинобудування, Державний університет “Одеська політехніка”, м. Одеса, e-mail: viknatvov@gmail.com.

OPTIMIZE SHAPE OF THE JIB CRANE-MANIPULATORS

Abstract

The current market of layout schemes of modern crane-manipulators with various variants of forms of cross section of arrows influencing conditions of durability and stability is analyzed. The advantages of each of forms and technological possibilities are considered. The new most optimal designs of cross-sectional profiles of telescopic arrows, the so-called ovoid profiles, in which the arched shape was successfully used, have been discovered. The upper section belt under the boom load is tensile, and the lower section belt is compressed. The side walls of the arrow are not bent.

Key words: Section, equipment, profile, construction, maximum stresses, torsion, bending

Yaglinskiy Viktor Petrovych - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Lifting and Transport and Robotic Equipment, Odessa Polytechnic State University, Odessa, e-mail: v.p.yaglinskiy@opu.ua;

Hutyria Serhiy Semenovych - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Mechanical Engineering and Machine Parts, Odessa Polytechnic State University, Odessa, e-mail: hutyria@opu.ua;

Cool Onur - Bachelor's student, Branch Engineering, Odessa Polytechnic State University, Odessa, e-mail: viknatvov@gmail.com

НОВА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ КОМПЛЕКСНОЇ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ

Національний транспортний університет

Анотація: Розглянута та обґрунтована нова постановка задачі комплексної структурно-параметричної оптимізації транспортної системи. Доведено необхідність запровадження нового підходу та визначено основні відмінності нової постановки задачі від традиційної з огляду на потреби синтезу інноваційних транспортних систем.

Ключові слова: транспортна система, структурно-параметрична оптимізація, постановка задачі оптимізації.

Питання досягнення найвищих значень основних показників функціонування (продуктивність, швидкість, швидкодія, безпечність, надійність екологічність, енергоефективність тощо) належить до категорії багатфакторних проблем. Воно передбачає процес спрямованого вибору та реалізації впродовж всього часу створення і функціонування системи таких значень факторів, які впливають на досягнення цих показників.

За факту наявності наперед заданих матеріалів, параметрів і показників елементів транспортної системи, факторами, що чинять вплив на її загальні показники функціонування, є структури, стан та закони змін технічних систем, що забезпечують функціонування і забезпечення цих транспортних систем. Відповідно, проблема забезпечення гранично високих показників функціонування транспортної системи в кінцевому варіанті зводиться до розв'язання задачі комплексної оптимізації відповідних елементів транспортної системи в межах всіх етапів їх життєвого циклу та більш високих за ієрархією циклів.

Відповідно до наведених вище визначень, головна кінцева мета транспортної системи – забезпечення переміщення вантажів та пасажирів із дотриманням наперед заданих параметрів та обмежень на такі перевезення.

Таке поняття є дещо ширшим у порівнянні із запропонованими раніше, водночас воно їх не скасовує, а лише доповнює. Розширення поняття транспортних систем продиктоване необхідністю розгляду транспортних систем з оглядом на всю множину можливих рішень на всіх етапах їх появи, розвитку, а також для подальшого виділення систем з вищим рівнем автоматизації. Базуючись на результатах досліджень загальної теорії систем [1,2,3,4] та теорії оптимізації [1], загальну схему підходу до комплексної оптимізації можливо навести у вигляді, зображеному на рисунку 1, на якому графами зображаються структури, а діаграмами схематично зображаються зміни параметрів у часі. Лінії та стрілки позначають зв'язки та залежності. Даний рисунок наочно ілюструє відмінності розв'язання задач комплексної структурно-параметричної оптимізації в межах життєвого та більш високих ієрархічних циклів від методів, які використовуються для розв'язання подібних задач в поточному періоді. Наразі для цих цілей зазвичай підходять з точки зору точкових удосконалень – так званої локальної оптимізації.

Зазначені відмінності полягають у тому, що для синтезу комплексно оптимальної транспортної системи необхідно забезпечити можливість відшукування комплексно оптимальних рішень на повній області можливих як структурних, так і параметричних рішень в межах надсистеми, самої системи та підсистеми. Тут слід звернути увагу саме на розгляд всієї області можливих рішень, а не її певної обмеженої частини. Тому для вирішення задач інноваційного розвитку транспортної системи країни неможливо застосовувати існуючі методи, що переважно орієнтовані на відшукування локально оптимальних рішень при оптимізації складних систем. Для розв'язання цієї задачі необхідно розробляти нові підходи та методи, які базуватимуться на теоретичному підході і власних принципах організації. Беручи до уваги той факт, що

транспортна система країни є складною великою антропо-техніко-економічною системою, принципи, які повинні лягти в основу цих методів, визначаються з наступних умов і обмежень:

1. Використання системно-процесного підходу як основи методології;
2. Застосування теоретичних методів через обмеження, що не дозволяє проводити повномасштабні експерименти з метою визначення повної області можливих рішень;
3. Визначення повноти інформації про область можливих рішень і місці екстремума.

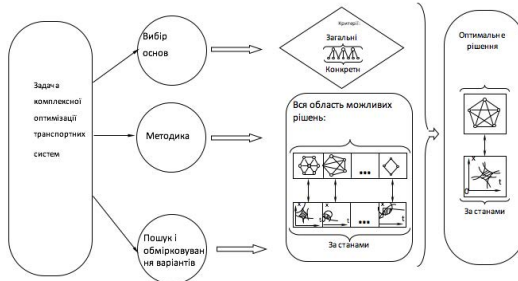


Рисунок 1. Схема розв'язання задачі комплексної оптимізації

Задача інноваційного розвитку транспортної системи зводиться до набуття транспортною системою гранично-високих значень головних параметрів її функціонування. Вирішення цієї задачі передбачає вибір структури і параметрів всіх компонентів з врахуванням технічних, економічних, екологічних і інших показників. Вона може бути двох видів: пошуковою (проектною) або типовою. Пошукова задача має за мету відшукування та реалізації скритих резервів підвищення показників функціонування, а проектна полягає в застосуванні тих технічних і технологічних рішень та способів підвищення основних показників функціонування транспортної системи, які забезпечують вихід системи на задані показники Простір області оптимізації, отримане в результаті використання принципу тріади тріад принципово зображений на рисунку 1. Для комплексної оптимізації слід розглядати тріади:

1. Ієрархічний рівень – систему, надсистему та підсистему (складові);
2. Фази життєвого циклу: минулу, поточну та майбутню;
3. Функції системи: основні (цільові), забезпечуючі (допоміжні) та керуючі.

Далі наведено перелік умов формалізованої постановки задачі комплексної оптимізації, а саме: призначення системи; основні вимоги щодо структури системи; головні параметри очікуваних функцій системи; системні обмеження (соціальні, технічні, економічні, екологічні, безпекові тощо); умови реалізації за критеріями часу, простору, фізичним принципам тощо.

Зазначене визначає загальний підхід та напрямок формування методології інноваційного розвитку транспортної системи країни, який застосовано в даній роботі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тернюк Н.Э. Основы комплексной оптимизации технологических систем для производства зубчатых колес: дис. ... доктора техн. наук: 05.02.08 / Тернюк Николай Эммануилович. – Харьков, 1983. – 433 с.
2. Флейшман Б.С. Основы системологии / Б.С. Флейшман. – М.: Радио и связь, 1982. – 368 с.
3. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, И. Такараха // Общя теория систем. – М., 1973. – С. 15–48.
4. Колесников Л.А. Основы теории системного подхода / Л.А. Колесников. – К.: Наукова думка, 1988. – 176 с.

Красноштан Олександр Михайлович, к.т.н., доцент, Національний транспортний університет, м. Київ, olexander.krasnoshtan@gmail.com

NEW FORMULATION OF THE PROBLEM OF COMPLEX STRUCTURAL- PARAMETRIC OPTIMIZATION OF THE TRANSPORT SYSTEM

Annotation: The new formulation of the problem of complex structural-parametric optimization of the transport system is considered and substantiated. The necessity of introduction of the new approach is proved and the basic differences of new statement of a problem from traditional considering requirements of synthesis of innovative transport systems are defined.

Key words: transport system, structural-parametric optimization, optimization problem statement.

Krasnoshtan Olexander, associated professor, National transport university, Kyiv,
olexander.krasnoshtan@gmail.com

O. Gryshchuk¹
 A. Petryk¹
 A. Kozlov¹
 M. Holovatiuk¹

IMPLEMENTATION OF ORGANIZATIONAL PRINCIPLES OF MANAGEMENT OF THE PROCESS OF EXPORT TRANSPORTATION OF GRAIN CARGO

¹National Transport University

Abstract

The peculiarities of creation of consolidated consignments are considered, scientific perspectives on development of technological and structural bases for improvement of infrastructural maintenance of international transportations are outlined, and transport service of grain cargo flows is modelled with use of the basic theoretical positions of systems of queuing, random demand for transport services. The functioning of transport systems under the condition of batch receipt of service requirements is analyzed, the possibility of introduction of the developed mathematical methods for coordination of the coordinated administrative decisions concerning service of export grain cargo flows is substantiated.

Key words: optimization of structural indicators, grain cargo flows, transport services, operational characteristics, consolidated consignment, international traffic.

One of the urgent tasks of research of production systems of export direction is not only to determine the optimal level of reliability of transport services, but also to assess the efficiency of transportation [1]. Using the diagram of the intensity of transitions in the theory of queuing, it became possible to determine the operational characteristics of production systems of flow technology of unloading [2]. And using known mathematical dependences, the results are obtained in the form of a matrix of solutions for the variable p over time $[t_1, t_2]$, which contains s solutions implemented in the MathCAD environment and has the form $Z: = rkfixed(p, t_1, t_2, s, D)$. Possible variants of the structure of production systems may be the situation in the case of batch receipt of requirements or the case when to meet one requirement requires the presence of several service channels [3]. The total number of requirements coming to the system for time t is equal to

$$X_t = \sum_{k=1}^{K_t} N_j, \quad \text{provided } K_t > 0, \quad (1)$$

where K_t – the number of groups of applications coming into the system during the period t ;
 N_j – the number of transport service requirements in each j -th group.

The random variable K_t characterizes the number of additional vehicles involved in the system for the period t , defined as y , and n is the required number of own vehicles required by the transport system. The random variable X_t is called the process of accumulation of applications for transport services and is the sum of random terms. In the conditions of centralized supply for transportation of grain crops, the value of X_t characterizes the demand for vehicles in the transport system, that is determines the intensity of the incoming flow. Denote the mathematical expectation and variance of the random variable K_t by $m_t = M(K_t)$ and $D_t = D(K_t)$, and the parameter N_j by $m_x = M(N_j)$ and $D_x = D(N_j)$ and find the mathematical expectation and variance of X , which will be calculated through the corresponding characteristics of the values of K_t, N_t .

$$m_x(t) = M(X_t) = \sum_{n=1}^{\infty} M(X_t / K_t = n) p_n(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \left[\sum_{i=1}^n M(N_i) \right] p_i(t) = m_x \sum_{n=1}^{\infty} n p_n(t) = m_x m_t. \quad (2)$$

Using $m_x(t)$ and $M(N_i^2)$, we obtain a mathematical expression to determine the variance of X_i

$$D_x(t) = m_x^2 M(X_i^2) + D_x m_i - (m_x m_i)^2 = m_x^2 \left[M(K_i^2) - m_i^2 \right] + D_x m_x = m_x^2 D_i + D_x m_x, \quad (3)$$

The use of mathematical dependencies (1 – 3) makes it possible to determine the average value of the required number of operating vehicles, provided the batch receipt of service requirements. The practical application of the obtained mathematical dependences is considered on the example of the use of road transport to create a consolidated consignment of grain cargo of international orientation. In the functionality of the task of obtaining the maximum profit of such a transport system, the following values are characterized as income and expenses associated with the operation of vehicles: A – income from the performance of transport services by one car; B – operating costs for the operation of one car for the specified period; C – costs associated with downtime of vehicles due to lack of work; D – operating costs of the additionally involved car; E – possible loss of profit due to non-fulfilment of the order per one car. Numerical values of values A, B, C, D are calculated according to known mathematical dependences taking into account the impact of changes in tariffs and costs. The distribution of the function of the ratio of the number of available and borrowed vehicles, taking into account the corresponding costs is described by a mathematical dependence

$$f(n, X_t, y) = \begin{cases} (A-B)X_t - C(n-X_t), & X_t \leq n; \\ (A-B)X_t - D(X_t - n), & n+1 \leq X_t \leq n+y; \\ (A-B)(X_t + y) - Dy - E(X_t - n - y), & X_t \geq n+y+1. \end{cases} \quad (4)$$

The average profit per unit of time on the example of a transport company was defined as the difference between the profit from the sale of services and costs, taking into account the possible loss of profit from the lack of cars. The process of accumulation of the combined consignment of grain was modelled on the example of its deliveries from fifteen $\lambda = 15$ senders, when from each of them the specified cargoes are transported by five ($v = 5$) cars. In this case, the trucking company, taking into account the random nature of the demand for transport services, uses the opportunity to rent up to thirty ($\mu = 30$) cars with a capacity of $q = 20$ tons (Fig. 1).

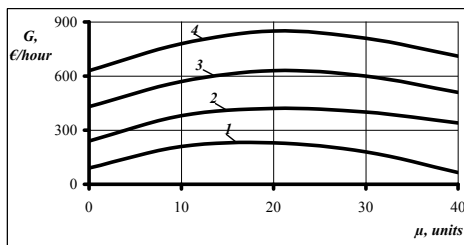


Fig. 1. Dependence of the company's profit on the number of reserve cars under the condition of the intensity of receipts, units/hour: 1 - $\lambda = 2$; 2 - $\lambda = 3$; 3 - $\lambda = 4$; 4 - $\lambda = 5$

According to the calculations, when accumulating a grain consignment in terms of the intensity of the requirements $\lambda = 2 \dots 5$ units/hour, $v = 5$ units/hour, the optimal value of the reserve rolling stock μ , which could potentially be involved in transport services, is in the range from 15 to 22 cars. That is, with the increase in the volume of potential transport services, the share of reserve cars decreases. The obtained results testify to the expediency of organizing the transport process of transportation with the constant activity of a single centre of operational management. The use of the proposed methodology provides an opportunity to optimize material and

financial resources under the condition of batch receipt of service requirements. Based on the results of the calculations, the main directions of scientific research are determined in order to develop methods for organizing and managing the system of centralized transportation of grain crops. The use of various forms of profitable cooperation with partners in the organization of transport services defined taking into account the forms of ownership, market relations, tariff policy and marketing of export supplies, should create conditions for attracting additional exports and transit of grain.

REFERENCES

1. Prokudin G., Chupaylenko O., Dudnik O., Dudnik A., Omarov D. Improvement of the methods for determining optimal characteristics of transportation networks//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. N. 6/3 (84). P. 54-61.
2. Danchuk, V., Bakulich, O., Svatko, V. Identifying optimal location and necessary quantity of warehouses in logistic system using a radiation therapy method//Transport – 2019. N 34(2). P. 175–186. (Ukr).
3. Strategies of transformational changes of motor transport enterprises: monograph [Electronic resource] / V.V. Bilichenko, V.O. Ohnevyy – Vinnytsya: VNTU, 2019. – 140 p. (Ukr).
Gryshchuk Oleksandr, PhD, professor, Professor of Departments Tourism, National Transport University, Kiev, tarandushkal@ukr.net
Petryk Anatoliy, PhD, docent, Docent of Department of International Transportation and Customs Control, Kiev, anv.petruk@gmail.com
Kozlov Arkadiy, Docent of Department of International Transportation and Customs Control, Kiev, hoome3969@gmail.com
Holovatiuk Mykhailo, Assistant of Department of International Transportation and Customs Control, Kiev, golovatiukmichailo@gmail.com

ВПРОВАДЖЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ПРИНЦИПІВ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ЕКСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ

Анотація

В роботі розглянуті особливості створення консолідованих партій вантажів, змодельовано транспортне обслуговування зернових вантажопотоків з використанням основних теоретичних положень систем масового обслуговування, запропоновані математичні моделі для оптимізації структурних показників транспортних систем при наявності випадкового попиту на транспортні послуги. Проаналізовано функціонування транспортних систем за умови пакетного надходження вимог на обслуговування, обґрунтована можливість впровадження розроблених математичних методів для координації узгоджених управлінських рішень щодо обслуговування експортних зернових вантажопотоків.

Ключові слова: оптимізація структурних показників, зернові вантажопотоки, транспортне обслуговування, операційні характеристики, консолідованої партії вантажів, міжнародне сполучення.

Гришук Олександр Казимірович, к.т.н., професор, професор кафедри туризму, Національний транспортний університет, м. Київ, gryshchuk@ntu.edu.ua

Петрик Анатолій Васильович, к.т.н., доцент, доцент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м. Київ, anv.petruk@gmail.com

Козлов Аркадій Костянтинович, доцент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м. Київ, hoome3969@gmail.com

Головатюк Михайло Вікторович, асистент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м. Київ, golovatiukmichailo@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

¹ Національний університет «Запорізька політехніка»

Анотація

Запропоновано стенд дослідження енергетичних характеристик електроприводів електромобілів. Розроблений стенд дозволяє проводити заміри витраченої електричної та механічної потужності при варіюванні частоти обертання валу двигуна. Отримані дані дозволяють синтезувати закон керування приводом з мінімальним споживанням електроенергії.

Ключові слова: електропривод, електромобіль, енергія, лабораторний стенд, система керування.

Вступ

В умовах високої конкуренції на ринку електричних транспортних засобів (ЕТЗ) виробникам необхідно боротися за високі показники керованості і енергоефективності розробленого ними транспортного засобу [1-2].

Результати дослідження

З метою отримання енергетичних характеристик електроприводів ЕТЗ розроблено стенд, структурна схема якого представлена на рисунку 1. Стенд складається з трьох основних підсистем: підсистема керування (1,2,3), механічна підсистема (4,5) і вимірювальна підсистема (6,7,8). Разом вони забезпечують можливість вимірювання електромеханічних параметрів досліджуваного електроприводу: крутний момент на валу двигуна М1, показники струму та напруги ланки постійного струму перетворювача частоти. Вказані параметри використовуються при визначенні витрат енергії для відпрацювання завдання по моменту на цьому електроприводі. На розробленому стенді проведено дослідження енергетичних характеристик асинхронного електропривода потужністю 1,1 кВт. Результати приведені у таблиці 1.

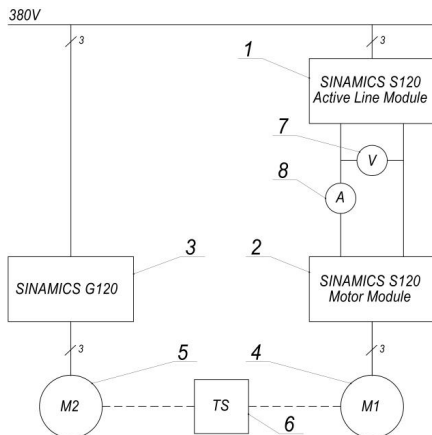


Рис. 1 – Структурна схема розробленого стенду.

Таблиця 1- Результати фізичного експерименту на розробленому стенді

U, В	I, под.	M, ол. АЦП	M, Н*м	I, А	Рел, Вт	Рмех, Вт	ККД, %
600	10	14354	0,29	0,5	300	37,45	0,12
600	15	19776	1,44	0,75	450	188,96	0,42
600	20	24514	2,46	1	600	321,36	0,54
600	25	28916	3,40	1,25	750	444,37	0,59
600	30	33225	4,32	1,5	900	564,78	0,63
600	35	37032	5,13	1,75	1050	671,16	0,64
600	40	40804	5,94	2	1200	776,57	0,65
600	45	44407	6,71	2,25	1350	877,25	0,65
600	50	48137	7,50	2,5	1500	981,48	0,65
600	55	51623	8,25	2,75	1650	1078,89	0,65
600	60	54970	8,96	3	1800	1172,42	0,65
600	65	58014	9,61	3,25	1950	1257,48	0,64
600	70	61343	10,32	3,5	2100	1350,51	0,64

Висновки

Розроблений лабораторний стенд дозволяє вимірювати споживану частотним приводом електричну потужність при варіюванні частоти обертання валу двигуна та створюваного ним моменту. Отримані за допомогою стенду графіки, що описують залежність ККД від моменту при фіксованій частоті обертання, мають максимуми, зумовлені перерозподілом електричних і електромагнітних втрат при збільшенні частоти обертання валу двигуна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. O. Nazarova, V. Osadchyy and V. Brylysty, "Research on the Influence of the Position of the Electric Vehicles Mass Center on Their Characteristics," 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP), Kremenchuk, Ukraine, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/PAEP49887.2020.9240824.
2. Осадчий, В.В. Структура системи управління 4-х приводної силової установки для електричних транспортних средств / В.В. Осадчий, Е.С. Назарова, В.В. Брылистый / Проблемы региональной энергетики (специальный выпуск), 2019. – № 1-2(41) 2019. – С. 65-73. doi: 10.5281/zenodo.3239150

Брылистий Віктор Вікторович — аспірант кафедри електропривода і автоматизації промислових установок НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, e-mail: 77vitya77@gmail.com

Назарова Олена Сергіївна — канд. техн. наук, доцент кафедри електропривода і автоматизації промислових установок НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, e-mail: nazarova16@gmail.com

Осадчий Володимир Володимирович — канд. техн. наук, доцент кафедри електропривода і автоматизації промислових установок НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, e-mail: w.osadchyy@gmail.com.

RESEARCH OF ENERGY CHARACTERISTICS OF ELECTRIC VEHICLES

Abstract

The stand of research of power characteristics of electric drives of electric cars is offered. The developed stand allows to carry out measurements of the spent electric and mechanical power at variation of frequency of rotation of a motor shaft. The obtained data allow to synthesize the law of control of the drive with the minimum consumption of the electric power.

Keywords: electric drive, electric car, energy, laboratory stand, control system.

Brylysty Viktor V. — postgraduate of Department of electric drive and automation of industrial equipment, Zaporizhzhia Polytechnic National University.

Nazarova Olena S. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of electric drive and automation of industrial equipment, Zaporizhzhia Polytechnic National University

Osadchyy Volodymyr V. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of electric drive and automation of industrial equipment, Zaporizhzhia Polytechnic National University

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ МІСЬКОГО АВТОБУСА ВЕЛИКОГО КЛАСУ

Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація. Сформовано комплекс конструктивних елементів системи опалення великого міського автобуса. Розглянуто питання забезпечення мікроклімату в салоні автобуса згідно нормативних документів. Встановлено оптимальний температурний рівень повітря в салоні. Проведено теоретичні розрахунки основних параметрів термодинамічної системи для цього класу автобусів.

Ключові слова: опалення салону, температурний режим, теплові втрати, тепловий баланс.

Створення комфортних умов водієві та пасажирам і виконання вимог, представлених в міжгалузевих правилах по мікрокліматичних умовах при експлуатації пасажирського транспорту загального користування, є сьогодні актуальним питанням. В Україні нормативної бази по мікроклімату в салонах автобусів загального користування, як такої, наразі немає. Тому при проектуванні використовуються та можуть застосовуватись європейські, німецькі, російські чи американські стандарти [1].

Впродовж останніх років, в Україні в деяких містах за гроші Європейського інвестиційного банку відбувається оновлення рухомого складу комунального міського транспорту. До складу цих міст входить і місто Львів, яке на сьогоднішній день експлуатує 115 автобусів львівського виробництва марки Електрон А18501 в ЛКП АТП №1. Нажаль, в ході експлуатації виникає низка проблем із системою опалення автобуса. На рис. 1 показано циркуляцію теплових потоків в салоні автобуса під час роботи системи опалення. Із моделі видно, що в нижній частині салону виникають зони турбулентності. Тому тематикою даної наукової роботи є дослідження системи опалення та теплового балансу в салоні автобуса вище вказаної моделі.

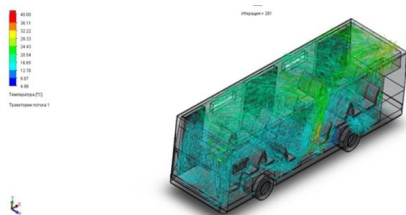


Рис. 1 Пасажирський салон та робочий відсік водія автобуса з зонами комфорту

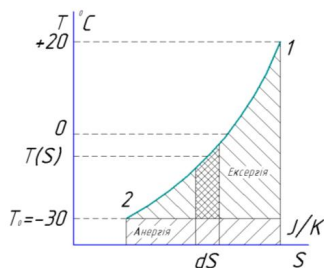


Рис. 2 Крива ексергії термодинамічної системи

За допомогою ексергетичного аналізу ми визначаємо (рис. 2 крива ексергії) наскільки наша термодинамічна система є корисною. Важливо також враховувати, що повітряне середовище пасажирського приміщення автобуса забруднюється пилом, який проникає із навколишнього середовища та піднімається із забрудненої підлоги; відпрацьованими газами та продуктами згорання оливи і фарб, парами палива, які проникають в салон через нещільності люків і стінок та із зовнішнього середовища та ін. Умовно приймається, що одна людина виділяє [2, 3]: вуглекислоти 20-23 л/год, тепла 110-120 ккал/год і вологи 40-280 г/год.

Таблиця 1. Результати розрахунків ескергетичним методом

№	Назва параметра	Позначення	Одиниця виміру	Розрах. значення
1.	Втрати ескергії внаслідок різниці температур	D	кВт	-4,47
2.	Питома енергія потоку повітря	e	Дж/кг	-2970
3.	Результуюча ескергія	E	кВт	-1,064
4.	Максимальне значення ескергії	E _{max}	кВт	-2,376
5.	ККД ескергії термодинамічної системи	η	%	35

Наявність значних втрат пояснюється тим, що міський автобус під час роботи на маршруті здійснює велику кількість зупинок, під час яких відбувається надходження повітря в середину салону. Також це можна пояснити тим, що сама система опалення має дещо неправильну конструкцію, тобто можливе неправильне розміщення опалювальних приладів та т.п.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Л. Крайник, Ю. Гай. Мікроклімат салону автобуса. Формування нормативної бази. Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні: тези доповідей III-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції, Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. С. 14-15.

2. ДСТУ Б EN ISO 7730: 2011. Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту, 2011, 74 с.

3. ANSI/ASHRAE standard 55-2004. (2004). Thermal environmental conditions for human occupancy. – Atlanta.: American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers, 34 p.

Войчишин Юрій Іванович, аспірант кафедри автомобілебудування, НУ «Львівська політехніка, Львів, Jurko-Q@ukr.net;

Яковенко Євгенія Ігорівна, доцент, к.т.н., доцент кафедри електронних засобів інформаційно-комп'ютерних технологій, НУ «Львівська політехніка», Львів, yevheniia.i.Yakovenko@lpnu.ua;

Горбай Орест Зенонович, професор, д.т.н., зав. кафедри автомобілебудування, НУ «Львівська політехніка», Львів, Orest_60@yahoo.ca.

FEATURES OF THEORETICAL RESEARCH THE HEATING SYSTEM OF LARGE CITY BUS

Abstract: A set of structural elements of the heating system in the bus has been formed. The issue of providing a microclimate in the bus cabin is considered. The temperature of the air in the cabin is set. The complex of theoretical calculations of parameters of quantity of air of thermodynamic system is created.

Keywords: compartment heating, temperature condition, warmth loss, heating balance, exergie.

Yurii Voichyshyn, graduate student of the Department of Automotive Engineering, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Jurko-Q@ukr.net;

Eugenia Yakovenko, docent, PhD, Associate Professor of Department of Electronic Information and Computer Technologies, Lviv Polytechnic National University, Lviv, yevheniia.i.Yakovenko@lpnu.ua;

Orest Horbai, professor, Doctor of Technical Sciences, head of the department of Automotive Engineering, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Orest_60@yahoo.ca.

В. О. Коваленко¹
В. І. Алксєєв²
І. С. Варченко¹
В. В. Стрижак¹
М. Г. Стрижак¹
Bernhard Heiden³
Bianca Tonino-Heiden⁴

ПЕРСПЕКТИВИ І АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ RFID ТЕХНОЛОГІЙ І СИСТЕМ YMS ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТОМ І ВАНТАЖАМИ В ЛОГІСТИЧНИХ ТЕРМІНАЛАХ

¹ Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

² Факультет машинобудування, Університет Лейбніца, Ганновер, Німеччина

³ Studiengang Industrial Engineering and Management, Carinthia University of Applied Sciences, Villach, Austria

⁴ Philosophy Institute, University of Graz, Graz, Austria

***Анотація.** Метою даної роботи є дослідження ролі і функцій RFID-технологій в контексті Індустрії 4.0. На основі прикладів з української та європейської галузей по впровадженню RFID технологій визначена її роль в різних виробничих і логістичних процесах. У практичній частині представлена універсальна фізична модель RFID-складу. Він об'єднує різні можливості застосування RFID-технологій в сучасній промисловості та може бути використаний в освітніх і консультаційних цілях. На основі цієї моделі в програмі моделювання AnyLogic виконується моделювання такого складу з метою аналізу можливих складнощів впровадження RFID-технологій в реальні процеси. У висновках представлені результати роботи і перспективи можливих майбутніх рішень на основі RFID.*

Ключові слова. логістика, RFID-технологія, індустрія 4.0, моделювання, склад, YMS

RFID технологія - це технологія безконтактної ідентифікації предметів з використанням передачі радіохвиль. Типова RFID-система складається з в транспондера (чип), де ця інформація зберігається, приймача (зчитувача), який приймає сигнал від транспондера за допомогою радіохвиль. Отримана інформація може додатково передаватись від зчитувача до комп'ютера для подальшої обробки (наприклад, з'єднаної з в базі даних) [1-3].

Метою даної роботи є реалізація базової логістичної моделі і на основі прототипу. Питання дослідження: за допомогою яких функціональних елементів може бути побудована така модель, а саме фізична модель і прототип, відповідна цифрова симуляція, яка зображує промисловий або комерційний варіант використання, основу освітнього логістичного додатка.

Мету досягнуто шляхом аналізу стану технологій, пов'язаних з цифровою передачею даних в логістиці, створенням фізичної моделі; комп'ютерним моделюванням в програмі AnyLogic.

Модель, що базується на RFID-технології була створена в два етапи – віртуальна модель, що дозволяє прогнозувати і планувати виробничі витрати, а також аналізувати можливі ризики і фізична модель для дослідження проблем впливу зовнішніх радіосигналів, ріднин, металів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Hanisch K., Persico G., Germann K., 2020. 3D Engineeringtools zur Planung, Visualisierung und Simulation von Krananlagen im Kontext Industrie 4.0, in: Kran 4.0: Potenziale der Digitalisierung, Begleitband zur 28.Internationale Kranfachtagung, Magdeburg: Universität Magdeburg , p.p. 193-203.
2. Finkenzeller K., 2010. RFID Handbook, John Wiley & Sons, Ltd.
3. Lahiri S., 2006. RFID Source Book, IBM Press

Коваленко Валентин Олександрович, к. т. н., проф., завідувач кафедри «Підійомно-транспортні машини і обладнання» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна, potap8072@gmail.com;

Алексєєв Володимир Ігоревич, магістрант, Факультет машинобудування, Університет Лейбніца, Ганновер, Німеччина;

Варченко Іван Сергійович, к. т. н., доцент кафедри «Підійомно-транспортні машини і обладнання» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна;

Стрижак Всеволод Вікторович, к. т. н., доцент, доцент кафедри «Підійомно-транспортні машини і обладнання» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна;

Стрижак Мар'яна Георгіївна, к. т. н., доцент, доцент кафедри «Деталі машин і гідропневмосистеми» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна;

Bernhard Heiden, Professor of Production Engineering at the Carinthia University of Applied Sciences (CUAS), Villach, Austria;

Bianca Tonino-Heiden, Ph.D. Student in Philosophy, Philosophy Institute, University of Graz, Graz, Austria.

PROSPECTS AND CURRENT PROBLEMS OF IMPLEMENTING OF RFID TECHNOLOGIES AND YARD MANAGEMENT SYSTEMS (YMS) TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF TRANSPORT AND FREIGHT MANAGEMENT IN LOGISTICS TERMINALS

***Annotation.** The goal of this paper is to investigate the prospects for implementing RFID technology and YMS in modern logistics processes. Based on the Ukrainian and European experience of implementing RFID technologies and YMS concepts, their role in various manufacturing and logistics processes is determined. In the practical part, a universal physical model of RFID warehouse is presented. It combines the possibilities of RFID applications in modern industry and can be used for educational and consulting purposes. Based on this model the simulation of such a warehouse is performed in software AnyLogic in order to analyze the possible difficulties of implementing RFID technology in real processes. The conclusions present the results of the work and the prospects for possible future solutions based on RFID and YMS.*

Keywords. logistics, RFID-technology, Industry 4.0, modelling, warehouse, YMS

Valentin Kovalenko is Professor and Head of the Department of Lifting and Transport Machines and Equipment (LTME) at National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute” (Kharkiv, Ukraine), potap8072@gmail.com;

Volodymyr Aliksieiev is studies Production and Logistics (M.Sc.) at Leibniz University Hannover as DAAD-Scholar;

Ivan Varchenko is Associate Professor of the Department of Lifting and Transport Machines and Equipment (LTME) at National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute” (Kharkiv, Ukraine);

Vsevolod Stryzhak is Associate Professor of the Department of Lifting and Transport Machines and Equipment (LTME) at National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute” (Kharkiv, Ukraine);

Mariana Stryzhak is an Associate Professor at the Department of Machine Parts and Hydropneumatic Systems at the National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute” (Kharkiv, Ukraine);

Bernhard Heiden is Professor of Production Engineering at the Carinthia University of Applied Sciences (CUAS) in Villach, Austria;

Bianca Tonino-Heiden is Ph.D. Student in Philosophy, Philosophy Institute, University of Graz, Graz, Austria.

ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ГАЗОВИХ ФОРСУНОК ДЛЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО БІОГАЗОВОГО ПАЛИВА

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

Анотація

Для дослідження лінійності роботи, часу реакції форсунок, опір котушки, час спрацювання, здатність підтримувати заводські характеристики та ресурсу роботи нами вибрані форсунок 4 покоління найпоширеніших виробників, а саме: Matrix; Barracuda; Valtek; Hana; Keihin.

За результатами досліджень встановлено, що за лінійністю роботи форсунок Keihin забезпечать максимальну ефективність спалювання біогазу на двигуні.

Час реакції – найвищий показник у форсунок Keihin. Форсунок Barracuda, є дуже близькими за роботою до Keihin, а отже їх використання не погіршить роботу двигуна.

Заводські характеристики форсунок, а саме опір котушки найоптимальніший у форсунках фірми Keihin, а найнижчий показники у форсунок Valtek, час реакції (спрацювання) форсунок Matrix, Hana та Keihin є досить близьким і становить 2 мс, що забезпечить швидку реакцію та спрацювання, а форсунок Barracuda та Valtek мають погіршені показники за даним параметром, здатність підтримувати заводські характеристики в межах від 2 до 5% забезпечують форсунок Keihin, Matrix та Barracuda, а найгірші показники у Valtek – це до 20%, ресурсу роботи форсунок за умови вчасного проведення обслуговування найбільший у форсунок Keihin, Matrix та Hana, що становить від 200 до 250 тис. км, а найнижчий показник у форсунок Valtek та Matrix ресурсу від 70 до 100 тис. км.

Ключові слова: двигун, альтернативні палива, біогаз, економія, форсунок, розпилення, витрата, потужність, надійність.

Використання біогазового палива на сучасному двигуні внутрішнього згоряння (ДВЗ) обладнаного газовою апаратурою 4, 5 поколінь може створити ряд труднощів. Це пов'язано із низькою теплоотою згоряння неочищеного біогазу, наявністю вологи та специфікою роботи форсунок.

Отже, питання дослідження основних параметрів та обґрунтування вибору газових форсунок для альтернативного біогазового палива є досить актуальним, вирішення якого забезпечить оптимальне ні показники роботи ДВЗ на біогазі.

Відомі праці вітчизняних науковців Матейчик В.П., Яновський В.В., Захарчук В.І., Козачук І.С., Захарчук О.В., що здійснили аналіз перспектив використання якості моторного палива – природного газу як альтернативні палив нафтового походження. Встановили, що на даний час це паливо є найбільш технологічно підготовленим для використання у ДВЗ, і як таке, що вимагає мінімальних витрат при переобладнанні двигунів для роботи на ньому [1, 2].

Одним з найбільш перспективних палив на транспорті є стиснений природний газ (СПГ). Хороші фізико-хімічні властивості природного газу, його значні запаси, розвинута мережа доставки у різні регіони країни магістральними газопроводами та екологічні переваги у порівнянні з традиційними видами палив дозволяють розглядати природний газ як найбільш перспективне та універсальне моторне паливо України XXI ст. [3].

Збільшення обсягів використання СПГ може зменшити навантаження на ринок нафтопродуктів України у 2020 році – на 7,8%, у 2030 році – на 14,4%. При цьому, прогнозуються широкі використання біогазового палива, виробництво якого в Україні має досить високі перспективи [4, 5].

Згідно даних [5] компонентний склад біогазу наступний: 50-75 % – метан; 25-50 % – вуглекислий газ; 0-3 % – сірководень; 0-10 % – азот; 0-2 % – кисень.

Переведення автомобільного транспорту на біогаз має велике економічне і екологічне значення, оскільки це звільняє ресурси рідкого палива і знижує забруднення повітряного

середовища. Оскільки, за підрахунками екологів, у великих містах біля 70% всіх шкідливих викидів в атмосферу приходиться на долю автомобілів [6, 7].

Отже, використання біогазового палива на сучасному ДВЗ, обладнаного газовою апаратурою 4, 5 покоління, потребує правильного вибору форсунок, для чого необхідно здійснити дослідження та аналіз ряду основних показників їх роботи та, на основі отриманих даних, рекомендувати їх оптимальні параметри.

У газових форсунках, як, і у бензинових, є ряд важливих параметрів, від яких залежить стабільність і рівномірність роботи двигуна, витрата палива, надійність і ін. До них відносяться: лінійність роботи; час реакції форсунок; опір котушки; час спрацювання; здатність підтримувати заводські характеристики; ресурс роботи.

Для дослідження нами вибрані форсунок 4 покоління найпоширеніших виробників, а саме: Matrix; Baccacuda; Valtek; Hana; Keihin.

За показником лінійності роботи низькі показники мають форсунок Valtek, а отже використання їх на двигунах може призвести до підвищеної витрати біогазу, зниження продуктивності двигуна та прогорання клапанів.

Високими показниками у даному аспекті досліджень володіють форсунок Keihin, а тому вони забезпечать максимальну ефективність спалювання біогазу на двигуні.

Час реакції – найвищий показник у форсунок Keihin. Форсунок Baccacuda, є дуже близькими за роботою до Keihin, а отже їх використання не погіршить роботу двигуна.

Заводські характеристики форсунок, а саме опір котушки найоптимальніший у форсунках фірми Keihin, а найнижчий показники у форсунок Valtek, час реакції (спрацювання) форсунок Matrix, Hana та Keihin є досить близьким становить 2 мс, що забезпечить швидку реакцію та спрацювання, а форсунок Baccacuda та Valtek мають погіршені показники за даним параметром, здатність підтримувати заводські характеристики в межах від 2 до 5% забезпечують форсунок Keihin, Matrix та Baccacuda, а найгірші показники у Valtek – це до 20%, ресурс роботи форсунок за умови вчасного проведення обслуговування найбільший у форсунок Keihin, Matrix та Hana, що становить від 200 до 250 тис. км, а найнижчий показник у форсунок Valtek та Matrix ресурс від 70 до 100 тис. км.

Отже, за результатами проведених досліджень, рекомендованими для застосування на двигунах у процесі їх переобладнання на газове пальне є форсунок фірми Keihin. Їх застосування забезпечить максимальну ефективність та економічність роботи двигуна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Матейчик В.П., Яновський В.В., Козачук І.С. Перевірка адекватності математичної моделі розрахунку показників двигуна з іскровим запалюванням при роботі на газовому паливі // Вісник НТУ і ТАУ, Київ –2003. - № 7. – С.55-59.
2. Матейчик В.П., Захарчук В.І., Козачук І.С., Захарчук О.В. Особливості використання природного газу як моторного палива для транспортних засобів // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2008. – С. 127-130.
3. Девянин С.Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / С.Н. Девянин, В.А. Марков, В.Г. Семенов. – Х.: Новое слово, 2007. – 452 с.
4. Устименко В. Питання енергобезпечення автотранспорту України в умовах світової енергетичної кризи / В. Устименко // Перевізник UA. – 2008. – №15. – С. 28–30.
5. Дикун Т. В. Біогаз із відходів на сміттєзвалищах як автомобільне паливо / Т. В. Дикун, Л. І. Гасва, Я. М. Дем'ячук, Т. Й. Войцехівська, Я. А. Гуцуляк // Нафтогазова енергетика. - 2018. - №1. - С. 56-60. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nge_2018_1_8.
6. Мельник В.М. Про джерела отримання альтернативного палива для двигунів внутрішнього згорання / В.М. Мельник // Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк. – 2014. – № 45. – С. 346-354.
7. Шиманський С.І. Використання біогазу як моторного палива / С.І. Шиманський, Р.В. Симоненко, Л.П. Мерживська, А.Г. Говорун // Автомобільний транспорт: Екологія. – 2013. – №6 (236). – С. 13-15.

Мельник Василь Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, vasjamel@ukr.net.

Войцехівська Тетяна Йосипівна – асистент кафедри автомобільного транспорту, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, tanya640302@gmail.com.

Сем'ячук Андрій Ігорович – студент групи АТ-18-1, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, ets2ua2016@gmail.com.

FEATURES OF CHOOSING GAS INJECTORS FOR ALTERNATIVE BIOGAS FUEL

Abstract

To study the linearity of the work, the reaction time of the nozzle, the resistance of the coil, the operating time, the ability to maintain factory performance and service life, we have selected nozzles of the 4th generation of the most common manufacturers, namely: Matrix; Barracuda; Valtek; Hana; Keihin.

According to the results of research, it is established that the linearity of Keihin nozzles will ensure maximum efficiency of biogas combustion on the engine.

The reaction time is the highest in Keihin nozzles. Barracuda injectors are very close to Keihin, so their use will not impair engine performance.

The factory characteristics of the injectors, namely the coil resistance is optimal in Keihin injectors, and the lowest in Valtek injectors, the reaction time (operation) of Matrix, Hana and Keihin injectors is quite close is 2 ms, which will ensure fast response and operation, and Barracuda injectors Valtek has degraded performance on this parameter, the ability to maintain factory performance in the range of 2 to 5% provide nozzles Keihin, Matrix and Barracuda, and the worst performance in Valtek - up to 20%, the service life of the injectors with timely maintenance is the highest in Keihin nozzles, Matrix and Hana, which is from 200 to 250 thousand km, and the lowest in the Valtek and Matrix injectors resource from 70 to 100 thousand km.

Key words: engine, alternative fuels, biogas, economy, injectors, spraying, consumption, power, reliability.

Melnyk Vasyl Mykolayovych – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Road Transport, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, vasjamel@ukr.net.

Voitsekhivska Tetyana Yosypivna – Assistant of the Department of Road Transport, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, tanya640302@gmail.com.

Semyanchuk Andriy Ihorovych – student of AT-18-1 group, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, ets2ua2016@gmail.com.

ДОДАТКОВА ГЕНЕРАТОРНА УСТАНОВКА У БОРТОВІЙ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ АВТОМОБІЛЯ

Львівський національний аграрний університет

Анотація

Подано конструктивну характеристику додаткової генераторної установки для бортової електромережі автомобілів. Визначено експлуатаційні і конструктивні параметри генератора з постійними магнітами. Доведено, що запропоноване удосконалення електромережі автомобіля, підвищує її експлуатаційну придатність. Встановлено, що додатковий генератор з постійними магнітами, краще використовувати на автомобілях, укомплектованих дизельними двигунами.

Ключові слова: постійні магніти, бортова електромережа, вібрація двигуна, вимикач, діодний міст.

Швидкі темпи розвитку підприємницької діяльності у сільському господарстві, суттєво впливають на підвищення вимог в автотранспортній сфері. Особливо, це стосується їхньої продуктивності, надійності, екологічності та економічності [1-3].

Сучасні легкові (середнього класу) і вантажні автомобілі оснащуються переважно генераторними установками, розрахованими на максимальне навантаження 50-70 А, а автомобілі підвищеного класу - до 100 А, що відповідає потужності 1,4-1,5 кВт. Тоді, як правило, витрата палива на привід генераторної установки може сягати 6%.

Відповідно до вище сказаного, нами пропонується, частково зменшити енерговитрати, знижуючи навантаження на генераторну установку бортової електромережі автомобіля та підвищення екологічних і економічних показників. А саме, встановлення у бортову електромережу автомобіля незалежного генератора, укомплектованого постійними магнітами, який працюватиме від вібрації двигуна, рис. 1.

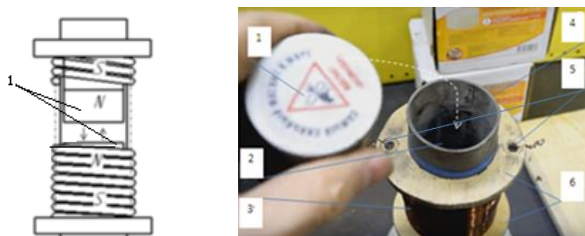


Рис. 1. Схема і загальний вигляд додаткової генераторної установки з двома постійними магнітами

Особливість даної конструкції полягає у тому, що вона не вимагає значних капіталовкладень, проста за конструктивним рішенням, малогабаритна і легко встановлюється у бортову мережу автомобіля. Сама конструкція установки складається: з пластмасового корпусу - 4, двох постійних магнітів - 1 (висотою $h = 30$ мм і діаметром $\varnothing = 50$ мм) з зусиллям притягання 1200 Н, фіксуючих вставок - 6, обмотки збудження - 3 (мідний електропровідник довжиною $l = 10$ м та діаметром $\varnothing = 0,2$ мм), простір для розміщення магнітів - 2, клеми - 5.

Дана додаткова генераторна установка повинна забезпечити електричною енергією габаритні вогні автомобіля, в режимі холостого ходу двигуна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Підгородецький Я.І., Сичевський М.І., Домінік А.М. Автомобільні транспортні засоби / Я.І. Підгородецький. – Львів: Видавництво ЛДУ БЖД, 2013.- 316 с.
 2. Автомобильные генераторы. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<http://elektrik.info/device/1283-avtomobilnyy-generator-i-ego-osobennosti.html>.
 3. Кисляков В.Ф., Лушчик В.В. Будова і експлуатація автомобілів: підручник.– К. : Либідь, 1999. – 400 с.
- Магац Мирон Іванович** к.т.н., доцент кафедри автомобілів і тракторів Львівського національного аграрного університету, Дубляни, e-mail: mirommahats@gmail.com.
- Гошко Зеновій Орестович** к.т.н., доцент кафедри сільськогосподарської техніки Львівського національного аграрного університету, Дубляни, e-mail: zdenuk@gmail.com.

ADDITIONAL GENERATOR INSTALLATION IN THE ON-BOARD POWER SUPPLY OF THE AUTOMOBILE

Abstract

The constructive characteristic of the additional generator installation for the onboard power supply of cars is given. Operational and design parameters of the generator with permanent magnets are determined. It is proved that the proposed improvement of the automobile's power supply network increases its serviceability. It is established that the additional generator with permanent magnets is better to use on the automobiles completed with diesel engines.

Keywords: permanent magnets, onboard power supply, motor vibration, switch, diode bridge.

Mahats Myron Ivanovych Ph.D., Associate Professor of automobiles and tractors, Lviv National Agrarian University, e-mail: mirommahats@gmail.com.

Hoshko Zinovii Orestovych Ph.D., Associate Professor of agricultural engineering, Lviv National Agrarian University, Dublyany, e-mail: zdenuk@gmail.com.

ПРОБЛЕМИ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

Анотація

Розглянуто необхідність розвитку вітчизняної транспортної системи та реформування транспортної інфраструктури; окреслено причини незадовільного стану інноваційної та високотехнологічної складової транспортної галузі.

Ключові слова: транспортна галузь, розвиток, технології, інновації.

Підвищення ефективності транспортного комплексу та забезпечення конкурентоспроможності галузі є одним із пріоритетних завдань для України. Глобальні тренди розвитку різних видів транспорту формуються в руслі високих технологій, інновацій та сучасних нововведень для покращення ефективності функціонування останніх.

На практиці досі існує низка проблем, що негативно відбиваються на стані транспортної галузі, зокрема, на високотехнологічному розвитку. У зв'язку з стрімким зростанням комерційних і пасажирських перевезень, завантаження мережі автомобільних доріг зростає, на деяких ділянках досягаючи критичного навантаження. Чітким є запит на покращення сукупної продуктивності транспортної системи країни, мережі автомобільних доріг та підвищення безпеки руху [1]. Нагально потребує реформації також і залізничний транспорт, а технічні характеристики морських портів України не відповідають сучасним вимогам та стандартам.

Основні причини гальмування розвитку інноваційної та високотехнологічної складової транспортної системи, на нашу думку, наступні:

- недостатній рівень амортизаційних відрахувань;
- обмежене фінансування з державного та місцевих бюджетів;
- відсутність інвестицій на умовах концесій і державно-приватного партнерства;
- брак коштів на просте відтворення основних фондів внаслідок заниження їх вартості;
- низький рівень тарифів на перевезення, що підлягають державному регулюванню;
- низький рівень сервісного обслуговування клієнтів;
- низький рівень тарифів на перевезення, що підлягають державному регулюванню;
- стрімке старіння рухомого складу транспортної інфраструктури, що зумовлює невідповідність технічного і технологічного рівня вітчизняного транспорту європейським вимогам.

Окрім зазначеного, досі недостатньо використовується наявний транзитний потенціал і вигідне географічне положення країни. Лівову частку собівартості продукції складають транспортні витрати через недостатній розвиток транспортно-логістичних технологій, використання мультимодальних перевезень та у зв'язку з незначним рівнем контейнеризації.

Характеризуючи сучасні проекти транспортної галузі варто зазначити, що високотехнологічний та інноваційний розвиток сфери транспорту та застосування новітніх технологій – важливе завдання Уряду в рамках транспортної стратегії «Drive Ukraine 2030».

Поступове реформування транспортної системи України є нагальною об'єктивною необхідністю. З метою вирішення сучасних проблем у транспортному секторі країни варто забезпечити ефективну реалізацію нової транспортної політики України за пріоритетними напрямками, сформульованими в стратегічних документах соціально-економічного розвитку країни на період до 2030 року [2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Звіт ДУ "Інститут економіки та прогнозування НАН України" за 2020 рік. URL: <http://ief.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/zvit2020-1.pdf> (дата звернення: 02.05.2021).
2. Проект закону України «Про Стратегію сталого розвитку України до 2030 року». URL: <https://ips.ligazakon.net/document/view/JH6YF00A?an=332> (дата звернення: 02.05.2021).

Плекан Уляна Михайлівна, к.е.н., ст. викл. каф. автомобілів, Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, vnv123@ukr.net.

Гаврон Надія Богданівна, асис. каф. автомобілів, Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, nadiiagavron@gmail.com

PROBLEMS OF HIGH-TECH COMPONENT OF THE TRANSPORT INDUSTRY OF UKRAINE

Abstract

The need to develop the domestic transport system and reform the transport infrastructure were considered. The reasons for unsatisfactory state of innovative and high-tech component of the transport industry were outlined.

Keywords: transport industry, development, technologies, innovations.

Plekan Uliana, PhD in Economics, senior lecturer at the Department of automobiles, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, vnv123@ukr.net.

Gavron Nadiya, assistant at the Department of automobiles, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, nadiiagavron@gmail.com.

ПРИСТРОЇ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ВІДКЛАДЕННЮ НАКИПУ НА ВНУТРІШНІЙ ПОВЕРХНІ ЗМІЙОВИКА ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА МОБІЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ТИПУ ППУА

Керівник групи транспортних сервісів УТ ПАТ "Укрнафта", м. Надвірна, Україна

Анотація

У доповіді розглянуті способи і пристрої для запобігання відкладення та очищення внутрішніх поверхонь трубчастих циліндричних змієвикових котлів теплогенераторів від накипу. Запропоновано пристрій для запобігання відкладенню накипу на внутрішній поверхні змієвикових теплогенераторів, що дозволить продовжити термін експлуатації котла.

Ключові слова

Теплогенератор, котел, вода, пара, накип, очищення.

Інформація відноситься до теплоенергетики, а саме до пересувних парогенераторних установок на шасі транспортних засобів (ППУА), які використовуються в нафтогазовій промисловості для депарафінізації свердловин та нафтогазового обладнання парою.

Згідно [1] відомо, що робота парового котла на непідготовленій живильній воді не допускається для чого запроваджена обов'язкова підготовка живильної води, яка полягає в механічному і хімічному її очищенні з жорсткістю не більшою за 10 мкг-екв /кг.

При виробленні пари з ступінню сухості 0,7 концентрація розчинених в залишковій воді солей збільшується в 3,5 рази. При ступені сухості пари 0,8 концентрація розчинених солей в залишковій воді зростає в 5 разів, а при ступені сухості виробленої пари до 0,9 збільшується в 10 раз. Якщо вміст солей в воді перевищує межу їх розчинення, а розчинність солей при високих тисках значно знижується, то на внутрішніх поверхнях нагріву парової установки буде інтенсивне відкладання накипу [2].

Метою роботи є аналіз існуючих способів, пристроїв для запобігання відкладення та очищення внутрішніх поверхонь трубчастих циліндричних змієвикових котлів теплогенераторів від накипу.

Аналіз умов експлуатації парогенераторних установок мобільного типу показує, що їх кількість в підприємствах нафтогазової галузі розосереджена територіально (не сконцентрована в одному територіальному чи регіональному районі). Таким організаціям економічно недоцільно створювати спеціальні технологічні системи для підготовки живильної води, в кращому випадку використовують живильну воду котельних агрегатів, яка споживається для обігріву приміщень та інших побутових потреб.

Однак, навіть при роботі на підготовленій живильній воді на стінках змієвика утворюється накип, який знижує ефективність його роботи і вимагає періодичного його знімання за допомогою кислотної обробки через 48...72 години роботи установок [2]. Тобто різниця між граничними мінімумом і максимумом часу роботи установки до рекомендованого очищення складає 24 години, що складає 50 % часу до граничного мінімуму.

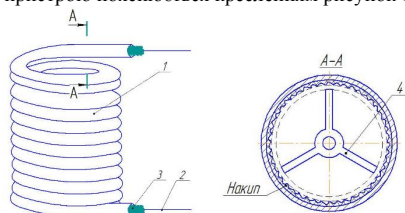
За поставленою метою, технічною сутністю, простотою та економічністю є спосіб попередження відкладання накипу і пом'якшення води, за допомогою магнітної обробки [3], яка полягає в пропусканні води (не менше 6 разів) через магнітне поле в напрямку, перпендикулярному до дії силових ліній магнітного поля. В результаті такої обробки солі, які знаходяться в воді, не утворюють накипу, а випадають у вигляді легкозвивного шламу.

Не зважаючи на простоту даний спосіб широкого застосування не знайшов, як малоефективний. Відсутнє наукове обґрунтування впливу магнітного поля на властивості води [4], а значить і промислове використання магнітної обробки води для отримання пари в теплогенераторах даного типу не дало бажаних результатів незважаючи на те, що співвартість хімічної підготовки води набагато вища ніж магнітна обробка.

За функціональним призначенням та поставленою метою є пристрій для попередження відкладення накипу на стінках кип'ятильних трубок парових котлів [5], який складається із очисного елемента розміщеного в середині змійовика (кип'ятильної трубки), причому сам очисний елемент складається з скручених в трубку гофрованих бляшаних пластинок, вставлених у внутрішню частину змійовика (кип'ятильних трубок). При цьому накип буде відкладатися на поверхні вставленої гофрованої трубки, яку при забрудненні виймають і замінюють другою. Однак, розглянутий пристрій приводить до зменшення теплопровідності штучно утвореної подвійної стінки змійовика.

Запропоновано пристрій [6], який складається з очисного елемента, розміщеного в середині змійовика, виготовленого у вигляді гнучкої лінви оснащеної дротинами із м'якшого матеріалу від матеріалу змійовика, причому довжина дротин та їх закріплення на лінві забезпечує розміщення очисного елемента в змійовику з натягом.

Суть запропонованого пристрою пояснюється кресленням рисунок 1.



1-змійовик, 2-лінва, 3-дротини, 4-пропелер

Рисунок-1. Пристрій для запобігання відкладення накипу на внутрішній поверхні змійовика теплогенератора.

Пристрій складається з труби 1 змійовика теплогенератора, вставленого у трубу 1 на всю його довжину очисного елемента, який містить гнучку лінву 2, та розміщених і закріплених в лінву дротин 3, виготовлених із м'якшого матеріалу ніж труба змійовика. В даному випадку лінва 2 і дротини 3 утворюють гнучку лінву-йоржик. Крім того на лінві 2 нерухомо закріплені пропелери 4.

Пара, виходячи з змійовика 1 діє на лопаті пропелера 4, який приводить в обертовий рух лінву 2 за рахунок тиску робочого тіла. При цьому вмонтовані в лінву 2 дротини 3 рухаючись разом з лінвою вступають в контакт з утвореним шаром накипу і знімають його з внутрішньої поверхні труби змійовика 1.

Запропонований пристрій дозволить використовувати невідготовлену воду, продовжить термін експлуатації котла та знизить собівартість виготовлення пари.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Установка промышленная паровая передвижная ППУА-1600/100. Руководство по эксплуатации (ТУ 26-02-987-85). ОАО "Нальчикский машиностроительный завод" – Нальчик, КБР - 2005.- 73 с.
2. Байбаков Н.К., Брагин В.А., Гарушев А.Р., Толстой И.В. Термоинтенсификация добычи нефти - М.: Недра, 1971.- 280 с.
3. Окоча А. И., Білоконь Я. Ю. Довідник по паливу і мастильних матеріалів.- К.: Урожай, 1988.- 184 с.
4. Олена Можаровська: Вплив магнітного поля на властивості води. - Український науковий портал «Labprice.ua» (<http://labprice.ua/statti/naukovo-pro-chudesni-vlastivosti-vodi/vplyv-magnitnogo-polya-na-vlastivosti-vodi/>).
5. А.С. 33537 СССР, клас 13а,30. Приспособление для предупреждения отложения накипи на стенках кипячительных трубок паровых котлов / П. Н. Мясоедов. - № 128296; заявл. 04.05.1933г.; опубл.31.12.1933 г.
6. 151 Патент 143616 U (Корисна модель) Україна, F28G 3/04 Пристрій для запобігання відкладенню накипу на внутрішній поверхні змійовика теплогенератора / Богатчук І.М., Бурда М.Й., Богатчук М.І., Прунько І.Б. (Україна) - № u 202000060 ; Заявлено 02.01.2020; Опубл. 10.08.2020. Бюл. № 15.

Богатчук Михайло Іванович, Керівник групи транспортних сервісів Надвірна ПАТ "Укрнафта",
м.Івано-Франківськ, bobo1983@meta.ua

DEVICES TO PREVENT SCALE DEPOSITS ON THE INNER SURFACE OF THE COIL HEAT GENERATOR MOBILE INSTALLATION TYPE PPUA

Abstract

The report discusses methods and devices to prevent deposition and cleaning of internal surfaces of tubular cylindrical coils of heat generator boilers from scale. A device to prevent scale deposits on the inner surface of heat generator coils is proposed, which will extend the life of the boiler.

Keywords

Heat generator, boiler, water, steam, dew, cleaning.

Bogatchuk Mykhailo Ivanovych, Head of Transport Services Group, Nadvirna PJSC "Ukrnafta",
Ivano-Frankivsk, bobo1983@meta.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ДВИГУНА ФОЛЬКСВАГЕН ГОЛЬФ 1,4 У ПРОЦЕСІ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА БІОГАЗІ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

Анотація

Для дослідження впливу біогазу на екологічні показники бензинового двигуна в режимі холостого ходу та різних режимах навантаження проведено випробування двигуна Фольксваген Гольф 1,4.

Для забезпечення порівняльної оцінки крім біогазу проводили окремі дослідження на бензині А-95 та стисненому природному газі (СПГ).

В даній роботі був використаний програмний комплекс Дизель-РК [1], що дозволяє на основі вихідних даних за допомогою напівемпіричних залежностей розрахувати показники робочого процесу.

Для розрахунку емісії оксидів азоту в програмі використовується 18-компонентна модель проф. В.А. Звонова [2]. В основі методики розрахунку лежить наступне:

- утворення оксидів азоту в зоні продуктів спалювання відбувається по ланцюговому принципу, основні реакції якого описуються схемою Зельдовича [3];

- для визначення температур заряду використовується зона модель;

- на кожному кроці здійснюється розрахунок рівноважного складу в зоні продуктів згорання для 18 компонентів;

- розрахунок утворення оксидів азоту проводиться за кінетичним рівнянням.

Ключові слова: двигун, альтернативні палива, біогаз, токсичність, концентрація, екологія, економія, надійність.

Суттєвий вплив на енергетичні й екологічні показники роботи газових двигунів спричиняє вибір способу регулювання його потужності у зв'язку з тим, що для компенсації втраченої потужності при переході на газове паливо необхідно збільшувати циклову подачу палива [4-7].

Як наслідок у відхідних газах двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) різко зростає кількість СО і NOx. Кількість викидів SnHm при цьому не збільшується [8-10].

Користуючись методиками наведеними в [9-11], було одержано показники ефективності роботи двигунів на бензиновому паливі та при роботі на газі та виявлено недоліки такого виду палива:

- віддаленість підприємств від джерела заправки;
- малий пробіг автомобілів на газовому паливі;
- велика вартість газової системи живлення двигуна;
- втрата потужності двигуна при роботі на газі;
- важкість пуску в зимовий період та ін.

Щоб забезпечити всебічне дослідження утворення NO_x у процесі використання різних видів палива та здійснити порівняльну оцінку нами використано різні режими роботи ДВЗ.

Перший етап досліджень здійснений за умови зміни коефіцієнта надлишку повітря в діапазоні $\alpha=0,8...1,1$ при частоті обертання колінчастого валу 4500 об/хв.

Аналіз отриманих результатів підтверджує, що мінімальна концентрація NO_x у відпрацьованих газах та найменші викиди NO двигуна фольксваген 1,4 забезпечуються у процесі використання біогазу та за коефіцієнту надлишку повітря $\alpha=0,8$.

Другий етап – дослідження виконані при коефіцієнті надлишку повітря 1,0 на змінній частоті обертання колінчастого від 800 до 1400 об/хв.

З результатів дослідження встановлено, що мінімальна концентрація NO_x у відпрацьованих газах та найменші викиди NO двигуна фольксваген гольф 1,4 забезпечуються у процесі використання біогазу.

Також встановлено, що токсичність двигуна зменшується за зростання частоти обертання колінчастого валу.

Третій етап – дослідження проводились за коефіцієнта надлишку повітря 1,0 на змінній частоті обертання колінчастого від 4500 об/хв при зміні кута випередження запалювання від 15 до 30° .

За результатами дослідження встановлено, що із збільшенням кута випередження запалювання концентрація NO_x у відпрацьованих газах та об'єми викидів NO двигуна фольксваген 1,4 зростають, а мінімальні викиди NO у процесі використання біогазу.

Отже, газ надходить у ДВЗ в газоподібній фазі, не змиває масляну плівку зі стінок циліндрів і не розріджує оливу в картері.

СПГ у тому числі і біогаз горить повільніше бензину, знижуючи навантаження на циліндро-поршневу групу, двигун працює «м'якше» і тихіше.

Концентрація NO_x у відпрацьованих газах двигуна фольксваген гольф 1,4 при роботі на СПГ і біогазі в порівнянні з роботою на бензині А-95 знизилася на 49 % та 85 % відповідно.

У сумі ці фактори забезпечують подвійну (і більше) економію експлуатаційних витрат, подовжують термін служби двигуна на 30-40%, оливи й свічок запалювання — у два рази, і в наслідку значно знижують ремонтні витрати. Оптимізація робочого процесу двигуна, що працює на газі (підвищення ступеня стиску двигуна до 10-11; установка сучасної системи запалювання зі змінними, оптимізованими під газове паливо характеристиками на максимальних й змінних оборотах двигуна) дозволяє забезпечити максимальну потужність двигуна при збереженні економічності й екологічних параметрів на високому сучасному рівні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кулешов А.С. Программа расчета и оптимизации двигателей внутреннего сгорания ДИЗЕЛЬ-РК. Описание математических моделей, решение оптимизационных задач / А.С. Кулешов. – М.: МГТУ им. Баумана, 2004. – 123 с.
2. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1973. – 200 с.
3. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М.: Наука, 1966. – 686 с.
4. Редзюк А. М. Європейські норми екологічних показників ДТЗ введені в Україні / А. М. Редзюк, Ю. Ф. Гутаревич // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2002. – №1(16). – С. 16-23.
5. Корнилов Г.С. Современные требования к автомобильным двигателям и пути их достижения в отечественном автомобилестроении / Г.С. Корнилов // Журнал ААИ. – 2001. – №2(10). – с. 31 -34.
6. Егоренков Б.А. Газодизель работает мягче / Б.А. Егоренков // Автомобильная промышленность. – 1992. – № 4. – С. 17 - 18.
7. Редзюк А.М. Комплексний аналіз ефективності використання природного газу на автомобільному транспорті / А.М. Редзюк, В.М. Поліщук, Ю.Ф. Гутаревич та інші //Автошляховик України. – 2000. – №2. – С. 5-8.
8. Редзюк А.М. Комплексний аналіз ефективності використання природного газу на автомобільному транспорті / А.М. Редзюк, В.М. Поліщук, Ю.Ф. Гутаревич та інші //Автошляховик України. – 2000. – №3. – С. 4-7.
9. Гутаревич Ю.Ф. Оцінка показників паливної економічності і продуктивності вантажного автомобіля при роботі на бензині і природному газі / Ю.Ф. Гутаревич, В.І. Задорожний, В.П. Матейчик та інші. //Автошляховик України. – 1997. – №2. – С. 12-15.
10. Гусаров А.П. Газ как перспективное автомобильное топливо / А.П. Гусаров, М.Е. Войсблом, М.Г. Соколов // Экология двигателей и автомобиля: Сборник научных трудов. – М.: Изд. НАМИ. – 1998. – 172 с.
11. Філіпова Г.А. Про можливості зменшення забруднення довкілля автомобільним транспортом / Г.А. Філіпова //Автошляховик України. – 1998. – №3. – С. 13-15.

Войцехівська Тетяна Йосипівна – асистент кафедри автомобільного транспорту, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, tanya640302@gmail.com.

Мельник Василь Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, vasjamel@ukr.net.

Семенів Анна Олександрівна - студентка групи АТ-18-1, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, annasemeniv1836@gmail.com

STUDY OF TOXICITY OF VOLKSWAGEN GOLF 1,4 ENGINE IN THE PROCESS OF ITS OPERATION ON BIOGAS

Abstract

To study the impact of biogas on the environmental performance of the gasoline engine at idle and different load modes, a test of the Volkswagen Golf 1.4 engine.

In order to ensure a comparative assessment, in addition to biogas, separate studies were conducted on A-95 gasoline and compressed natural gas LNG.

In this work, the software package Diesel-RK was used [1], which allows to calculate the indicators of the work process on the basis of initial data with the help of semi-empirical dependences.

To calculate the emission of nitrogen oxides in the program uses an 18-component model of prof. V.A. Zvonova [2]. The calculation method is based on the following:

- the formation of nitrogen oxides in the area of combustion products occurs by the chain principle, the main reactions of which are described by Zeldovich's scheme [3];*
- the zone model is used to determine the charge temperatures;*
- at each step, the calculation of the equilibrium composition in the area of combustion products for 18 components;*

- the calculation of the formation of nitrogen oxides is carried out according to the kinetic equation.

Key words: engine, alternative fuels, biogas, toxicity, concentration, ecology, economy, reliability.

Voitsekhivska Tetyana Yosypivna - Assistant of the Department of Road Transport, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, tanya640302@gmail.com.

Melnyk Vasyl Mykolayovych - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Road Transport, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, vasjamel@ukr.net.

Semeniv Anna Olexandrivna - student of AT-18-1 group, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, annasemeniv1836@gmail.com.

РОЛЬ ІНФОРМАЦІЙНО-ЛОГІСТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОРГАНІЗАЦІЇ ВЗАЄМОДІЇ КЛІЄНТА ІЗ ПЕРЕВІЗНИКОМ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Описано переваги застосування інформаційно-логістичних технологій в процесі організації та надання транспортних послуг. Відзначено напрямок розвитку інноваційних рішень, та їх інтеграції у традиційні підходи організації перевезень.

Ключові слова: логістика, транспортні технології, інформаційно-логістичні технології, вантажні перевезення

Активний розвиток та інтеграція інформаційних технологій – це те, що формує на даний момент сферу логістики. Складно заперечувати, що впровадження даних технологій, які вже використовують на підприємствах, було б неможливим без застосування ресурсів комп'ютерної техніки та відповідного програмного забезпечення. Цієї ж думки притримується і велика кількість фахівців сфери, які виділяють інформаційну логістику як самостійну, спрямовану на управління ресурсами та інформаційними потоками.

Інструментарій інформаційної логістики спрямовує потік даних, який супроводжує матеріальний потік, і пов'язує між собою постачання, виробництво і збут. Він здійснює управління всіма процесами переміщення і складування товарів на підприємстві, що забезпечує своєчасну доставку цих товарів у необхідних обсягах, комплектації, якості з точки їх виникнення в точку споживання при мінімальних витратах та оптимальному сервісі.

Основою функціонування даної галузі логістики є інформаційний потік, що являє собою сукупність повідомлень, які передаються між логістичною системою і середовищем повідомлень, необхідних для управління і контролю за логістичними операціями.

Зростання ролі інформаційних потоків у сучасній логістиці обумовлено важливістю для споживача інформації про статус замовлення, наявність товару, терміну прибуття; необхідністю в оптимізації запасів і трудових ресурсів, шляхом зменшення невизначеності попиту; потребою у збільшенні гнучкості логістичної системи.

Різноманітні інформаційні потоки, які циркулюють всередині і між елементами логістичної системи, між логістичною системою і зовнішнім середовищем, утворюють логістичну інформаційну систему.

Саме для того, щоб реалізовувати власні стратегії та моделі взаємодії із клієнтом, підприємства можуть застосовувати інформаційно-логістичні засоби, для яких щорічно розробляються нові технології та програмне забезпечення. Спеціалізація і варіативність систем підлаштовується під конкретні умови застосування та цілі, що дає підприємствам можливість обрати необхідну їм систему у відповідності до потреб.

Організація роботи складських комплексів відіграє не менш важливу роль у ефективному функціонуванні підприємства, ніж саме перевезення товарів. Від того, наскільки ефективно організована комплектація замовлень, залежить швидкість і якість обслуговування клієнтів, що є важливою конкурентною перевагою компанії. Для досягнення ефективної організації процесів складських підрозділів, можливе застосування вже розробленої системи Warehouse Management System (WMS) [1].

WMS – спеціалізована програмна платформа для автоматизації різних типів складів, у тому числі територіально розділених. Включає в себе засоби для управління топологією складу, параметрами товарної номенклатури, планування складських операцій, управління ресурсами, застосування різних методик зберігання і обробки вантажів. Система дозволяє управляти складською логістикою в рамках різних технологічних процесів (приймю та відвантаження товару, внутрішні переміщення) в реальному часі. За допомогою автоматизації складу досягається

ся висока оборотність складу, здійснюється швидка комплектація партій товару, відвантаження їх споживачам. Підприємства, які інтегрували WMS-систему у власні складські комплекси, відзначають багатфакторне підвищення його ефективності (табл. 1) [2, 3].

Таблиця 1. Середні значення приросту ефективності функціонування складських комплексів підприємств

№	Фактор ефективності	Результат
1	Обсяг складських запасів	-50%
2	Адміністративні витрати	-20%
3	Кількість складського персоналу	-25%
4	Пропускна здатність складу	+15%
5	Простий автомобільного транспорту	-30%
6	Ефективність використання складських приміщень	+20%

Підвищення загальної ефективності та оптимізація ресурсів надають можливість підприємству додатково розширити асортимент товару та мінімізувати частку помилок при виконанні замовлень.

У випадку, коли складський комплекс не має достатньо продуктивного комп'ютерного обладнання, виходом може стати система WMS на основі хмарних технологій (cloud computing). Але в логістиці ця модель адаптується досить повільно з ряду причин – недостатня інформованість складських менеджерів стосовно інноваційних технологій, питання безпеки зберігання даних у "хмарі".

Важко переоцінити важливість якості обслуговування клієнтів для підприємства. Замовлення має виконуватись із найвищою якістю та за мінімальний час. Ці показники і формують загальний критерій оцінки процесу комплектації на складі. Особливо це актуально для компаній-дистриб'юторів, де відвантажуються як великі оптові замовлення, так і велика кількість дрібних роздрібних, причому відвантаження здійснюються покоробочно або поштучно.

Але не слід забувати і про сам процес перевезення. На даний момент вже існує доволі великий перелік систем, націлених на підвищення ефективності транспортування, організації маршрутів та, в деяких випадках, підбору вантажоперевезень.

Можна виділити декілька еталонних систем, що значно спрощуються організацію перевезень, до них відносяться Transportation Management System (TMS) та Gonrand [1].

TMS – Система управління транспортом. Частина структури Supply Chain Management. Така система забезпечує розрахунок вартості перевезення різними видами транспорту, агрегує митні витрати і дані про вантажно-розвантажувальні роботи, відстежує строки перевезень. Одне із завдань системи: за запитом менеджера миттєво видати інформацію про те, де знаходиться вантаж, які терміни його доставки.

Gonrand – Система підбору вантажоперевезень. Одним із завдань інформаційної системи Gonrand є збір інформації про наявність вантажу. Перевізник дає заявку про вільні провізні можливості і напрям перевезення. Інформація заноситься в базу даних. Інформація про вантажі надходить у систему безперервно. Система дозволяє групувати вантажі за відправниками, одержувачами, кількістю місць і видає інформацію про відправлення, найменування вантажоодержувача, номери автомобіля, замовника, код департаменту і суму відправлень по департаментам.

Звісно, це лише мала частина із вже існуючих систем. Варто відзначити, що вантажоперевізник має можливість обрати систему, яка б найбільше відповідала його умовам роботи та цілям.

Можливості TMS-рішень можна побачити за допомогою моделювання існуючої транспортної компанії та сценарного аналізу. У процесі моделювання і оптимізації за різними критеріями можна проаналізувати різні сценарії перевезень і прийняти економічно обґрунтоване рішення щодо кращого з них. Уваги вимагає і складність транспортно-розподільчої мережі (TRM), яка значно подовжує термін моделювання, оптимізації та вартість сценарного аналізу. Однак практика підтверджує, що TMS рішення швидко окупаються. Крім того, за допомогою сценарного аналізу можна виявити потенційні ризики або слабкі місця, які можуть виявитися і простежуватися при моделюванні існуючої мережі.

До переваг TMS-рішень відносяться:

- зниження транспортних витрат, продемонстрованих за допомогою сценарного аналізу існуючої TRM до і після її оптимізації;

- виявлення слабких місць в існуючій ТРМ та розробка рекомендацій щодо їх усунення;
- максимально раціональне використання існуючих об'єктів ТРМ з урахуванням накладається бізнес-обмежень;
- поліпшення сервісу;
- підвищення схоронності товару, що ввозиться;
- прозорість перевезень у ТРМ.

До сучасних тенденцій у використанні TMS-рішень можна віднести збільшення популярності TMS-рішень з віддаленим доступом, удосконалення аналітичних і звітних функціональностей TMS, модулі автоматизованої системи розрахунків всередині TMS-систем, інтеграція із системами управління попитом (для більш точного визначення потреби в транспортних засобах), злиття систем управління власним автопарком і оптимізації замовлень транспорту у перевізників в єдину TMS систему, Додавання функціональностей планування подачі транспорту до воріт складу (Yard & Dock Management), підтримка сервіс-орієнтованої архітектури (Service-oriented architecture) [1].

Інтеграція WMS і TMS стає популярним методом спрощення та підвищення ефективності процесів складської дистрибуції. Інтегроване рішення може забезпечувати, наприклад, крос-докінг, коли система автоматично ідентифікує прибуваючий вантаж і вже планує його визначити на іншу машину. Об'єднання WMS і TMS означає більш досконалу координацію між складом і поставками, що знижує витрати. По прибуттю контейнерам може призначатися новий маршрут, контейнери що прямують в одне місце, можуть бути швидко об'єднані та інше.

Інтегратори вказують що системи дозволяють економити паливно-мастильні матеріали на 30%, зменшувати пробіг на 35%, скорочувати час на планування маршрутів в 2,5 рази, збільшувати завантаження транспортних засобів на 20% [4].

Сучасні тенденції інтенсивного зростання попиту на товари та послуги змушують перевізника підлаштуватися під умови ринку, разом із цим традиційні системи та підходи до організації перевезень втрачають ефективність. Зараз, щоб підтримувати конкурентоспроможність, все частіше і частіше підприємства звертаються до впровадження систем інформаційно-логістичного спрямування, що дозволяє втримувати позиції на ринку, та відповідати сучасним вимогам покупця, що й демонструє даний огляд.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Колодізева Т. О., Руденко Г. Р. Інноваційні технології в логістиці : навчальний посібник. Харків : ХНЕУ, 2013. 268 с.
2. Альянс Софт. URL: <https://asoft.by/novosti/raschety-ekonomicheskoy-effektivnosti-vnedreniya-sistemy-wms>
3. Abmcloud: Облачные системы для бизнеса. URL: <https://abmcloud.com/kak-nebolshomu-skladu-povysit-svoyu-effektivnost-s-pomoshhyu-wms/>
4. Логістика в Україні: новини, аналітика, дослідження. URL: <https://logistics-ukraine.com/2019/05/28/tms-%d1%81%d0%b8%d1%81%d1%82%d0%b5%d0%bc%d0%b8-%d0%b2%d1%96%d0%b4%d0%b2%d0%b5%d1%80%d1%82%d0%b0-%d0%b4%d1%83%d0%bc%d0%ba%d0%b0-%d0%b7%d0%b0%d0%bc%d0%be%d0%b2%d0%bd%d0%b8%d0%ba%d0%b0/#more-1484>

Пальчевський Олег Вадимович – аспірант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: 1at15b.palchevskiy@gmail.com

Кашканов Андрій Альбертович, докт. техн. наук, професор кафедри автомобілів і транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: a.kashkanov@vntu.edu.ua

THE ROLE OF INFORMATION AND LOGISTICS TECHNOLOGIES IN THE ORGANIZATION OF CUSTOMER INTERACTION WITH THE CARRIER

Abstract

This article describes the benefits of using information and logistics technologies in the process of organizing and providing transport services. Specifies the direction of innovative solutions and their integration with traditional approaches organizing transportation.

Keywords: logistics, transport technologies, information and logistics technologies, freight transportation.

Palchevskiy Oleh – post-graduate student, Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: 1at15b.palchevskiy@gmail.com

Kashkanov Andriy – Dr.Sc. (Eng.), Professor of Automobiles and Transport Management Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: a.kashkanov@vntu.edu.ua

ПРО МОЖЛИВІ РАЦІОНАЛЬНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ МОБІЛЬНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ У ВІННИЦЬКОМУ РЕГІОНІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконаний аналіз різновекторних факторів, які впливають на мобільність автомобільного транспорту у Вінницькому регіоні. Наведені рекомендації щодо покращення безпеки руху автомобілів, як основного компонента забезпечення раціональної мобільності переміщень автомобілів на основі розгляду діючої практики Німеччини.

Ключові слова: автомобіль, мобільність, фактор, безпека руху, дорога, аварійність.

Для майбутнього прогресу господарства і суспільства (ПГС) в регіонах економічно розвинутих країн важливо створити умови для мобільності функціонування транспорту [1]. На першому етапі визначення раціональних аспектів розвитку автомобільного транспорту у Вінницькій області, слід оцінити ефективність дій місцевих, загальнодержавних та глобальних факторів, які склалися на сьогодні. Слід виокремити ті компоненти регіональної системи ПГС, які вже існують і в змозі підтримати або докорінно закрити аспекти майбутнього поліпшення мобільності, що розглядається.

До сприятливих факторів можна віднести наступні:

- географічне місце розміщення області між Києвом, Житомиром і Одесою, а також західною Україною і Дніпром та Харковом, що формує господарчий шлях до великого морського порту та країн Європейського Союзу;
- наявність доріг державного значення (М-03, М-06 та М-12), які є відновленими та працездатними на території області;
- регіональна та місцева гілки влади послідовно вирішують завдання з дослідження та успішного управління розвитком транспорту; вони співробітничать з науковцями Вінницького національного технічного університету, які формують сучасний рівень підтримки прогресу функціонування транспорту, активно приєднуючи до дієвої роботи зі спеціальності студентів галузі «Транспорт».

До зовсім несприятливих факторів можна віднести:

- значущий вплив геополітики на використання транзитності країни;
- високий рівень аварійності на дорогах Вінницького регіону та країни в цілому.

Перевірка стійкості дії другого негативного фактору – аварійності в умовах карантину сьогодення підтвердила незмінність його вагомого впливу.

В період дії COVID 19 в Україні, у 2020 році в результаті ДТП загинули понад 3,5 тис. осіб [2]. За даними Федерального статистичного відомства ФРН в період з березня до червня минулого року (за часів локдауну) на дорогах Німеччини загинуло майже на 18 % менше осіб, ніж за цей же період роком раніше. В Україні результати з аварійності зовсім не змінилися.

Для розвитку мобільності функціонування транспорту в Вінницькому регіоні, безперечно слід використати дієвий механізм, який буде містити інструмент для підтримки підвищення безпеки руху дорожніх транспортних засобів та варіанти контролю за станом дорожньої аварійності.

В якості інструменту, для поліпшення безпеки дорожнього руху можна запропонувати досвід ТОВ «Дослідження аварійності автодорожнього руху», що існує при технічному університеті Дрездена (GmbH VUFO bei TU Dresden), яке існує біля 20 років [2]. За цей час діюча практика показала значущість роботи VUFO – ФРН має значно ліпші показники з безпеки руху ніж інші розвинуті країни.

Дані VUFO використовуються в сферах, що займаються безпекою руху на автодорогах:

- при безпосередньому розгляді місця ДТП;
- при аналізі даних різних ДТП;
- для пошуку раніше отриманих даних при розслідуванні дорожньої аварійності;
- при аналізі вимірних значень даних і спостережень;
- для можливого управління розслідуванням за допомогою вагомого банку даних, який містить тільки потрібну науково виокремлену інформацію.

З VUFO співробітничать:

- автозаводи (Mercedes, Volkswagen, Opel, BMW);
- виробники шин (Continental, Michelin);
- автомобільний полігон Десра;
- транспортна поліція;
- медичний інститут TU Dresden.

Роботи VUFO фінансуються означеними вище компонентами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Technische Universität Dresden. Електронний ресурс. Режим доступу - <https://tu-dresden.de>.
2. Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden. Available at: <http://www.vufo.de>.

Макаров Володимир Андрійович – д.т.н., професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: makarov@vntu.edu.ua.

Макарова Тамара Володимирівна – к.е.н., доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: tomamakarova@ukr.net.

ABOUT POSSIBLE RATIONAL ASPECTS OF DEVELOPMENT MOBILITIES OF MOTOR TRANSPORTS IN VINNITSA REGION

Abstract

An analysis of various factors affecting the mobility of road transport in the Vinnytsia region was performed. Recommendations for improving the safety of cars as a key component of ensuring the rational mobility of cars based on the current practice of Germany.

Keywords: car, mobility, factor, traffic safety, road, accident.

Makarova Tamara – Ph.D., associate professor of automobiles and transportation management department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tomamakarova@ukr.net.

Makarov Vladimir – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automobile and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, e-mail: makarov@vntu.edu.ua.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ДВЗ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНИХ СИЛОВИХ УСТАНОВОК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

¹ Національний університет «Запорізька політехніка»

Анотація

Розглянуто перспективи використання двигунів внутрішнього згорання в умовах декарбонізації транспортної галузі. Наведено типи гібридних силових установок, та запропоновано застосування двох підходів до реалізації гібридного приводу. Проведено теоретичне дослідження робочих процесів двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) гібридних транспортних засобів (ТЗ) за допомогою фізико-математичної моделі. Обрано режими використання ДВЗ та електроприводу. Досліджено паливну економічність ТЗ з гібридною силовою установкою (ГСУ) в різних умовах руху.

Ключові слова: ДВЗ, гібрид, робочий процес, ККД, витрата палива, запас ходу.

Сучасні тенденції зниження викидів парникових газів та поступової заборони реєстрації нових ТЗ з ДВЗ прискорюють темпи розвитку технологій електричної мобільності. Водночас, використання автомобілів з нульовими викидами (ZEV) є економічно обґрунтованим (навіть з урахуванням субсидування) лише для незначної кількості власників ТЗ.

Істотна кількість викидів діоксиду вуглецю припадає на етапи виробництва акумуляторних батарей (АКБ), крім того у найближчому майбутньому гостро постане проблема їхньої утилізації. Підвищення запасу ходу електромобілів на одній зарядці вимагає зростання ємності АКБ. Також не вирішеним залишається питання виробництва екологічно чистої електричної енергії, що не дозволяє вважати ZEV дійсно вуглецево-нейтральними. Тому, на даний момент, розвиток ДВЗ у якості джерела механічної енергії у складі ТЗ з ГСУ залишається актуальною задачею.

Сучасні ГСУ поділяють на три основні типи: послідовний, (BMW i3, Chevrolet Volt/Opel Ampera), паралельний (Honda Insight), послідовно-паралельний гібриди (Toyota Synergy Drive).

Кожен з цих типів має свої переваги та недоліки. Послідовні ГСУ дозволяють позбавитись від трансмісії для ДВЗ, водночас вони мають більшу масу, а їхня ефективність не перевищує 70%, хоча тепловий двигун і працює у найбільш ефективних режимах. Паралельні – навпаки вимагають використання трансмісії та багаторежимного ДВЗ, проте мають вищий загальний ККД. Послідовно-паралельні гібриди поєднують кращі сторони обох систем, але їхня ефективність істотно знижується на режимах з постійною високою швидкістю руху.

На сучасному етапі розвитку автомобільної індустрії, низькі навантаження на ДВЗ в рамках випробувань провокують зміщувати зону найбільшої ефективності ДВЗ до низьких частот обертання колінчатого валу та помірних навантажень. В той же час це призводить до значних відмінностей у паливній економічності за паспортними даними та в реальних умовах експлуатації.

Виходячи з наведеного аналізу запропоновано 2 підходи до реалізації ГСУ з використанням паралельної схеми.

1. Гібридний ТЗ, основним джерелом механічної енергії якого є ДВЗ. Потужність електричного двигуна (ЕД) не перевищує 20...25% віддачі теплового двигуна. ЕД використовується для виключення з роботи ДВЗ на найменш ефективних режимах. Такий підхід дозволяє знизити ємність АКБ і, відповідно, масу та вуглецевий слід під час виробництва та утилізації ТЗ. Крім того така схема технологічно найбільш близька до сучасних автомобілів, не потребує корінного переобладнання виробництва та зміни технологічних процесів і ланцюгів постачання.

2. Гібридний ТЗ, основним джерелом механічної енергії якого є ЕД з живленням від АКБ, ємність останнього достатня для пробігу на одній зарядці на 150...200 км, та допоміжним ДВЗ невеликої потужності, з можливістю його механічного приєднання до однієї з привідних вісей. Рушання з місця, рух на малих швидкостях та інтенсивні прискорення відбуваються за допомогою ЕД. Основна робота ДВЗ припадає на рух з постійними швидкостями і може бути виключена при русі у зонах з нульовими викидами. Така схема дозволяє застосовувати АКБ меншої ємності у порівнянні з традиційними ZEV, але отримувати значний запас ходу.

В рамках дослідження проведено розрахунки повного робочого циклу кожного ДВЗ з урахуванням механічних втрат. Для цього використовувалась програма, розроблена на кафедрі ДВЗ НУ «Запорізька політехніка» [1]. Вихідні дані обирались з урахуванням області режимів навантаження та частот обертання двигуна в рамках їздових циклів. Використана методика дозволяє досліджувати та оптимізувати робочі процеси в ДВЗ в умовах швидкісних діапазонів і навантажень їздових циклів, а також визначати орієнтовне значення витрати палива автомобіля обладнаного досліджуваним двигуном [2].

Під час досліджень зроблено припущення, що автомобілі мають однакову масу, також не моделювалась рекуперація кінетичної енергії. За результатами попередніх розрахунків визначені параметри робочого процесу ДВЗ на різних режимах та обрані найменш ефективні з них, які необхідно виключити з їздового циклу. Моделювання показало можливість істотного зниження витрати палива у порівнянні з ТЗ обладнаним виключно ДВЗ для обох підходів реалізації ГСУ.

Таким чином, представлені дослідження дають можливість істотного зниження вуглецевого сліду для нових ТЗ без корінної зміни технологій виробництва та джерел енергії. Результати роботи можуть бути впроваджені у виробництво, а також використані у навчальному процесі для студентів зі спеціальності «Двигуни внутрішнього згорання».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Слинко, Г.І. Особливості моделювання повного робочого циклу ДВЗ з урахуванням механічних втрат [Текст] / Г.І. Слинко, В.І. Бокарьов // Сучасні тенденції розвитку автомобільного транспорту та галузевого машинобудування : Міжнарод. наук.-практ. конф., 16-18 вересня 2020 р. : Наук. праці. – Харків: ХНАДУ. – 2020. – С. 261-263.

2. Слинко, Г.І. Моделювання робочого циклу ДВЗ в області режимів навантаження сертифікаційного їздового циклу NEDC [Електронний ресурс] / Г.І. Слинко, В.І. Бокарьов // Тижень науки-2019. Транспортний факультет : щоріч. наук.-практ. конф., 15-19 квітня 2019 р. : тези доп. / Редкол.: В.В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. – С.79–80.

Слинко Георгій Іванович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри ДВЗ, Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, gslynko@zntu.edu.ua

Бокарьов Владислав Ізорович, аспірант, Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, vladyslavbokaryov@gmail.com

SIMULATION OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE WORKING PROCESSES FOR EFFICIENCY RESEARCH OF HYBRID POWER PLANTS OF VEHICLES

Abstract

Prospects for the use of internal combustion engines in the conditions of decarbonization of the transport industry are considered. The types of hybrid power plants of vehicles are given, and the application of two approaches to the implementation of a hybrid drive is proposed. A theoretical study of the working processes of the internal combustion engine of a hybrid electric vehicle (HEV) using a physical and mathematical model was held. The modes of use of internal combustion engine and electric drive are selected. The fuel efficiency of vehicles with hybrid power plants in different traffic conditions has been studied.

Keywords: internal combustion engine, HEV, working process, efficiency, consumption, range reserve.

Slynko Georgiy I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Chair of Internal combustion engines department, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, gslynko@zntu.edu.ua

Bokarov Vladyslav I., Master in Mechanical Engineering, PhD student of Internal combustion engines department, Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, vladyslavbokaryov@gmail.com

ПОРІВНЯННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ АВТОБУСІВ ТА ТРОЛЕЙБУСІВ З РІЗНИМИ ВИДАМИ СИЛОВИХ УСТАНОВОК

¹ Національний транспортний університет

Анотація

Розроблена методика порівняльного аналізу експлуатаційних витрат автобусів та тролейбусів з різними видами силових установок та визначення доцільності й ефективності використання різних типів транспортних засобів на маршрутах з частковим автономним ходом.

Ключові слова: порівняння, експлуатаційні витрати, автобус, тролейбус, автономний хід, силова установка, контактна мережа, дизель-генератор, акумуляторна батарея.

Муніципальний транспорт у європейських містах усе частіше переходить на електричну тягу, що викликано проблемами екології та вартістю органічного палива. Переважно збільшується використання електробусів, у той же час частка тролейбусів зменшується. Наприклад, кількість тролейбусів в Україні з 1991 року зменшилась більше ніж у два рази [1]. Це викликано тим, що будівництво та підтримка в експлуатації контактної мережі та тягових підстанцій вимагає значних витрат, що стримує розвиток тролейбусних маршрутів. Крім того, наявність контактної мережі в містах, особливо в центрі, разом з іншими комунікаціями значно ускладнює її експлуатацію, а також експлуатацію інших мереж. Тому в деяких випадках тролейбусну контактну мережу у центрі міста демонтують і замінюють тролейбусні маршрути на автобусні. Для виходу з такої ситуації, з метою використання переваг тролейбусів перед автобусами з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ), почали використовувати тролейбуси з автономним ходом, які мають змогу долати певну частину маршруту без контактної мережі. Джерелом живлення для руху в цьому випадку стають акумуляторні батареї (АКБ), які підзаряджаються під час руху тролейбуса від контактної мережі. Також відомі конструкції і випадки використання тролейбусів з дизель-генераторною установкою (ДГУ) для автономного ходу.

Отже, використання електробусів з їхньою високою мобільністю або тролейбусів зі значним автономним ходом є більш доцільним з екологічної точки зору і може бути економічно вигіднішим для великих міст, де вже існує тролейбусна інфраструктура, яка потребує розвитку.

При оцінюванні економічної доцільності необхідно брати до уваги первісну вартість автобусів з ДВЗ, тролейбусів, електробусів або тролейбусів з автономним ходом. Також слід враховувати таке явище, яке отримало розповсюдження в Україні, як капітальний ремонт тролейбусів та трамваїв, що виконується силами міських підприємств пасажирського транспорту. Такі відновлені транспортні засоби коштують місту в два рази дешевше, ніж купівля нового рухомого складу.

Виходячі з цього, удосконалення методики оцінки вартості експлуатації рухомого складу міського пасажирського транспорту з різними видами силових установок та порівняння такої вартості є важливою задачею.

Методика порівняння експлуатаційних витрат автобусів та тролейбусів з різними видами силових установок визначає механізм розрахунку експлуатаційних витрат транспортних засобів (ТЗ) під час здійснення перевезень пасажирів на маршрутах загального користування у містах [2]. Розглядаються тролейбусні маршрути з часткою без контактної мережі, яку тролейбуси мають долати за рахунок власних джерел енергії.

Визначений склад витрат на експлуатацію автобусів та тролейбусів з різними видами силових установок на маршруті з частковою відсутністю контактної мережі під час здійснення міських пасажирських перевезень у звичайному режимі руху. Показані складові витрат, які чинять найбільший вплив на собівартість перевезень: витрати на паливо та електроенергію на рух; величина амортизації транспортних засобів як складова собівартості експлуатації; величина амортизації таких суттєвих складових ТЗ з автономним ходом, як ДГУ та тягово АКБ; витрати на утримання контактної-кабельної мережі та тягових підстанцій для руху тролейбусів; витрати на заробітну плату з нарахуваннями працівників, які безпосередньо виконують роботи з технічного обслуговування та ремонту рухомого складу й водіїв у разі різної заробітної плати водіїв різних видів ТЗ.

Сформована база вихідних даних для розрахунків. Розроблена програма розрахунку питомих експлуатаційних витрат на 1 км у програмному продукті Microsoft Excel для маршруту з частковим автономним ходом.

У результаті розрахунків показано, що за однакової вартості транспортних засобів використання тролейбусів з автономним ходом є дорожчим, ніж автобусів. Позитивний ефект може бути досягнутий за деякої частки маршруту з автономним ходом у разі меншої первісної вартості тролейбусів з автономним ходом порівняно з новими транспортними засобами, наприклад, за рахунок власного виробництва рухомого складу підприємством.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Почему Украине нужны троллейбусы с автономным ходом. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://traffic.od.ua/blogs/1541/1213685>
2. Свідчення про реєстрацію авторського права на твір № 94391 «Науковий твір "Звіт про науково-дослідну роботу «Порівняння експлуатаційних витрат автобусів та тролейбусів з різними видами силових установок»» / С.І. Андрусенко, В.Б. Будниченко, В.С. Подпіснєв (Україна). – № 95641; заявка від 06.11.2019; зареєстр. 03.12.2019.

Андрусенко Сергій Іванович, кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, Національний транспортний університет, м. Київ, sergeandrusenko@gmail.com

Будниченко Валерій Борисович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, Національний транспортний університет, м. Київ, budnyvb@i.ua

Подпіснєв Владислав Сергійович, асистент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, Національний транспортний університет, м. Київ, vpodpisnov@ukr.net

COMPARISON OF OPERATING COSTS FOR BUSES AND TROLLEYBUSES EQUIPPED WITH DIFFERENT TYPES OF POWER PLANTS

Abstract

A method was elaborated for comparative study of operating costs for buses and trolleybuses equipped with different types of power plants and for determining the feasibility and efficiency of using different types of vehicles on routes with partial autonomous driving.

Keywords: comparison, operating costs, bus, trolleybus, autonomous driving, power plant, catenary, diesel generator, battery..

Andrusenko Serhii, Ph.D. in Technical Science, Professor, Head of the Department of Motor Vehicle Maintenance and Service, National Transport University, Kyiv, sergeandrusenko@gmail.com

Budnychenko Valerii, Ph.D. in Technical Science, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Motor Vehicle Maintenance and Service, National Transport University, Kyiv, budnyvb@i.ua

Podpisnov Vladyslav, Assistant Lecturer of the Department of Motor Vehicle Maintenance and Service, National Transport University, vpodpisnov@ukr.net

ЗБІЛЬШЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ВУЛИЦЬ УДОСКОНАЛЕННЯМ СВІТЛОФОРНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі наведено результати розробки графіку світлофорного регулювання за окремими напрямками, як взаємопов'язаної системи, з врахуванням покращеного алгоритму управління світлофорною сигналізацією для вулично-дорожньої мережі м. Вінниця по вул. Келецька.

Ключові слова: світлофорне регулювання, транспортні потоки, рух, автоматизовані системи.

Вступ

Автоматизовані системи світлофорного регулювання дорожнього руху сприяють максимально повному використанню пропускної здатності вулично-дорожньої мережі та зменшенню аварійності у містах через внесення змін в режими руху транспортних засобів і пішоходів.

Порівнюючи з будівництвом нової транспортної інфраструктури цей напрям є дешевшим, термін його реалізації є меншим та дозволяє мінімізувати затримки учасників дорожнього руху, знизити кількість викидів шкідливих у навколишнє природне середовище. За рахунок мінімізації часу руху в конфліктних зонах зменшується кількість і важкість дорожньо-транспортних пригод.

Результати дослідження

Координоване регулювання – це режим роботи світлофорних об'єктів на магістралі чи в районі, що забезпечує безупинний проїзд всіх перехресть на магістралі координації чи за маршрутом координованого регулювання транспортних засобів, що рухаються з розрахунковою швидкістю, яка не перевищує обмежень накладених правилами дорожнього руху.

В результаті проведених розрахунків з координування за даними про цикл координації та режими світлофорних об'єктів на магістралі є одержання значень зсувів моментів початку горіння зелених сигналів по магістральних напрямках. Графік координованого регулювання являє собою графічне відображення у двовимірній системі координат руху щільних груп транспортних засобів і будується за графоаналітичним методом.

Для отримання головної послідовності графіка координованого регулювання розв'язується задача комівояжера з урахуваннями тривалості мінімальних проміжків.

Вихідними даними для створення графіку світлофорного регулювання маршруту є:

- відстані між стоп-лініями сусідніх перехресть, що внесені до плану координації;
- розрахункові швидкості руху транспортних потоків в прямому та зворотному напрямках;
- нумерація перехресть та під'їздів.

Для кожного перехрестя наводиться порядок слідування груп безконфліктних напрямів, що забезпечує проходження щільної групи транспортних засобів у межах часового коридору. Тобто щільна група транспортних засобів зможе проїхати перехрестя на яких світлофори працюють відповідно до розробленого алгоритму, без зупинок рухаючись з рекомендованою швидкістю, так звана «зелена хвиля». Як результат зменшується час руху транспортного засобу, його витрата палива та кількість шкідливих викидів відпрацьованих газів, а саме головне покращується безпека руху на автомобільних дорогах.

На рис. 1 наведено результат побудови графіку регулювання для вул. Келецька м. Вінниця враховуючи покращений алгоритм управління світлофорною сигналізацією для оптимального співвідношення між дозволяючими світлофорними сигналами.

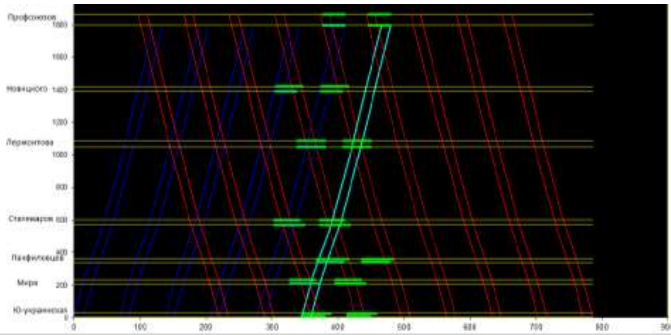


Рисунок 1 – Проектний графік координованого регулювання для вул. Келецька м. Вінниця

Штрих-пунктирними лініями позначено межі смуг перехресть, яким відповідає розташування стоп-ліній на виїздах на перехрестя. Суцільною тонкою лінією позначено стрічки часу прямого та зворотного напрямку, що відповідають руху транспортних засобів від початкового до кінцевого перехрестя.

Потовщеними лініями на графіку позначено кальки, тобто фрагменти циклограм магістральних напрямів регулювання, що включають в себе зелений та зелений миготливий сигнали.

Висновки

Запропоновано змінити графік світлофорного регулювання з врахуванням покращеного алгоритму управління світлофорною сигналізацією для вул. Келецька, що забезпечить рух щільної групи транспортних засобів без зупинок рухаючись з рекомендованою швидкістю. Це спричиняє зменшення часу руху, витрата палива та кількість шкідливих викидів відпрацьованих газів, а саме головне покращується безпека руху на автомобільних дорогах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Трушевський В.Е. Особливості розрахунку режимів світлофорного регулювання при здійсненні управління за сигнальними групами / В. І. Єресов, В. Е., Трушевський // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – №4/3. – С. 9–13.
2. Рейцен Е. А. Оптимизация цикла работы светофора с использованием методов линейного программирования / Е. А. Рейцен, А. Г. Богданов // Місто-будування та терит. планує. – 2003. – № 14. – С. 143–151.

Галушчак Олександр Олександрович - кандидат технічних наук, старший викладач, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, galushchak.gs@gmail.com

Галушчак Дмитро Олександрович - кандидат технічних наук, доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, galuschak.d@gmail.com

Кужель Володимир Петрович - кандидат технічних наук, доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, kuzhel2017@gmail.com

INCREASING THE STREETS CAPACITY BY IMPROVING TRAFFIC LIGHT REGULATION

Abstract

The paper presents the results of development of the schedule of traffic light regulation in a separate direction, as an interconnected system, taking into account the improved algorithm of traffic light control for the street and road network of Vinnytsia on the street. Kielce.

Keywords: traffic light regulation, traffic flows, traffic, automated systems.

Oleksandr Halushchak - Ph.D., Senior Lecturer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, galushchak.gs@gmail.com

Dmytro Halushchak - Ph.D., Associate Professor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, galuschak.d@gmail.com

Volodimir Kuzhel - Ph.D., Associate Professor, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, kuzhel2017@gmail.com

ПРИСТОСУВАННЯ ПРИЧІПНИХ АГРЕГАТІВ ТРАКТОРІВ ДО ВИМОГ ТРАНСПОРТУВАННЯ ШЛЯХАМИ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

¹Національний університет «Запорізька політехніка», AGRIMET Sp. z o.o. (Польща)

²Національний університет «Запорізька політехніка»

Анотація

Впровадження нових конструктивних схем до агрегатів ґрунтообробки потребує в першу чергу виконання умови щодо безпечного транспортування шляхами загального користування. Ці умови є різними для вітчизняних виробників і виробників з країн ЄС. Найбільш доцільним в даному випадку є перехід до Європейських умов експлуатації причіпних ланок сільськогосподарської техніки

Ключові слова: габаритна ширина, причіпна ланка, гальмівна система, довжина дишла, радіус повороту.

Якість роботи та економічна ефективність ґрунтообробних знарядь залежить від їх конструктивних особливостей. Якість роботи деколи виявляється відчутною настільки, що виникає необхідність впровадження модельного ряду знарядь для кожного регіону ґрунтово-кліматичної зони.

Розробка нової технології та поява більш досконалої конструктивної схеми дискової борони призводить до необхідності істотно її інтегрувати до правового поля з точки зору можливості транспортування шляхами загального користування. На відміну від традиційної (інтенсивної) технології, дискова борона проводить основну обробку ґрунту, лише на глибину 8...12 см з подрібненням поживних залишків і їх перемішуванням. Така глибина обробки дозволяє збільшувати габаритну ширину захвату агрегату до 12м, оскільки сила опору на гаку потребує використання трактора з потужністю до 400к.с. [1].

Основними виробниками таких ґрунтообробних агрегатів є ТОВ «Белагромаш-сервіс» (м. Белгород), ТОВ «БДМ-Агро» (м. Краснодар), Lemken і Amazone (ФРН), Väderstad (Швеція), Kuhn, Agrisem і Gregoire Besson (Франція), Gaspardo (Італія), Keis і Sanflorer (США) і ін.

При застосуванні дискової борони з шириною захвату 12м все повинно бути направлено на підвищення її продуктивності: висока швидкість обробки ґрунту, цілодобовий режим роботи агрегату, підбір кваліфікованих механізаторів.

Обробка ґрунту після збирання в найкоротший термін окупає себе створенням необхідних умов для проростання насіння і вегетації рослин, а також економією палива і витрат праці.

Для дискової борони з захватом 12 метрів є дві принципові схеми складання сільськогосподарського агрегату до транспортного положення.

Перший передбачає трьохсекційну конструктивну схему, де дві крайні секції складаються до дишла трактору під кутом 90 градусів в площині паралельній поверхні руху.

Другий передбачає конструктивну схему складання «крило чайки», де секції складаються у транспортне положення перпендикулярно площині руху [2].

Обидві наведені схеми повинні забезпечити габаритну ширину та висоту відповідно 3 на 4 метри згідно вимог Європейського законодавства § 32 StVZO, § 22 (2) StVO та § 29 VwVstO.

Конструктивно компанія AGRIMET Sp. z o.o. вирішує це питання шляхом розробки нових схем та елементів складання ґрунтообробного агрегату в транспортне положення, де головною метою є забезпечення виконання якісного технологічного процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кобець А.С. Грунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія / А.С. Кобець, Б.А. Волик, А.М. Пугач. – Дніпропетровськ: Вид-во «Свідлер А.Л.», 2011. – 140 с.

2. Брагинец Н.В. Анализ конструкций дисковых рабочих органов и теоретическое обоснование повышения эффективности процесса обработки почвы за счет использования более совершенных рабочих органов [Электронный ресурс] / Брагинец Н.В., Шовкопляс А.В. – Режим доступа: http://www.khntusg.com.ua/files/sbomik/vestnik_111/statia_13.pdf

Сосик Андрій Юрійович – к.т.н., доцент. Завідувач кафедри «Автомобілі» Національного університету «Запорізька політехніка». Запоріжжя. Керівник бюро інноваційних розробок AGRIMET Sp. z o.o. Голдап (Польща). andrii.sosik@gmail.com

Дударенко Ольга Василівна – к.т.н., доцент кафедри «Автомобілі» Національного університету «Запорізька політехніка». Запоріжжя. ovdudarenko@gmail.com

ADAPTATION OF TRAILER UNITS TO THE REQUIREMENTS OF TRANSPORTATION BY GENERAL ROAD

Abstract

The introduction of new design schemes for tillage units requires, first of all, the fulfillment of the condition of safe transportation by public roads. These conditions are different for domestic producers from EU countries. The most appropriate in this case is the transition to European conditions for the operation of trailed links of agricultural machinery

Keywords: overall width, trailer link, brake system, drawbar length, turning radius.

Sosyk Andrii – associate professor, candidate of technical sciences. Head of department «Automotive» National University "Zaporizhzhya Polytechnic" . Zaporizhzhya. Head of the bureau of innovative developments AGRIMET Sp. z o.o. Goldap (Poland). andrii.sosik@gmail.com

Dudarenko Olha – candidate of technical sciences, associate professor department «Automotive» National University "Zaporizhzhya Polytechnic" . Zaporizhzhya. ovdudarenko@gmail.com

РЕЗУЛЬТАТИ ПРОГНОЗУВАННЯ ОБСЯГІВ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ ТА ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮВАЛЬНИХ РЕЧОВИН ДОРОЖНІМИ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ В УКРАЇНІ НА ПЕРІОД ДО 2050 Р. ЗА РІЗНИМИ СЦЕНАРІЯМИ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ ТА ДЕРЖАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

¹ДП «ДержавтотрансНДІпроект»

Анотація

Наведено отримані на основі математичного моделювання результати прогнозування обсягів споживання енергії та викидів забруднювальних речовин дорожніми транспортними засобами в Україні на період до 2050 р. за різними сценаріями соціально-економічного розвитку та державного регулювання у цій сфері.

Ключові слова: Дорожній транспорт, споживання енергії, викиди парникових газів, викиди шкідливих речовин.

Вирішення таких проблем, як зменшення енергетичної залежності транспорту, виконання міжнародних зобов'язань України у сфері зміни клімату, де дорожній транспорт перетворюється на найбільш складний сектор, та зменшення забруднення транспортом атмосферного повітря токсичними речовинами і відповідних макроекономічних збитків, вимагає послідовної та обґрунтованої реалізації протягом значних часових періодів оптимального комплексу заходів, відповідних масштабних інвестицій у транспортну, машинобудівну, дорожню, енергетичну, та інші галузі. Питання довгострокового прогнозування наслідків прийнятих рішень та їх оптимізації набуває особливого значення.

На основі методологічних підходів, викладених, зокрема в [1], розроблено математичні моделі, що дозволяють спрогнозувати споживання енергії, викиди парникових газів та токсичних забруднювальних речовин парком дорожніх транспортних засобів (ДТЗ) в країні за різними макроекономічними сценаріями та варіантами державного регулювання в цій сфері.

Як приклад, на рис. 1 і рис. 2 наведено, відповідно, прогнози споживання енергії та викидів CO₂ дорожнім транспортом в Україні за базовим сценарієм та поточним варіантом регулювання.

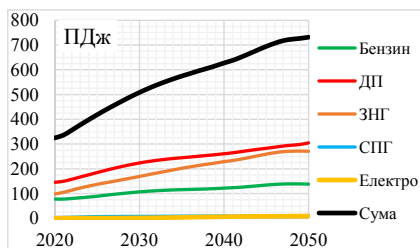


Рисунок 1 – Споживання енергії за базовим сценарієм та поточним варіантом регулювання

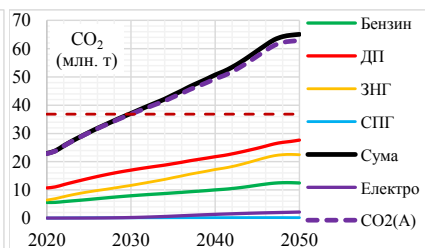
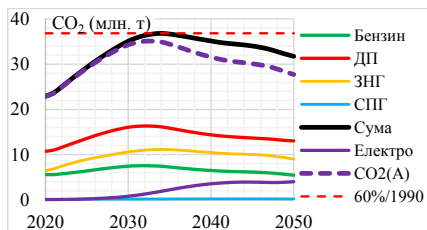


Рисунок 2 – Викиди CO₂ за базовим сценарієм та поточним варіантом регулювання

Як можна побачити з рис. 2, за умов збереження поточної політики у секторі та реалізації базового макроекономічного сценарію відповідно до прогнозів [2], вже у 2030-2031 роках викиди CO₂ сектором перевищать гранично допустимі значення, встановлені законодавчо на

національному рівні та визначені як міжнародні зобов'язання України за Паризькою кліматичною угодою. Стимування зростання в оглядовій перспективі споживання енергії та викидів парникових газів є неможливим виключно стимулюванням, наприклад, зростання частки електромобілів, або впровадженням жорстких стандартів енергоефективності для нових ДТЗ. Посадження цих двох заходів може дозволити (із створенням відповідних передумов) планувати більш амбітні цілі зі скорочення викидів парникових газів дорожнім транспортом лише після 2034 року навіть за граничним сценарієм, показаним на рис. 3, що потребує значних ресурсів.

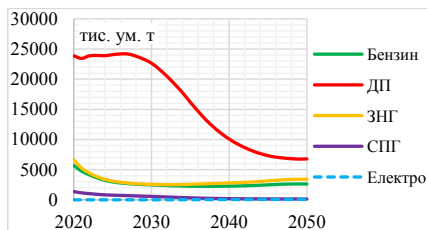
Прогнози зміни екологічної структури парку за базовим сценарієм (як приклад), наведено на рис. 4.



Рисунки 3 – Викиди CO₂ за умов впровадження жорстких стандартів енергоефективності та стимулювання швидкого зростання частки електромобілів

Рисунки 4 – Екологічна структура парку за базовим сценарієм та поточним варіантом регулювання

Умовні, зведені до CO, викиди забруднювальних речовин за оптимістичним макроекономічним сценарієм та поточним варіантом регулювання, а також умов повернення регулювання екологічних вимог до ДТЗ, що були в користуванні, розраховано на основі методології [3] та показано на рис. 5 і 6 відповідно.



Рисунки 5 – Умовні, зведені до CO, викиди забруднювальних речовин за оптимістичним макроекономічним сценарієм та поточним варіантом регулювання

Рисунки 6 – Умовні, зведені до CO, викиди забруднювальних речовин за базовим сценарієм та поверненням регулювання екологічних вимог до ДТЗ, що були в користуванні

В цілому розглянуто різні макроекономічні сценарії та варіанти управління у цій сфері, що дозволяє визначити обґрунтовані напрями і заходи з державного регулювання, розподілу ресурсів тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Клименко О.А. Щодо теоретико-методологічних основ системного управління ефективністю використання енергії та забрудненням довкілля дорожнім транспортом // Автошляховик України, 2020, № 4 (С2-9).
2. Звіт з моделювання, підготовлений Інститутом економіки та прогнозування Національної академії наук України в рамках проекту «Support to the government of Ukraine of updating its nationally determined contribution (NDC)» С40502/8492/47661, EBRD (138p).
3. Alexey Klimenko (2020). Aggregated toxicity of road vehicles as basis for future regulation in the field of atmospheric air protection. SN Applied Sciences (2020) 2:2050 | <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03874-w>.

Клименко Олексій Андрійович, к.т.н., доцент, в.о. заступника директора з наукової роботи
ДП «ДержавтотрансНДІпроект», м. Київ, aklimenko.insat@gmail.com

**THE RESULTS OF FORECASTING ENERGY CONSUMPTION AND EMISSIONS
OF POLLUTANTS BY ROAD VEHICLES IN UKRAINE
FOR THE PERIOD UP TO 2050 UNDER DIFFERENT SCENARIOS OF SOCIO-ECONOMIC
DEVELOPMENT AND GOVERNMENT REGULATION**

Abstract

The results of forecasting the volumes of energy consumption and pollutant emissions by road vehicles in Ukraine for the period up to 2050 under different scenarios of socio-economic development and state regulation in this area are obtained on the basis of mathematical simulation.

Keywords: Road transport, energy consumption, greenhouse gas emissions, emissions of harmful substances

Klymenko Oleksiy, PhD, Associate Professor, Acting Deputy Director for Research, State Enterprise State Road Transport Research Institute, aklimenko.insat@gmail.com

АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА АВТОМОБІЛІВ ТА ТРАКТОРІВ НА БАЗІ WES-МЕТОДОЛОГІЇ

Львівський Національний Аграрний Університет

Анотація

Проаналізовано розвиток будівництва важкої техніки, зокрема, сільськогосподарської та військової, сільні риси для їзди по бездоріжжю, та порівняння завдань, які передбачені для двох груп агрегатів. В даній роботі авторами показано як можна на прикладі WES-методології швидко та без зайвих зусиль визначити прохідність, будь-якої моделі, за допомогою показника Mean Maximum Pressure (MMP), аналізуючи проблеми агроекології для сільського господарства.

Ключові слова: техніка, опорна поверхня, прохідність, модель, оцінка.

Агроекологічну оцінку автомобілів та тракторів для сільського господарства можна тісно пов'язати з розробленням військової автомобільної техніки (ВАТ) нового покоління для потреб Збройних Сил (ЗС) України, що виступає пріоритетним завданням, яке з одного боку продиктоване переходом країнами блоку НАТО, Китаю та Росії на новітні зразки ВАТ, з іншого боку з початком ведення АТО (ООС) на сході нашої держави. Під час руху по бездоріжжю важливим аспектом є вплив опорної поверхні (ОП) на техніку, при цьому не важливо чи це сільськогосподарські агрегати, чи техніка військового призначення.

За останні 30 років маса тракторів збільшилась в 2,5-3,0 рази, тиск на ґрунт ходових частин також збільшився та досягає 420 кПа і більше, що несе негативний вплив на угіддя. Фактично, відсутність гранично допустимих значень тиску на ґрунт, пояснює зростання актуальності агроекологічної проблеми сільськогосподарської техніки. Чинні з 2007р. в Україні норми тиску на ґрунт ходових систем мобільної сільськогосподарської техніки [1, 2], практично близькі з попередніми радянськими за ГОСТ [3], відрізняючись від жорстких вимог, які діють на територіях країн ЄС. Все це обумовлює зростання інтенсивності обробітку землі з умов дотримання найшвидших термінів та відповідного підвищення ефективності роботи машино-тракторних агрегатів (МТА). Останнє у свою чергу і зумовило впродовж 30-40 років суттєве, 2-3 кратне зростання потужності тракторів (тягових зусиль, ширини захвату), що потягнуло за собою збільшення повної маси, а відповідно питомого тиску на ґрунт з іншими негативними наслідками

Проблеми руху колісних машин бездоріжжям, теоретично будуються на засадах взаємодії колеса чи гусениці з ОП, що деформується, значно детальніше (у порівнянні до аграрної сфери) розглянуті у сфері військової техніки, насамперед з умов оцінки прохідності чи потенційних швидкостей руху. Звично у цій сфері як перманентний не розглядається вплив на: урожайність, відповідні структурні зміни пористості ґрунту, зміни повітря- і вологонасиченості. Але відчутна механіка деформації ОП рушієм мобільної техніки, відповідного ущільнення ґрунту при 1...50 проходах колією, залежно як від фізико-механічних характеристик ОП, так і конструктивних вагових параметрів автомобіля, що діють у зоні контакту з нею [4].

У цьому аспекті заслуговує уваги кількісна оцінка потенційної прохідності машин, що базується на розрахунку так званого ефективного питомого тиску машини у зоні контакту рушія (коліс чи гусениць) з твердою ОП – так званий MMP показник (Mean Maximum Pressure) опрацьований королівським центром науково-дослідних робіт у сфері озброєння Великобританії – RARDE (Royal Armament Research and Development Establishment UK) [5]. У військовій сфері значення MMP для конкретної моделі колісної чи гусеничної машини з прив'язкою під відповідне значення узагальненого показника здатності ОП – так званого конусного індекса CI (Cone Index) дозволяє оперативну оцінити прохідність чи непрохідність даної місцевості ОП для даної моделі машини. У нашому випадку показник MMP загальною характеризує питомий тиск

машини у контакті з ОП, що визначений самою конструкцією (вага, кількість осей, розмірність шин і відповідна пляма контакту з ОП)

$$MMP = \frac{k \cdot G_a}{2n \left(\frac{\delta}{n}\right)^{0,5} d^{1,15} b^{0,85}}, \quad (1)$$

де k – коефіцієнт осей; G_a – сила тяжіння ТЗ; n – кількість осей; d – зовнішній діаметр шини; b – ширина шини у зоні профілю протектора; $\frac{\delta}{n}$ – питома деформація шини на твердій ОП ($\frac{\delta}{n} = 0,18$

при номінальному тиску для номінальної повної маси машини), $\frac{\delta}{n} = 0,35$ – при тиску повітря у шині 30% від номінального).

Очевидно також, що для сільськогосподарської техніки (порівнюючи з військовою) є також важливою оцінка прохідності, однак формування оцінки-розрахунку питомого тиску на ґрунт з відповідною корекцією формули щодо нерівномірності навантажень і площі контакту шин з ОП по осях представляє практичний інтерес для оцінки конструкції з умов агроєкології (у тому числі і на стані розробки, чи формування вимог та умов використання машин на практиці) [4].

Практичний інтерес представляє оперативна оцінка здатності розмочених ґрунтових ОП у весняно-осінній періоді на базі WES-методики за допомогою узагальненого показника фізико-механічних характеристик ОП конусного індексу CI, що комплексно поєднують такі класичні і загальноприйняті з часів СРСР/СНД показники, як модуль деформації E (модуль Юнга) та горизонтального зсуву ґрунту - G . Зрештою оперативне визначення CI на конкретній ділянці дозволить (на базі відповідних емпіричних узагальнень) дати оцінку та визначити пористість ґрунту, вміст повітря та води у верхніх шарах ґрунту, що важливо і для оцінки фізичної стиглості ґрунту для проведення тих чи інших видів обробітки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ 4521: 2006 Техніка сільськогосподарська мобільна. Норми дії ходових систем на ґрунт / Київ, Держспоживстандарт. 2006. 18с.
2. ДСТУ 4977: 2008 Техніка сільськогосподарська мобільна. Методи визначення максимального напруження в ґрунті під дією ходових систем; Київ, Держспоживстандарт. 2008. – 21с.
3. ГОСТ 26955-86, ГОСТ 26953-86, ГОСТ 26954-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву. Методы определения воздействия движителей на почву. Метод определения максимального нормального напряжения в почве.
4. Артьомов М.П. Влияние зміни вертикальних прискорень машинно-тракторних агрегатів на ущільнення ґрунту, при виконанні агротехнічних операцій. Інженерія природокористування. 2017, №2; с. 90-95.
5. Wong, Y. J. Terramechanics and off road vehicle engineering; second ed. – London. Butterworth – Hanemann, 2010. 482 p

Крайник Любомир Васильович - доктор технічних наук, професор кафедри “Автомобілебудування”, Національного університету “Львівська політехніка” м. Львів, Україна, e-mail: l.kraynyk@gmail.com

Сивулька Петро Михайлович – аспірант, Галузеве машинобудування, Львівський Національний Аграрний Університет, e-mail: Petrl111@i.ua

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF CARS AND TRACTORS BASED ON WES-METHODOLOGY

Abstract

The development of construction of heavy machinery, in particular agricultural and military, is analyzed. Common features for off-road driving and comparison of tasks that are provided for the two groups of machinery. In this paper, the authors show, in terms of WES-methodology, the possibility to quickly and effortlessly determine the off-road capability of any model, using the indicator Mean Maximum Pressure (MMP), analyzing the problems of agroecology for agriculture.

Key words: machinery, area of bearing, off-road capability, model, evaluation.

Lybomyr Krajnyk - Doctor of technical sciences, professor Professor of Automotive Engineering Department, Lviv Polytechnic National University Lviv, Ukraine, e-mail: l.kraynyk@gmail.com

Petro Syvulka – postgraduate, Branch Engineering, Lviv National Agrarian University, Ukraine, e-mail: Petrl111@i.ua

ОСОБЛИВОСТІ РОЗМІЩЕННЯ МІСЦЬ ГЕНЕРАЦІЇ ПОТОКІВ УЧАСНИКІВ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В МІСТАХ

¹Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація

Всі міські пересування генеруються у певних точках, які нерівномірно розподілені на вулично-дорожній мережі. У роботі розглянуто особливості розташування місць генерації транспортних та пішохідних потоків у населених пунктах.

Ключові слова: пересування міського населення, учасники дорожнього руху, місця генерації потоків в містах.

Процес пересування населення формує певний об'єм дорожнього руху вулично-дорожньою мережею (ВДМ) і утворює потоки його учасників. Всі вони мають свої точки генерації та притягання. Місця генерації транспортних (за видами) та пішохідних потоків відрізняються між собою та залежать безпосередньо від способу пересування. Для аналізу пересування населення в містах обрано такі типи потоків: пішохідні, персонального легкого транспорту (включно із велосипедними), громадського транспорту та персонального автотранспорту.

Місця генерування потоків можна поділити на такі типи: торгові й побутового обслуговування мешканців; видовищні; робочі, навчальні та житлові; громадського транспорту [1].

Піші переміщення є найменшими за відстанню, проте становлять значну частку у розподілі за способом пересування. До того ж, майже кожне пересування містом розпочинається та/або завершується пішки (підхід до зупинки громадського транспорту, автостоянки тощо), що формує інтермодальні маршрути пересування населення.

Основними місцями генерації пішохідних потоків є, в першу чергу, житлова забудова, а також автомобільні паркінги, зупинки громадського транспорту, об'єкти культурно-побутового обслуговування мешканців [1].

У сучасних містах точки генерації потоків персонального легкового транспорту корелюють із пішохідними, а основним їх місцем є житлова забудова. Також у містах, де функціонують велосипедні чи самокатні станційні прокати, місцями генерації потоків є безпосередньо самі станції.

У населених пунктах із високою часткою велоруку (включаючи інші засоби мікромобільності) в розподілі за способом пересування, додатковими точками генерації таких потоків будуть транспортно-пересадкові вузли.

Щодо громадського транспорту, то, очевидно, що місця генерації цих потоків залежать від конфігурації міської мережі громадського транспорту і будуть розташовані безпосередньо на зупинкових пунктах. Особливо значними генеруючими властивостями володіють транспортно-пересадкові вузли.

Потоки персонального автотранспорту в основному генеруються в місцях зберігання індивідуальних транспортних засобів – паркінги, гаражні кооперативи, житлова забудова, а також поблизу вузлів зовнішнього транспорту, торгово-розважальних і офісних центрів, ринків та супермаркетів.

Найбільш точну інформацію щодо місць та обсягів генерації транспортних і пішохідних потоків можна отримати методом ручного підрахунку безпосередньо на ВДМ [1]. Крім того, досить ефективним методом є опитування щодо мобільності мешканців, в якому респонденти зазначають місця початку та завершення кожного свого переміщення [2]. Іншим, менш трудоземним способом, є оцінка точок генерації пересувань за допомогою аналізу даних мереж мобільних операторів [3].

Дані щодо обсягів та місць генерації транспортних і пішохідних потоків можна застосовувати у транспортному моделюванні. Ця інформація дозволяє оцінити розподіл місць початку та завершення пересувань мешканців на ВДМ та проєктувати й удосконалювати транспортну систему міста відповідно до попиту.

Також важливим є розподіл та аналіз місць генерації за способами пересування, оскільки, кожен з них вимагає особливого підходу до дослідження та інфраструктурного забезпечення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Застосування моделей і методів ергономіки і логістики в транспортних системах : монографія / [В. К. Доля, Ю. О. Давідич, О. О. Лобашов та ін.] ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: Видавництво «Лідер», 2016. – 332 с.

2. Мобільність львів'ян: результати дослідження [Електронний ресурс] // Мобільність Львова. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://mobilitylviv.com/lviv-modal-split-survey-results-2019/>.

3. Кара І. А. Визначення пасажиропотоків на міських маршрутах з використанням нечіткої логіки та транзакцій абонентів стільникового зв'язку : дис. канд. техн. наук : 05.22.01 / Кара Інна Андріївна – Львів, 2017. – 208 с.

Сотнікова Анна Олександрівна, аспірантка, асистентка кафедри транспортних технологій, Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, anna.o.sotnikova@lpnu.ua.

FEATURES OF TRAFFIC PARTICIPANTS' FLOWS GENERATION LOCATIONS IN CITIES

Abstract

All urban traffic is generated at certain points, which are unevenly distributed on the street-road network. The paper describes the peculiarities of the transport and pedestrian flows generation places siting.

Keywords: movement of urban population, road users, places of flows generation in cities.

Anna Sotnikova. PhD student, assistant professor at Transport Technologies Department, Lviv Polytechnic National University, Lviv, anna.o.sotnikova@lpnu.ua.

РОЛЬ ВАНТАЖНИХ МИТНИХ КОМПЛЕКСІВ ПРИ ВИКОНАННІ КОМБІНОВАНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ

Національний транспортний університет

Анотація

Розглянуто процес митно-логістичного обслуговування вантажовласників на вантажних митних комплексах при виконанні комбінованих перевезень. Досліджено діяльність вантажних митних комплексів з урахуванням попиту на комбіновані перевезення. Сформульовано критерії оцінки ефективності роботи об'єктів митної інфраструктури при здійсненні міжнародних комбінованих перевезень.

Ключові слова: комбіновані перевезення, вантажний митний комплекс, митно-логістичне обслуговування.

Інтеграційні процеси, пов'язані з наміром вступу України до Європейського Союзу, потребують розробки та впровадження заходів з удосконалення взаємодії митно-логістичної інфраструктури України і країн-партнерів. Формування стратегічних напрямків співпраці полягає в розробці відповідного нормативно-правового, технічного, технологічного та організаційного забезпечення здійснення доставки товарів у міжнародному сполученні. Інтенсивне збільшення обсягів експортно-імпорتنих вантажопотоків вимагає оперативного планування процесу доставки товарів різними видами транспорту у міжнародному сполученні. Одним із важливих заходів є застосування принципів логістики з метою оптимізації термінів виконання всіх необхідних операцій, оскільки узгодження матеріальних, фінансових та інформаційних потоків забезпечить точність виконання умов договору купівлі-продажу, сприятиме зростанню рівня довіри до українських суб'єктів підприємницької діяльності. Світові лідери ринку логістичних послуг формують стратегії удосконалення доставки товарів у міжнародному сполученні та виконання супутніх процесів, пов'язаних з документальним та технологічним забезпеченням. Україна, в свою чергу, запозичує досвід прогресивних країн для впровадження сучасних тенденцій логістичного обслуговування у діяльності вітчизняних суб'єктів ринку транспортних послуг як в межах держави, так і при взаємодії з контрагентами.

Досить поширеною у світовій практиці є організація комбінованих перевезень вантажів у міжнародному сполученні. Для України даний напрямок діяльності є недостатньо вивченим в зв'язку з деякими технічними обмеженнями та недостатнім рівнем фінансування галузі. Та попри все, спільними зусиллями держави і приватних логістичних підприємств відбувається удосконалення комбінованих перевезень в країні, формування нових стратегічних напрямків щодо залучення більшої кількості замовників до даного виду перевезень.

Невід'ємною складовою міжнародних комбінованих перевезень є взаємодія з митними органами як митниці країни-виправлення, так і митниці країни-призначення. Значні часові затримки виникають, перш за все, при виконанні митного оформлення експорту або імпорту, а також при проходженні митного та прикордонного контролю в пунктах пропуску. Тому, при плануванні тривалості доставки досить важливим елементом є врахування часових характеристик виконання митних формальностей, а також можливих затримок при очікуванні черги на обслуговування.

Ефективність роботи вантажних митних комплексів при організації комбінованих перевезень полягає в оптимізації управління матеріальними, інформаційними та фінансовими потоками для забезпечення комплексного митно-логістичного обслуговування. Перевагами виконання митно-логістичного обслуговування на вантажних митних комплексах при здійсненні комбінованих перевезень, є: інтеграція учасників транспортного процесу у єдину

систему обслуговування, що забезпечує ефективне управління вантажопотоками; забезпечення взаємодії митних органів з суб'єктами підприємницької діяльності; комплексне обслуговування зовнішньоторговельних вантажів; мінімізація витрат на транспортно-логістичні послуги; зменшення кількості логістичних посередників; скорочення часу на виконання митних формальностей [1, 2].

На сьогоднішній день суттєвим недоліком функціонування вітчизняних вантажних митних комплексів при виконанні комбінованих перевезень є обмеженість їх технічного забезпечення для доступу різних видів транспорту, оскільки, більшість з них пристосована лише для обслуговування автомобільних перевезень.

Застосування послуг вантажних митних комплексів забезпечує виконанням митних формальностей у різних митних режимах, послуги митних складів і складів тимчасового зберігання, митно-брокерські послуги, управління вантажопотоками, надання транспортно-експедиторських та інших послуг. Саме за рахунок комплексного митно-логістичного обслуговування на вантажних митних комплексах стане можливим ефективно здійснювати організацію і планування комбінованих перевезень вантажів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лужанская Н.А. Роль грузовых таможенных комплексов во внешнеторговом потенциале Украины *Транспорт в интеграционных процессах мировой экономики: материалы международной научно-практической онлайн-конференции*. 24 апреля 2020 г. Гомель : БелГУТ, 2020. С. 143-144.

2. Luzhanska N., Kotsiuk O., Lebid I., Kravchenya I., Demchenko Ye. The influence of customs and logistics service efficiency on cargo delivery time. *Proceedings of the National Aviation University*. 2019. № 3 (80). P. 78-91. DOI: <https://doi.org/10.18372/2306-1472.80.14277>

Лебідь Ірина Георгіївна – к.т.н., доцент, доцент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: i.h.lebed@gmail.com

Щелкунов Антон Васильович – аспірант кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м. Київ

Лужанська Наталія Олександрівна – старший викладач кафедри транспортних технологій, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: natali.luzhanska@gmail.com

THE ROLE OF CUSTOMS CARGO COMPLEXES IN COMBINED TRANSPORT OF GOODS

Abstract

The process of customs and logistic service of cargo owners at cargo customs complexes at performance of combined transportations is considered. The activity of cargo customs complexes was investigated taking into account the demand for combined transport. Criteria for evaluating the efficiency of customs infrastructure objects in international combined transport are formulated.

Keywords: combined transportations, cargo customs complex, customs and logistic service.

Lebid Iryna – PhD, Associate Professor, Associate Professor of Department of International Transportation and Customs Control, National Transport University, Kyiv, e-mail: i.h.lebed@gmail.com

Schelkunov Anton – Graduate Student of Department of International Transportation and Customs Control, National Transport University, Kyiv

Luzhanska Nataliia – Senior Lecturer of Department of Transport Technologies, National Transport University, Kyiv, e-mail: natali.luzhanska@gmail.com

ЛАБОРАТОРНИЙ ЕКСПРЕС-МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ СТАЛЕЙ ПОРТОВИХ КРАНІВ

¹Одеський національний морський університет МОН України

²Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України

Анотація

Експлуатаційну деградацію металоконструкцій портових кранів змодельовано у лабораторних умовах багаточиклового навантаженням. Виділено три стадії деградації механічних властивостей сталей портових металоконструкцій. На першій стадії чутливі до циклування характеристики змінюються практично в однаковій мірі: підвищується твердість і значно знижуються відносне видовження і ударна в'язкість. Другій стадії властива поява і розвиток мікротріщин, що майже наполовину знижує ударну в'язкість. Після утворення макротріщин на третій стадії подальше циклічне навантаження практично не впливає на механічні властивості сталей.

Ключові слова: портові крани, експлуатаційна деградація, сталі, циклічне навантаження.

Металоконструкції портових кранів експлуатуються за умов багаточиклового навантаження, Традиційні підходи до оцінки їх планового ресурсу є малоприматні для обґрунтування наднормативної безпечної експлуатації таких конструкцій. Вони оперують вихідними характеристиками металу, а тривала експлуатація, особливо в режимі інтенсивного циклічного навантаження, спричиняє деградацію механічних властивостей. Врахування цього чинника в прогнозуванні залишкової міцності металоконструкцій портових кранів принципово змінює його методологію [1–4]. В її реалізації важливо опиратися на лабораторні експрес-методи деградації сталей, які би максимально враховували умови їх експлуатації.

У роботі досліджували вплив попереднього циклічного навантаження розтягом на механічні властивості сталей 09Г2С та 17ГС портових вантажопіднімальних кранів. Твердість сталі після циклування істотно (до 20%) підвищилась, границя плинності $\sigma_{0.2}$ дещо зросла, границя міцності σ_B та відносне звуження ψ практично не змінились, тоді як відносне видовження δ має чітку тенденцію зниження до 15%. Найбільше знизилася ударна в'язкість, до 55% від рівня КСВ вихідного металу.

Досліджено також вплив тривалості циклування (кількість циклів навантаження N_k) на базові механічні властивості сталей за певного рівня напружень $\sigma_{max} = 380$ і 350 МПа для сталей 09Г2С і 17ГС відповідно. Рівень прикладених до зразка напружень представили відношенням N_k / N_f , де N_f – прогнозована, за кривою обмеженої довговічності, кількість циклів до руйнування (рис. 1). На отриманих залежностях для найчутливіших до циклування характеристик (δ , HRB та КСВ) виділили три характерні стадії: I стадія – до 30% втомної довговічності, інтенсивна зміна цих властивостей (інкубаційний період); II стадія – від 30 до 70% довговічності, стабільне відносне видовження на гранично низькому рівні, подальше незначне зростання твердості і ще різкіший спад ударної в'язкості (період інтенсивного розвитку розсіяної пошкодженості на мікрорівні); III стадія – практична незмінність вказаних характеристик (період розвитку макротріщини до критичного розміру).

Зміну механічних властивостей сталей внаслідок їх циклування можна пов'язати з певними процесами у низькоміцних сталях за багаточиклового навантаження. Зокрема, стадії I властиве деформаційне зміцнення і вичерпання пластичності, тоді як стадії II – інтенсивний розвиток множинної мікропошкодженості. На стадії III розвитку макротріщин, вони, очевидно, розвантажують матеріал в інших локальних областях, тому процес втоми в них припиняється.

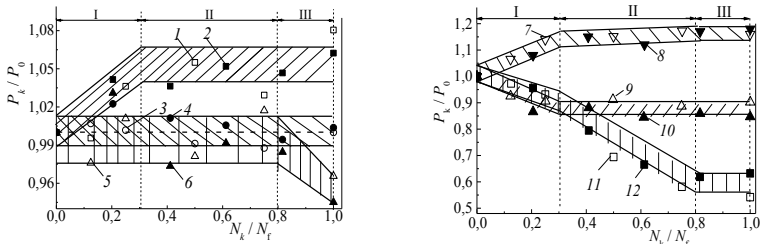


Рис. 1. Відносна зміна механічних властивостей сталей P_k/P_0 сталей 09Г2С (непарні числа) і 17ГС (парні) після навантаження впродовж різної кількості циклів N_k . 1, 2 – $\sigma_{0.2}$; 3, 4 – σ_B ; 5, 6 – ψ ; 7, 8 – δ ; 9, 10 – HRB; 11, 12 – KCV.

Важливим аспектом аналізу змін механічних властивостей за багаточислового навантаження є їх використання для прогнозування безпечної експлуатації конструкцій. Стадію I процесу втомі, а це зародження і розвиток субмікротріщин у металі, можна розглядати як безпечну з огляду контрольованого вичерпування довговічності. Її можна діагностувати за зміною твердості до 15 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Nemchuk O. Specific features of the diagnostics of technical state of steels of the port reloading equipment. *Materials Science*. 2018, 53(6). P. 875–878.
2. Nemchuk O., Hredil M., Pustovoy V., Nesterov O. Role of in-service conditions in operational degradation of mechanical properties of portal cranes steel. *Procedia Structural Integrity*. 2019, 16. P. 245–251.
3. Nemchuk O. O., Krechkovska H. V. Fractographic substantiation of the loss of resistance to brittle fracture of steel after operation in the marine gantry crane elements. *Metallfizika i Noveishie Tekhnologii*. 2019, 41(6). P. 825–836.
4. Nemchuk O. O., Nesterov O. A. In-service brittle fracture resistance degradation of steel in a ship-to-shore portal crane. *Strength of Materials*. 2020, 52(2). P. 275–280.

Пустовий Віталій Миколайович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри підйомно-транспортних машин та інженірингу портового технологічного обладнання Одеського національного морського університету МОН України, Одеса

Немчук Олексій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, проректор з наукової роботи Одеського національного морського університету МОН України, Одеса. alnemchuk@gmail.com

Семенов Павло Олександрович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри підйомно-транспортних машин та інженірингу портового технологічного обладнання Одеського національного морського університету МОН України, Одеса. p.a.semenoff@gmail.com

Греділь Мирослава Іванівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів. mysya.lviv@gmail.com

LABORATORY EXPRESS-METHOD FOR MODELLING THE OPERATIONAL DEGRADATION OF PORTAL CRANE STEELS

Abstract

Operational degradation of metal structures of portal cranes has been simulated in laboratory conditions by high-cycle loading. Three stages of degradation of mechanical properties have been distinguished for steels of port metal structures. At the first stage, characteristics sensitive to cycling loading change almost equally: the hardness increases and the elongation and impact toughness significantly decrease. The second stage is attributed to the initiation and propagation of microcracks which reduces the impact toughness by almost half. After the formation of a macrocrack at the third stage, further cyclic loading has practically no effect on the mechanical properties of steels.

Key words: portal cranes, operational degradation, steels, cyclic loading.

Vitaliy Pustovoy – D. Sc., Professor, Head of Department of Hoisting and Transport Machines and Engineering of Port Technological Equipment, Odessa National Maritime University, Odessa

Oleksiy Nemchuk – Ph.D., Associate Professor, Vice-rector for scientific work of Odessa National Maritime University, Odessa. alnemchuk@gmail.com

Pavlo Semenov – Ph.D., Senior Lecturer of Department of Hoisting and Transport Machines and Engineering of Port Technological Equipment, Odessa National Maritime University, Odessa. p.a.semenoff@gmail.com

Myroslava Hredil – Ph.D., Senior researcher, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv. mysya.lviv@gmail.com

ОЦІНКА ВПЛИВУ ФОСФОРУ НА СТАБІЛІЗАЦІЮ ЦЕМЕНТИТУ В НАПЛАВЛЕНИХ ПОКРИТТЯХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація.

В роботі запропоновано легування наплавленого шару поряд з хромом і фосфором, як легувальним елементом, що входить до складу легувальної суміші. Така композиція дозволить не понижуючи властивостей наплавленого шару, підвищити зносостійкість поверхні за рахунок відомого явища «самофосфатування». Оцінено вплив фосфору на термодинаміку графітизації у зміцненому шарі.

Ключові слова: графітизація сплавів, ефект «самофосфатування», донорні та акцепторні властивості, ледебурит, цементит.

Для відновлення деталей, що працюють в умовах тертя та зношування, використовують матеріали, в структурі яких міститься достатня кількість твердих термодинамічно стійких включень, наприклад, карбідів. Зносостійкість відновленого шару в значній степені обумовлюється також стабільністю її структури під час експлуатації.

В процесі тертя та зношування в зонах молекулярного (атомного) контакту між тілом та контртілом виникають високотемпературні «точки», в яких можуть проходити структурні та фазові перетворення та навіть плавлення [1].

Так у випадку нелегованих та низьколегованих білих чавунів при зношуванні наплавленої поверхні йде графітизація цементиту, що призводить до зменшення металу. Для стабілізації такого цементиту ефективним є легування карбідотвірними елементами, які протидіють графітизації, наприклад хромом. Крім стабілізації структури, легування хромом сприяє подальшому підвищенню твердості та міцності відновленого шару, що як відомо, також сприяє зносостійкості деталей, як за рахунок зміцнення твердого розчину, так і утворення спеціальних карбідів. Згідно з даними роботи [2], позитивний вплив на зносостійкість білого чавуну виявляє легування фосфором, що пояснюється ефектом «самофосфатування». Суть цього явища полягає в утворенні у зоні тертя внаслідок окислювальних процесів постійно поновлювальних фосфідних плівок, які містять фосфорно-кисле залізо та марганець, що утворюються в результаті взаємодії ангідриду P_2O_5 та слаболужних окислів FeO та MnO.

Фосфор є нейтральним відносно вуглецю у Fe-C сплавах з точки зору донорно-акцепторних властивостей. Донорні властивості фосфору, як sr-елемента 3-го періоду, компенсуються його акцепторними властивостями, як елемента, що розташований у правій частині таблиці Менделєєва. Головний результат отриманих досліджень та розрахунків полягає в тому, що фосфор сильно перерозподіляється між фазами при ледебуритному перетворенні впливає на нахил конод $\gamma + \text{рідина}$ та $\text{рідина} + \text{цементит}$, але тим не менш не змінює термодинамічну активність вуглецю a_c у розплаві ледебуриту в точці евтектики при цьому перетворенні тобто не змінює термодинамічний стимул до графітизації сплавів.

Фосфати заліза, що утворюються в поверхневому шарі, надають високу здатність утримувати мастило поверхнею тертя і за рахунок цього значно підвищують антизадирині властивості та зносостійкість деталі у цілому. Крім того, відомо, що фосфор понижую температуру плавлення ледебуритної евтектики. Ці фактори є визначальними при роботі пар тертя.

Термохімічний аналіз порошкових композицій дозволить визначити екзотермічний ефект, який виникає при нанесенні цих сумішей на поверхню деталі, що відновлюється. В результаті екзотермічної реакції у термореагуючих порошкових сумішей підвищується міцність зчеплення покриття з основою за рахунок зменшення градієнту температур у зоні відновлення. Тому дуже важливо обговорити питання про доцільність додаткового легування наплавочних композицій фосфором.

Висновки

Отже, використання фосфору у якості додаткового легувального елемента, який не впливає негативно на ефект стабілізації цементиту основним легувальним елементом – хромом, а легувальні комплекси Fe-C-Cr; Fe-C-P та Fe-C-Cr-P при наплавленні значно підвищують твердість та зносостійкість. Поряд з різною твердістю при застосуванні фосфору спостерігається ефект «самофосфатування», який понижує температуру плавлення ледебуритної евтектики.

Оцінено вплив фосфору на термодинаміку графітизації у зміцненому шарі та проведена оцінка умов стабілізації цементиту на основі термодинамічного аналізу діаграм стану залізо-вуглець-хром, залізо-вуглець-фосфор, залізо-вуглець-хром- фосфор.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Корж В.М. Нанесення покриття: Навчальний посібник / За редакцією академіка НАН України К.А.Ющенка// Корж В.М., Кузнецов В.Д., Борисов Ю.С., Ющенко К.А. – К.: Аристей, 2005, 204 с.
[2] Жуков А.А., Шилина Е.П. О влиянии фосфора на содержание углерода в эвтектических чугунах. //Литейное производство. – 1986 - №3 - с.3-4

Шилина Олена Павлівна – канд. техн. наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: epshilina.tpz@gmail.com

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF PHOSPHORUS ON THE STABILIZATION OF CEMENT IN SURFACED COATINGS

Abstract.

The paper proposes doping of the deposited layer along with chromium and phosphorus as an alloying element that is part of the alloying mixture. This composition will allow without reducing the properties of the deposited layer, to increase the wear resistance of the surface due to the known phenomenon of "self-phosphating". The influence of phosphorus on the thermodynamics of graphitization in the reinforced layer is estimated.

Key words: graphitization of alloys, self-phosphating effect, donor and acceptor properties, ledeburite, cementite.

Shilina Olena Pavlivna - Candidate of Philology tech. Sciences, Associate Professor of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: epshilina.tpz@gmail.com

КОЛИВАННЯ ТИСКУ ГАЗУ У ЛИВАРНІЙ ФОРМІ ПРИ ГАЗИФІКАЦІЇ МОДЕЛІ ТА МЕТОД ЗНЕШКОДЖЕННЯ ЦЬОГО ГАЗУ

¹Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України,

²Вінницький національний технічний університет

Анотація

Тиск газу у прес-формі коливається під час ЛГМ. Для нейтралізації газів замість принципу «пропускання всіх газів через пори ливарного піску, а потім окремого очищення газових викидів та піску для повторного використання, застосування принципу «не випускати газу у форму, а випустити її через канали та спалювати ці газу поза формою».

Ключові слова: газифікованими моделями, пінопластової моделі, вакуумовані форми, окислення, розплав металу.

Спосіб лиття металу за газифікованими моделями (ЛГМ, Lost Foam Casting) попри ряду переваг, зокрема, чи не найнижчій собівартості виготовлення виливків масою 0,2...2000 кг, має недолік щодо підвищення тиску газу (понад атмосферний) від газифікації моделі у порожниці форми (рис. 1), певної пульсації газового тиску та потреби у витяжній вентиляції під час заливки металу у форму, а також під час заливки металу газ може загоратися (рис. 2) на поверхні невакуумованої форми (зверху з вантажами). Лиття у такі форми зі зв'язувальними компонентами у піску називають способом Full mold casting. Для вакуумованих форм газ всмоктує форма, пари та сажа з нього конденсуються у піску, а після виключення вакуумування форми потрібно включити вентиляцію, щоб газ не димів у цех.

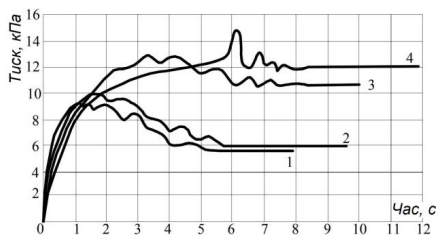


Рис.1 – Ріст тиску газу під час заливки металом форми при таких показниках газопроникності (од.) піску форми: 1 – 55, 2 – 50, 3 – 20, 4 – 10,5 (за В. С. Шуляком).

Враховуючи, що період пульсацій газу складає 0,3...1,5 с з першого піку від початку заливки форми металом, та іноді призводить до виплесків металу з ливникової чаші та загрози появи дефектів виливків, а також забруднення повітря цеху, для уникнення чого нами розроблено спосіб окислення (знешкодження) продуктів газифікації пінопластової моделі.

Нами запропонована, це по суті, зміна парадигми газового режиму форми під час ЛГМ, яка замість принципу – «всі газу пропустити крізь пори піску форми, а потім окремо очистити викиди газів та пісок для повторного застосування», розроблено та запропоновано принцип – «не пустити газу у форму, а вивести по каналах та спалити нагріті газу поза формою». За цим принципом виконали у моделі канали виходу та подачі газу з трубками, які виходять на поверхню форми, та коли розплав металу заливається та піднімається у формі та заміщує-

газифікує модель, то крізь канал у моделі із контактної зони чи зазору між рідким металом та моделлю виводять продукти газифікації крізь випор на верхню поверхню форми. А для стабілізації потоку газу, згладжуючи пульсації (як на рис. 1), у цей зазор по вхідному каналу подають потік повітря. Для дистанційного підпалювання газу над вихідним отвором випора на поверхні форми ставлять електро-запальник, який включають в електромережу перед заливанням форми металом для запалювання газу, що виходить з отвору випора.



Рис. 2 – Горіння газу на формі від газифікації моделі.

Таким чином для середніх та крупних виливків у стінках моделей з пінополістиролу знизу вгору (згідно позиції у піщаній формі) виконували два канали, до яких під'єднали трубки (для подачі газу так як і випор) діаметром від 6...10 мм, по першій подавали потік повітря, яке змішувалося з парогазовою фазою продуктів моделі та виходило крізь інший канал, а також у випор. У вакуумованій формі газ може усмоктувати пісок форми та зменшуватись тиск у зазорі, але подачею потоку повітря по вхідній трубці у цей зазор досягали стабільного вихідного струменя газу. При цьому кисень повітря, що подається, частково окислює парогазову фазу вуглеводнів моделі, а азот повітря витискає гази на вихід з форми для спалювання на її поверхні, що разом дає стабільний потік з форми газу, який горить факелом без запаху з повним знешкодженням. Для накачки повітря під час лиття сталюї деталі масою 105 кг верхній кінець трубки у дослідному випробуванні підключили до компресорного небулайзера CN-02 МУ (виробництва Vega Technologies Inc, Тайвань), що продається для медичних інгаляцій. Цей компресорний прилад (з живленням від мережі 220 В) має гнучку трубку діаметром 5 мм та $L = 2$ м, по якій постачає до 8,0 л/хв повітря з робочим тиском 0,06...0,09 МПа. Як варіант, також мали компресор з продуктивністю 30 л/хв повітря та електроживленням 12 В. З початку заливання металу у форму за 2...3 с з'явилось полум'я над випором, запалене іскровим запальником, тоді дистанційно включили компресорний небулайзер та відсунули запальник від факелу полум'я, що утворилось та стабільно горіло протягом всього заливання тривалістю 44 с, під кінець потухло з ознаками появи розплаву металу у отворі випора на поверхні форми. Тоді одразу виключили компресорний небулайзер, за 2...3 с після цього долили метал у ливникову воронку та завершили заливку. Вилівок отримали якісний. За розрахунком подавали повітря у форму не більше 25...30% від об'єму газу від газифікації моделі. Це мінімально охолоджувало метал, незначно збільшувало об'єм газу при частковому його окисненні (екзотермічна реакція) та підтримувало достатню його горючість. Газовідвідні канали ДУ 6...10 мм за розробленим нами методом пропалювали у моделі рухом вздовж її стінки ручного електро-паяльника з нагрітим двоконтактним дрогоїним жалом (з кільцем чи спіраллю на кінці), яке заглиблювали у стінку моделі, а зовні вздовж моделі отримували щільну ширину до 1 мм та заклеювали її паперовою чи синтетичною смужкою. До ручки паяльника кріпили ролик, що котився по поверхні моделі відповідно до її вигинів для утворення каналів на глибину, рівну відстані між поверхнею ролика та нагрітим жалом. Видалення газу по каналах розширює застосування моделей з пінополімерами підвищеної густини та екструзійного полімеру, які виготовляють на 3D фрезерах, а також 3D друком. Такі

моделі мають високі міцність та чистоту поверхні, що, відповідно, підвищує точність, а також чистоту поверхні виливків. Останній вид моделей рекомендовано одразу адитивно 3D друкувати з каналами та трубчастими виходами, які майже з першого до останнього металу, що заливають у форму, забезпечують продування з одночасним виведенням та спалюванням газів.

Дорошенко Володимир Степанович – д-р техн. наук, старший науковий співробітник відділ фізико-хімії ливарних процесів, Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ, e-mail: doro55v@gmail.com

Янченко Олександр Борисович – к.т.н. старший викладач кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: 1961yab@gmail.com.

OSCILLATIONS OF GAS PRESSURE IN THE FOUNDRY MOLD DURING GASIFICATION OF THE EPS PATTERN AND METHOD OF DISPOSAL OF THIS GAS

Abstract:

The gas pressure in the mold fluctuates during LFC. To neutralize gases from gasification of the EPS pattern, instead of the principle of "letting all gases through the pores of the foundry sand, and then separately purifying the gas emissions and sand for reuse", we implemented the principle "do not let gases into the mold, but withdraw through channels and burn these gases outside the mold".

Key words: *gasified models, foam model, vacuum molds, oxidation, metal melt.*

Doroshenko Vladimir Stepanovich – doctor of Engineering Sciences, Senior research officer, Department of Physics and Chemistry of Casting Processes, Physico-technological institute of metals and alloys National academy of sciences of Ukraine, email : doro55v@gmail.com

Yanchenko Alexander B. – Ph.D. Senior Lecturer of Technology of Increasing of Wear Resistance, Vinnytsia National Technical University, e-mail: 1961yab@gmail.com.

ТЕХНОЛОГІЯ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО НАНЕСЕННЯ ФТОРОПЛАСТОВИХ ПОКРИТТІВ НА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІ ПОВЕРХНІ

¹Хмельницький національний університет

Анотація

Розроблена технологія попередньої підготовки електропровідної поверхні. Створено проміжний шар з високою адгезією до поверхні. У статті повідомляється про дослідження технології нанесення багатшарового фторопластового покриття з використанням електричного осадження.

Ключові слова: електропровідна поверхня, адгезія, фторопластове покриття, електроосадження.

Широта функціональних властивостей фторопластових покриттів обумовлена значними перевагами фторопластових матеріалів у порівнянні з металами та іншими матеріалами.

Покриття з фторопластів мають низький коефіцієнт тертя, вони стійкі до абразивного зношування та ударів і, крім того, забезпечують більш надійну роботу вузлів тертя у машинобудуванні та транспорті. Плівка цього покриття, що утворюється на поверхні металу, ліквідує дефекти структури і збільшує ущільнення деталей, знижує вібрацію та рівень шуму пар тертя.

Фторопластові покриття ефективні для захисту хімічного обладнання, що працює в агресивних середовищах, а в харчовому та хімічному машинобудуванні для запобігання прилипання речовин, що переробляються до робочих поверхонь деталей і вузлів тертя, резервуарів, бункерів, транспортерів. Недоліком фторопластових покриттів є їх низька адгезійна міцність. Крім того, в зв'язку з діелектричними властивостями цього матеріалу виникають певні проблеми при нанесенні багатшарових покриттів на електропровідну поверхню.

Мета роботи полягала в тому, щоб розробити технологію попередньої підготовки електропровідної поверхні, створити проміжний шар з високою адгезією до поверхні та виконати дослідження технології нанесення електроосадженням багатшарового фторопластового покриття.

Розроблена технологія попередньої підготовки електропровідної поверхні для нанесення фторопластового покриття, що містить знежирення і механічне очищення поверхні з наступним створенням проміжного шару. Для сталених поверхонь доцільно застосовувати фосфатування. Завершальними операціями підготовки поверхні є промивка і пасивація хромовими сполуками з наступним висушуванням.

Встановлено, що для підвищення адгезії фторопластового покриття до електропровідної поверхні необхідно створювати ґрунтовий шар до складу якого входить графіт С-1 (15 мас.%) або карбід кремнію (10 мас.%). Зовнішній шар багатшарового фторопластового покриття повинен містити стабілізатор: дисульфід молібдену або оксид кадмію в кількості від 1 до 2 мас. %.

Виконані дослідження технології нанесення багатшарового фторопластового покриття електроосадженням. Електростатичний метод нанесення полімерних покриттів є найбільш поширений внаслідок можливості формування рівномірного покриття, товщину якого можна регулювати в широких межах. Метод нанесення тонкошарових полімерних покриттів в електростатичному полі оснований на осіданні заряджених частинок полімеру на поверхні деталі, що має протилежний заряд. Нанесення фторопластових покриттів здійснювали за допомогою установки "Optima-01С" (м. Запоріжжя, Україна, «Елем»). Стійка робота установки забезпечується при вологості дисперсного матеріалу менше 3% і дисперсності частинок від 30 до 80 мкм. Ефективність осадження дисперсних матеріалів залежить від ємності системи

електрод – виріб і може регулюватись в широких межах. Так, при одній і тій же напруженості електростатичного поля максимально можлива кількість осаджуваного матеріалу залежить від відстані між електродами. Причому зі зменшенням відстані для забезпечення постійності напруженості на заряджаючий електрод подається суттєво менший потенціал.

Для нанесення шару більшої товщини вдавались до повторного електроосадження матеріалу на попередній оплавлений шар. Ефективність такого осаження залежала від електрофізичних властивостей підшару. Товщина полімерного шару залежить від часу електроосадження, опору полімерних частинок і напруженості електростатичного поля. Для кожного матеріалу при певній напруженості електричного поля існує гранична товщина шару частинок, що осідають.

При нанесенні ґрунтового шару напруженість електростатичного поля повинна складати 50 кВ, а наступних шарів – 60...70 кВ.

В ряді випадків виникає необхідність пошарового нарощування покриття. Для фторопластів існує гранична товщина осажденного полімерного шару, який може бути оплавлений без помітного газотворення. Рекомендується наносити перший ґрунтовий шар з добавкою від 10 до 40 % (мас.) дисперсних мінеральних наповнювачів. Встановлено, що при нанесенні електростатичним напленням багатшарового покриття, що містить фторопласт-30П (85 мас. %) і графіт С-1 (15 мас. %) середня товщина кожного наступного шару зменшується від 75 мкм для першого, до 61 мкм для другого і 50 мкм для третього шару. Середня сумарна товщина тришарового фторопластового покриття складає 186 мкм.

Для забезпечення високого рівня експлуатаційних властивостей фторопластового покриття розроблені оптимальні технологічні параметри: гранулометричний склад, температура оплавлення, тривалість термообробки [1].

Розмір частинок порошкової композиції в значній мірі впливає на процес отримання композицій та їх якість. Дослідження показали, що в складі порошкової композиції оптимальний розмір частинок складає 40–80 мкм.

Міцність на розтяг одношарового фторопластового покриття, що складається з фторопласту-4МБ марки П (90 мас.%) і графіту С-1 (10 мас.%), нанесеного на алюмінієву фольгу (товщина фольги 35 мкм) складає 17.1 МПа.

Для збільшення адгезійної взаємодії на границі розділу матриця-наповнювач на поверхню вуглецевого волокна шляхом електростатичного наплення наносили зносостійке фторопластове покриття.

Вуглецева тканина перед нанесенням покриття промивалась і висушувалась. Фторопласт 4МБ, нітрид бору, графіт С-1, ламінарна сполука графіту, оксид хрому та дифенілсіландіол перемішували в млинку МРП-1. Після цього виконували фракціонування порошку з метою отримання композиції з розмірами частинок 40...80 мкм та піддавали її термообробці протягом однієї години при 150 °С.

Нанесення покриття на поверхню вуглецевої тканини здійснювали способом електростатичного наплення порошку першого шару при напруженості електричного поля 50 кВ, а для наступних шарів при напруженості 60...70 кВ.

Після цього вуглецеву тканину з нанесеним покриттям витримували при температурі 360...370 °С протягом двох годин та охолоджували до кімнатної температури зі швидкістю 30...40 °С за годину [1].

Способи електростатичного нанесення покриттів мають ряд переваг: легкість регулювання процесу, можливість його автоматизації, високу продуктивність, відсутність попереднього нагріву виробів, рівномірність покриттів по товщині, можливість отримання покриттів на тонкостінних виробках, а також на виробках, виготовлених з різномірних матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. № 112246 Україна, МПК С09D 127/00 Антиадгезійне, зносостійке покриття / Свідерський В. П., Кириченко Л. М., заявник і патентовласник Хмельницький національний університет. – № u 2016 05670; заявл. 26.05.2016; опубл. 12.12.2016, Бюл. № 23. – 5 с.

Диха Олександр Володимирович – д.т.н., професор завідувач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства. Хмельницький національний університет. email: tribosensor@gmail.com

Свідерський Володислав Петрович – канд. техн. наук, доцент кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства. Хмельницький національний університет. email: tribosensor@gmail.com

Кириченко Людмила Мефодіївн – старший науковий співробітник науково-дослідного сектору. Хмельницький національний університет. email: tribosenator@gmail.com

TECHNOLOGY OF ELECTROSTATIC APPLYING THE FLUOROPLASTIC COATINGS ONTO ELECTROCONDUCTING SURFACES

Abstract

The technology of preceding preparation of the electroconducting surface has been developed. The intermediate layer of high adhesion with the surface has been created. The paper reports the studies of technology of applying the multi-layered fluoroplastic coating using electrical deposition.

Key words: electrically conductive surface, adhesion, fluoroplastic coating, electrodeposition.

Dykha Oleksandr - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Tribology, Automobiles and Materials Science. Khmelnytsky National University. email: tribosenator@gmail.com

Svidersky Vladislav - Cand. tech. Sciences, Associate Professor of Tribology, Automotive and Materials Science. Khmelnytsky National University. email: tribosenator@gmail.com

Kyrychenko Lyudmyla - is a senior researcher in the research sector. Khmelnytsky National University. email: tribosenator@gmail.com

ОБҐРУНТУВАННЯ КРИТИЧНОГО СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНОГО СТАНУ ТЕПЛОТРИВКОЇ СТАЛІ 15X1M1Ф

¹Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України
²Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація.

Обґрунтовано критерій оцінювання структурно-механічного стану тривало експлуатованої сталі 15X1M1Ф за відхиленням від лінійності залежності тпу Холла-Петча між розміром зерна і твердістю, визначеними на поверхні труби. Показано, що за однакової тривалості експлуатації на головних парогонях сталь, яка перенесла більшу кількість зупинок блоків, досягла критичного стану.

Ключові слова: теплотривка сталь, структура, твердість, критичний стан, експлуатаційна деградація.

Тривала експлуатація конструкційних сталей на об'єктах теплоенергетики за впливу різних силових та температурних чинників створює передумови для їх деградації, яка проявляється зміною вихідної мікроструктури, механічних властивостей, а також мікромеханізмів їх руйнування. На сьогодні існує однозначне розуміння, що надійність роботи відповідальних об'єктів тривалої експлуатації залежить від поточного структурно-механічного стану сталей, а обґрунтування критичного стану металу конструкцій є актуальним та важливим завданням.

В роботі досліджено зв'язок між границею текучості $\sigma_{0.2}$ і розміром зерна d сталі 15X1M1Ф, описаний залежністю Холла–Петча: $\sigma_{0.2} = \sigma_0 + K \cdot d^{-1/2}$. Оскільки значення $\sigma_{0.2}$ і твердість НВ сталей звичайно корелюють між собою, то вважали, що можлива також подібна залежність між d та твердістю НВ: $НВ = A + B \cdot d^{-1/2}$, де A і B – константи (причому у тому числі і для деградованої під час експлуатації сталі). Адаже схильність металу до пластичного деформування, яку визначають константи рівняння Холла–Петча, є ключовим чинником впливу на деградацію сталей парогонів за сприятливої для повзучості температури. Значення НВ і d для сталі за тривалої $2 \cdot 10^5$ год експлуатації на парогонях оцінили на різних рівнях по товщині стінки труб: біля зовнішньої (ЗП) і внутрішньої (ВП) поверхонь та в центрі її перерізу (ЦП). Виявилось, що дані для сталі у вихідному стані (позн. 1) та після експлуатації (2) за меншої кількості зупинок блоків (501) задовільно описуються лінійною залежністю $НВ = 135 + 235 \cdot d^{-1/2}$ (рис. 1а, I), що загалом відповідає залежності Холла–Петча. Дані замірів на трубах після 576 зупинок блоків (3, 4), отримані у ЦП стінки труби сталі з ферит-бейнітною структурою (3) та біля ВП і в ЦП труби з ферит-перлітною структурою (4) практично належали цій прямій. Проте, значення НВ і d , отримані біля ЗП (3, 4) і ВП (3) труби, відхилилися від ділянки I в діапазон нижчих значень твердості. Їх описали рівнянням $НВ = 5 + 1559 \cdot d^{-1/2}$ (рис. 1а, II). Таке відхилення від ділянки I пов'язали з інтенсивнішою деградацією металу біля ЗП і ВП труб, яка проявилася зростанням розміру зерна внаслідок повзучості за більшої кількості пусків блоків. З урахуванням результатів металографічних досліджень експлуатованої сталі [1] прийшли до висновку, що нахил ділянки I на залежності $НВ-d^{-1/2}$ визначає мікроструктурні зміни, пов'язані з виділенням і коагуляцією карбідів на межах зерен та їх декогезією від матриці, а зміна її нахилу та поява ділянки II – мережею мікропор вздовж меж зерен та міжзеренним розтріскуванням, яке вважали за металографічну ознаку деградації сталі.

Щоб пояснити градієнт структурно-механічного стану сталі в перерізі експлуатованих труб розраховували колові напруження в їх перерізі, спричинені дією термічних напружень через перепад температури внаслідок пусків блоків та тиску пари (24 МПа) (рис. 1б, в). Зміни розміру зерен по товщині стінки труб з мінімумом у їх центрі якісно повторили тенденцію зміни колових напружень у їх стінці. Тому вважали, що відхилення даних для металу в околі поверхні

труб від ділянки I на залежності $HB - d^{-1/2}$ (рис. 1а) спричинене декогезією карбідів від матриці та формуванням мережі мікропор вздовж меж зерен. Причому, чим більшою була кількість зупинок блоків, тим сприятливішими ставали умови для їх декогезії (через невідповідність їх коефіцієнтів термічного розширення). Також, слід враховувати негативний вплив пароводяної суміші як наводнонвального робочого середовища. Адже за сумісного впливу експлуатаційних напружень розтягу і абсорбованого металом водню пороутворення інтенсифікується внаслідок чого твердість буде знижуватися. Таким чином, ділянку I на залежності $HB - d^{-1/2}$ пов'язали з виділенням карбідів вздовж меж зерен та їх коагуляцією, а ділянку II – з пороутворенням внаслідок декогезії цих карбідів від матриці та їх злиттям, що сприяло зниженню твердості сталі в околі поверхонь труб. Отже, за однакової тривалості експлуатації на головних паропарогах сталь після більшої кількості блоків досягла критичного стану.

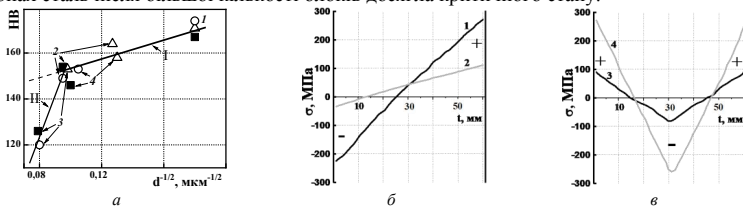


Рис. 1. Залежність $HB - d^{-1/2}$ сталі 15X1M1F у вихідному стані (I) та після $\sim 2 \cdot 10^5$ год її експлуатації за різної кількості зупинок блоків 501 (2) і 576 (3 та 4, сталь з ферит-бейнітною та ферит-перлітною структурою, відповідно): Δ – у ЦП стінки труб; \blacksquare , \circ – біля їх ЗП та ВП (а) та розраховані колові напруження σ по товщині стінки l труби (починаючи від її ВП) за впливу внутрішнього тиску пари і термічних напружень від градієнту температури в стінці труби: 1 – 150°C (пуск); 2 – 50°C (стаціонарний режим роботи) (б); 3 і 4 – 50 і 150°C (відповідно планова та вимушена зупинки) (в).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Krechkov'ska, G.V. Structural changes in exploitation of steam power plant pipeline 15Kh1M1F-type steel concerning with shut downs of power units. *Metallfizika i Noveishie Tekhnologii*. 2008, 30(SPEC. ISS.) P. 701–711
Кречковська Галина Василівна, доктор технічних наук, старший науковий співробітник Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів. krechkovskahalyna@gmail.com.
Головчук Мирослав Ярославович, кандидат технічних наук, молодший науковий співробітник Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів. golovchuk86@gmail.com.
Лісничук Андрій Євгенович, кандидат технічних наук, молодший науковий співробітник Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів. dniprovets25@gmail.com.
Штойко Іван Павлович, кандидат технічних наук, молодший науковий співробітник Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів. ivan.shtoyko@gmail.com.

SUBSTANTIATION OF THE CRITICAL STRUCTURAL AND MECHANICAL STATE OF 15X1M1F HEAT-RESISTANT STEEL

Abstract.

The criterion for assessing the structural and mechanical state of the 15Kh1M1F steel after long-term operation is justified by the deviation from linearity of the dependence between its grain sizes and hardness values (Hall-Patch type) determined by measurements on the pipe surface. It is shown that for the same duration of steel operation on the main steam pipelines, only the steel has reached the critical state which had undergone a greater number of unit shut-downs.

Key words: heat resistance of steel, structure, hardness, critical state, exploitation degradation.

Halyna Krechovskaya, D.Sc, Senior researcher, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv. krechkovskahalyna@gmail.com.

Myroslav Holovchuk, Ph.D., Junior researcher, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv. golovchuk86@gmail.com.

Andriy Lisnichuk, Ph.D., Junior researcher, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv. dniprovets25@gmail.com.

Ivan Shtoyko, Ph.D., Junior researcher, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv. ivan.shtoyko@gmail.com.

Колесніков В.О.^{1,2}
Балицький О.І.^{1,3}
Гаврилюк М.Р.¹
Ревякіна О.О.²

КОНЦЕПЦІЯ ВРАХУВАННЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СТАНУ ЕКСПЛУАТОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ В ЕНЕРГОМАШИНОБУДУВАННІ ПРИ ПРОВЕДЕННІ РЕМОНТІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

¹Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна.

²ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна.

³Західноморський технологічний університет, Щецин, Польща.

Анотація

В тезах наведено концепцію, що враховує зміну структурно-фазового стану матеріалу протягом тривалої експлуатації на фізико-механічні та робочі властивості сталей, що зазнають механічної обробки під час проведення ремонтних робіт.

Ключові слова: сталь, тривала експлуатація, робочі властивості, енергомашинобудування, механічна обробка, 38ХНЗМФА.

Деталі в енергомашинобудуванні виготовлені зі сталі 38ХНЗМФА експлуатуються протягом тривалого періоду, наприклад, впродовж 250 тис. годин та зазнають комплексного впливу технологічних середовищ, внаслідок чого змінюються їх фізико-механічні, експлуатаційні та робочі властивості. Якщо матеріал деталі зазнає деградації (або виникають якісь види пошкодження), то може виникнути необхідність проведення механічної обробки [1 - 3].

Досліджували зразки виготовлені зі сталі 38ХНЗМФА: 1) які не зазнавали деградації (у стані поставки); 2) після різних режимів термічної обробки; 3) вирізані з валу ротора турбогенератора (з не деградованих ділянок); 4) вирізані з валу ротора турбогенератора (з деградованих ділянок).

Мікроструктура досліджуваних сплавів (гартування + відпуск за різними температурами) складалась з різних форм перлітно-феритної суміші: трооститу, сорбіту та бейніту. Міжпластинчаста відстань в сорбіті 0,2 мкм (310 НВ) в перліті 0,5-1,0 мкм (210 НВ). Троостит гартування (400 НВ), містив пластинчастий цементит. Бейніт (верхній) (360 НВ) складався з суміші часток пересичених вуглецем фериту і карбїду заліза. Розмір зерна в сталі ротора турбогенератора після остаточної термічної обробки знаходився в межах 25 - 35 мкм.

Одним з індикаторів, що дозволяє оперативно відслідковувати протікання технологічних процесів є ідентифікація зовнішнього вигляду стружки (продуктів різання) див. рис. 1.

Нами встановлено, що під час проведення ремонтних робіт на деградованих ділянках матеріалів, серед продуктів різання присутні «крихти» (рис.1г), тобто уламки матеріалу (не сформовані у вигляді «звичайної» стружки), що зазнали деградаційних процесів.



Рис. 1. Стружки утворенні при точінні сталі 38ХН3МФА на сухо (200 об/хв) після: у стані поставки – а; ковки (технологічна операція - обдирка) – б; термообробки – в; тривалої експлуатації в у водневовмісному середовищі – з (орієнта «кришка» стружка - І).

Встановлено, що в матеріалі, що зазнав деградації, вміст легувальних елементів в карбідній фазі збільшується, а в твердому розчині металевої матриці зменшується у порівнянні з вихідним станом. Інтенсифікація дифузійних процесів підвищує збільшення концентрації карбидоутворюючих елементів: по границях зерен та в карбідах. У спеціальних карбідах зафіксовано збільшення вмісту: хрому та ванадію – в 1,05 – 1,65 рази, молібдену – в 2,22 – 2,85 рази. Разом з тим, відбувається розпад перліту за рахунок перетворення до карбідної фази.

Проведено електрохімічні дослідження (в т.ч. аналіз поляризаційних кривих) для зразків матеріалу вирізаних з різних за ступенем деградації ділянок валу ротора турбогенератора характеризуються нижчим на 8...17 % опором корозії порівняно зі сталями у вихідному стані.

Корозійно-втомна витривалість для матеріалів, вирізаних з різних ділянок валу ротора турбогенератора, що зазнавали різного ступеня деградації виявилась нижчою на 20...30% у порівнянні зі зразками сплавів у стані поставки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Колесніков В.О. Дослідження механічної обробки аустенітної високозвотної сталі // Матеріали І міжнародної науково-технічної конференції "Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2019", 13 - 15 травня 2019 р., м. Вінниця. - С. 206 – 208.
2. Balyts'kyi, O.I., Kolesnikov, V.O., Havrylyuk, M.R. Influence of Lubricating Liquid on the Formation of the Products of Cutting of 38KhN3MFA Steel. *Materials Science*. Volume 54, Issue 5, 15 March 2019, Pages 722-727. DOI: 10.1007/s11003-019-00238-7.
3. Balyts'kyi O.I, Kolesnikov V.O., Havrylyuk M.R. Influence of modification of 38KhN3MFA steel on the structural-phase state and cutting products under variable technological conditions // *Materials Science* (Springer). - 2020. – Vol.55, N 6. – P. 915-920. (WOS, Scopus). <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00387-0>
<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11003-020-00387-0>.

Колесніков Валерій Олександрович - к.т.н, науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна; доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна. e-mail: kolesnikov197612@gmail.com.

Балицький Олександр Іванович - д.т.н. провідний науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів, Західнопоморський технологічний університет, м. Щецин, Польща, професор e-mail: abalitskii@hotmail.com

Гаврилюк Марія Романівна - к.т.н, науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, Україна.

Ревякіна Ольга Олександрівна - к.т.н., доцент кафедри технологій виробництва і професійної освіти ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, Україна, e-mail: olga.0509239777@gmail.com.

THE CONCEPT OF TAKING INTO ACCOUNT THE STRUCTURAL-PHASE CONDITION OF EXPLOITED MATERIALS IN ENERGY MACHINE-BUILDING DURING REPAIRS FOR THE APPLICATION OF MACHINING

Abstract.

The abstracts present a concept that takes into account the change in the structural and phase state of the material during long-term operation on the physical-mechanical and working properties of steels that undergo mechanical processing during repair work.

Keywords: steel, long-term operation, performance, power engineering, machining.

Kolesnikov Valeriy - Ph.D., researcher of the Department of Strength of Materials and Structures in Hydrogen-Containing Environments of the Physico-Mechanical Institute named after G.V. Karpenko National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine; Associate Professor of Production Technology and Vocational Education. DZ "Luhansk Taras Shevchenko National University", Starobilsk, Ukraine. e-mail: kolesnikov197612@gmail.com.

Balytsky Oleksandr - Doctor of Technical Sciences leading researcher of the department of strength of materials and structures in hydrogen-containing media of the Institute of Physics and Mechanics. GV Karpenko National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Poland, Professor e-mail: abalitskii@hotmail.com

Gavrilyuk Maria - Ph.D., researcher of the department of strength of materials and structures in hydrogen-containing media of the Institute of Physics and Mechanics. G.V. Karpenko NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine.

Revyakina Olga - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production Technologies and Vocational Education, Taras Shevchenko Luhansk National University, Starobilsk, Ukraine, e-mail: olga.0509239777@gmail.com.

КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ІНДУКТИВНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОХОЛОДЖЕННЯ ЛИТИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ

¹Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України,
²Вінницький національний технічний університет

Анотація

Створено індуктивні моделі програм для порівняння цифрових даних кривої із графіка термічного аналізу експериментальної проби, обраної для ідентифікації характеристик металу, з базою даних відомих (еталонних) кривих з подібних зразків. Це дозволяє найбільш точно визначити показники випробуваного металу. Крім того, дані термічного аналізу охолодження виливка у прес-формі які дозволяють регулювати режим охолодження.

Ключові слова: *режимами охолодження, математична модель, високотемпературні процеси лиття, термоаналіз, конвекційні потоки.*

Ливарні підприємства є ядром заготівельного виробництва основних галузей машинобудування, верстатобудування, суднобудування, автомобілебудування; при цьому на частку виливків приходить до 25% вартості виробу. Серед основних тенденцій у сучасній контрольно-вимірчовальній практиці ливарного виробництва є максимальне збільшення точності кількісного та якісного аналізу структури металевих виливків, поточного контролю та прогнозування їх технологічних та фізичних властивостей. Враховуючи що термічні (високотемпературні) процеси, є основними процесами, які відбуваються під час взаємодії рідкого металу або сплаву з ливарною формою. У роботі досліджувалися передусім термічні процеси кристалізації, під час охолодження виливка та проб металу, які відбуваються після заливання форми розплавом металу за різними режимами охолодження.

Створенню та дослідженню відповідних нових теоретичних моделей приділяється значна увага у плані сучасної тенденції цифровізації ливарного виробництва шляхом впровадження таких моделей. Складність вирішення такого роду завдань полягає в обґрунтованості вибору математичної моделі та розробці методів її використання. Задача моделювання є невід'ємною складовою методики керування та прийняття рішень, тому, моделюючи термічні процеси охолодження металу, можливо ефективно вивчати ці процеси та впливати на них, що і є предметом досліджень в цій роботі. Для розробки моделей термічних процесів лиття застосовують методи структурно-параметричної ідентифікації моделей цих фізичних процесів.

Одним з найбільш ефективних методів моделювання за експериментальними даними в умовах неповноти інформації є адаптоване до підтримки сучасними системами комп'ютерних програм – індуктивне моделювання на основі алгоритмів методу групового урахування аргументів (МГУА), автором якого є акад. О. Г. Івахненко, що і було застосовано для аналізу високотемпературних процесів лиття металу під час обробці даних термоаналізу (ТА). Програма обробка даних ТА кристалізації та охолодження виливка у ливарній піщаній формі дозволила аналізувати температурні криві його охолодження та отримувати цифрові результати впливу холодоагентів, а також конвекційних потоків у ливарній формі на структуру металу для її регулювання.

Також ТА кристалізації чавуну чи алюмінію у строго однотипних пробах масою до 0,1...0,3 кг (виготовлених у свого роду міні-калориметрах) із дослідним накопиченням бази даних рекурентних кривих, що дають зв'язок характеру кривої з кількісною оцінкою структурних фаз

металу, є основою експрес-методу ТА дослідження литого металу для передбачення його структури та властивостей [1, 2]. Створені індуктивні методи програм для «миттєвого» порівняння цифрових даних кривої ТА дослідної проби вибраного металу (для ідентифікації характеристик) з базою даних відомих (еталонних) кривих подібних проб дозволяють найбільш точно ідентифікувати показники досліджуваного металу, а дані ТА охолодження виливка у ливарній формі – корегувати режим його охолодження (рис. 1). На відміну від регресійного аналізу, в якому структура моделі задається, у МГУА структура оптимальної моделі та її параметри знаходять за допомогою самоорганізації моделей, тобто шляхом випробування багатьох моделей за зовнішніми критеріями селекції (вибору).



Рис. 1 – Схема корегування складу металу, його структури та властивостей виливка за результатами програмної обробки результатів термоаналізу (ТА) [2].

Розробка та удосконалення програм віртуалізації та режимів керування термічними ливарними процесами за такими програмами на основі математичного опису технологічного процесу, числові дані (база даних) якого отримані експериментально, служить надійною передумовою впровадження у виробництво математичних моделей та реалізованих на їх базі програм. Таке вирішення нагальної науково-технічної задачі – створення програмно-технологічних засад для систем управління основними параметрами ливарних процесів з метою зростання їх ефективності та поліпшення техніко-економічних показників відповідає підвищенню цифрової культури виробництва, є елементом його віртуального інжинірингу та надалі може слугувати створенню цифрових двійників ливарних процесів та об'єктів для оптимізації всього виробництва за алгоритмами інформатики з елементами штучного інтелекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дорошенко В. С. Шинський В. О. Токовая Е. В. Предпосылки создания базы данных на основе концепции «регулирование скорости охлаждения отливки в форме – структура металла – металосберегающие конструкции отливки» // Металл и литье Украины. – 2017. – № 11–12. – С. 39 – 46.

2. Токова О. В. Комп'ютерна технологія розв'язання задач індуктивного моделювання процесів охолодження металевих ливарних виробів: автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.13.06. Київ, 2021. – 24 с.

Кравченко Володимир Сергійович – к. ф-м. наук, науковий співробітник відділ фізико-хімії ливарних процесів, Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ. e-mail: sary942@ukr.net

Дорошенко Володимир Степанович – д-р техн. наук, старший науковий співробітник відділ фізико-хімії ливарних процесів, Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ. e-mail: doro55v@gmail.com

Янченко Олександр Борисович – к.т.н. старший викладач кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: 1961yab@gmail.com

COMPUTER TECHNOLOGY OF SOLVING PROBLEMS OF INDUCTIVE MODELING OF COOLING PROCESSES OF CAST METAL STRUCTURES

Abstract

Inductive models of programs for comparison of digital data of a curve from the schedule of the thermal analysis of an experimental sample chosen for identification of characteristics of metal with a database of known (reference) curves from similar samples are created. This allows you to identify the performance of the test metal most accurately. In addition, the data of the thermal analysis of the cooling of the casting in the mold allows you to adjust the cooling mode

Key words: *cooling modes, mathematical model, high-temperature casting processes, thermal analysis, convection flows*

Kravchenko Vladimir Sergeevich – Candidate of Philology of Sciences, Research Fellow, Department of Physical Chemistry of Foundry Processes, Institute of Physics and Technology of Metals and Alloys of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv. e-mail: sary942@ukr.net

Doroshenko Vladimir Stepanovich – doctor of Engineering Sciences, Senior research officer, Department of Physics and Chemistry of Casting Processes, Physico-technological institute of metals and alloys National academy of sciences of Ukraine, email : doro55v@gmail.com

Yanchenko Alexander B. – Ph.D. Senior Lecturer of Technology of Increasing of Wear Resistance, Vinnytsia National Technical University, e-mail: 1961yab@gmail.com.

ПРО ЦИФРОВУ КУЛЬТУРУ У ЛИВАРНО-МЕТАЛУРГІЙНОМУ ВИРОБНИЦТВІ ТА ОДИН З ЇЇ ПРОЯВІВ В ЯКОСТІ ВІРТУАЛЬНОГО ІНЖИНІРИНГУ

¹ Вінницький національний технічний університет,

² Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України

Анотація

Для ливарного та металургійного виробництва, як виробничо-технологічного комплексу, на шляху до створення цифрової технологічної культури розглядалися методи віртуального інжинірингу та зворотного інжинірингу для створення моделей високої відповідності реальним процесам та конструкціям замість дорогих повномасштабних моделей, які значно зменшують виробничі витрати. Ці новітні комп'ютерні та виробничі технології є прообразом «фабрик майбутнього».

Ключові слова: цифровізація, інжиніринг, проектні роботи, моделювання та інженерні розрахунки.

Серед стратегічних цілей Національної економічної Стратегії на період до 2030 р., затвердженої постановою Кабміну України від 3.03.2021 №179, відзначено, що «цифрові технології – основа добробуту України; світ, де створюються наші нові можливості; сфера, що визначає суть трансформацій у країні для кращого життя, роботи, творчості, навчання», а також «стрімкий розвиток цифрової економіки» відноситься до низки факторів, що «створюють як виклики, так і нові можливості для України», «досягнення стратегічних цілей дасть змогу забезпечити цифровізацію економіки та інших сфер життя та сприяти пришвидшенню економічного зростання», а «розвиток цифрової економіки» є «один із драйверів економічного зростання України». Серед «викликів та бар'єрів на шляху досягнення стратегічних цілей» названо «відсутність національних принципів та моделей здійснення цифрових трансформацій» та відсутність «дотримання принципу «цифрове за замовчуванням» (digital by default)». Цим документом, по суті, у країні проголошено створення цифрової культури (digital culture), що за визначенням компанії Microsoft означає – «загальні основоположні та глибоко вкорінені базові припущення, цінності, переконання та норми, що характеризують те, як організація заохочує і підтримує використання технологій для найбільш ефективного застосування у роботі» [1].

Для ливарно-металургійного виробництва, як виробничо-технологічного комплексу, на шляху до створення цифрової технологічної культури, що покликана у корені змінити виробництво, серед ряду методів цифровізації відоме застосування віртуального інжинірингу. Віртуальний інжиніринг є новітнім трактуванням методики проектування та пуско-налагодження процесу, в тому числі ливарно-металургійної обробки металу. Раніше створення високотехнологічних виробів та виробництв, що являє собою взаємозалежний комплекс наукових, проектно-конструкторських, технологічних та виробничих робіт, було відоме у технічній літературі як «інжиніринг».

Інжиніринг – це підготовка техніко-економічних обґрунтувань та проектів; проектування нової технології; технічне сприяння під час проведення спеціалізованих робіт; будівельний, інвесторський та технічний нагляд; консультаційні послуги; проведення випробувань та перевірки обладнання та машин; також часто переробка сировини замовника з використанням оригінальної технології [2]. Для інжинірингу, включеного в інфраструктуру інноваційних процесів з застосуванням комп'ютерних програм, в останні роки все ширше використовують термін «віртуальний інжиніринг» [3], а у ряді технічних університетів читають предмет «Інжиніринг ливарних технологій» (ІЛТ) [4]. Під віртуальним ІЛТ мають на увазі використання цифрових інформаційних засобів для розробки технологій виготовлення металевих виливків, проектування цехів та ливарного обладнання із застосуванням програм

моделювання та інженерних розрахунків для комплексної оцінки, оптимізації, аналізу витрат та планування, щоб інструменти, засновані на знаннях, інтегрувати у технологічні процеси та виробничі комплекси. За даними Національної палати інженерів (<http://npirf.ru/>), інжиніринг складається з таких проектних робіт: підготовка технічного завдання, передінвестиційні дослідження, розробка проектної документації, розробка робочої документації; а також включає функції проєктувальника по реалізації проєкту: збір вихідних даних та обстеження умов організації виробництва, авторський нагляд, вибір обладнання, підготовка технологічних регламентів, участь у пуско-налагоджувальних роботах, підготовка документалі «як побудовано», введення в експлуатацію та навчання персоналу замовника. Зокрема, віртуальний ІІТ процесу лиття металу за газифікованими моделями у ФТІМС НАНУ у виконанні відділу фізико-хімії ливарних процесів під керівництвом професора О. Й. Шинського, крім проєктування виробничого обладнання, також включає проєктування модельного оснащення, очисного устаткування, а також засоби та комплекси автоматизації технологічних процесів і екологічного моніторингу всього циклу цього ливарного процесу, що на етапі пуско-налагодження приводиться у дію під час впровадженні в умовах створених чи реконструйованих ливарних підприємств чи дільниць [4].

В даний час моделювання процесів лиття, як складова віртуального ІІТ, визначається в якості стратегічного інструменту для оптимізації процесу з метою поліпшення якості продукції. Якщо для цього потрібна тривимірна математична модель виливка, а вона не завжди доступна, бо нерідко оригінальні креслення вже змінені та деталі знаєди конструкторів змін, то відомий такий процес, як зворотний інжиніринг (ЗІ) – найбільш підходящий метод для відновлення геометричної моделі виливка. Процедура ЗІ для отримання тривимірного САД моделі металевого виливка, як деталі фізичного обладнання, включає в себе чотири етапи:

1) попереднє оцифрування, 2) оцифрування деталей обладнання, 3) реконструкція поверхні та 4) тривимірне моделювання САД.

Така методологія ЗІ здатна реконструювати адекватну геометрію кожної окремої деталі обладнання та навіть геометрію зібраної ливарної форми для виготовлення виливка. Методи віртуального інжинірингу забезпечують створення моделей високої відповідності реальним процесам та конструкцій замість дорогих натурних моделей, що істотно знижує виробничі витрати, а адитивні технології дозволяють виробляти персоналізовану (за індивідуальним замовленням) продукцію з мінімальними витратами матеріалів і часу на її розробку і прототипування. У найбільш концентрованому вигляді ці новітні комп'ютерні та виробничі технології включають у прогнозовані «фабрики майбутнього» [5].

На сайтах окремих компаній замовник вже може розмістити онлайн креслення свого виливка (деталі), а програма тут же покаже оптимізовані варіанти конструкції цього виливка, рекомендації до матеріалу, вартості, часу його виготовлення залежно від серійності тощо. Це схоже на те, як у магазині одягу покупець за допомогою програми доповненої реальності може на тут же зробленому своєму фото чи відео в повний зріст на моніторі побачити себе в тому одязі, що він вибрав кліком на комп'ютері, порівняти віртуально свій вид в різних костюмах з рекомендаціями щодо оптимальних кольорів, ціни, новизни, матеріалу, сезону, розмірів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Digital Culture: Your Competitive Advantage. 2017. URL: <https://news.microsoft.com/uploads/2018/02/EEE-Insights-Report.pdf>.
2. Михайлова Л. В. Інжиніринг, як складова функціонування інтелектуальної власності. Вісник ПДАБА. – 2018. – № 6. – С. 110 – 115.
2. Дорошенко В. С. Напрямки цифровізації ливарництва. Віртуальний інжиніринг, цифровий двійник, адитивні технології // Промисловість в фокусі. – 2021. – № 3. – С. 49 – 51.
3. Бекетова Ю. А., Ведерников М. В. Віртуальний інжиніринг литейних технологій в підготовці бакалавров професійного навчання // Сборник трудов конф. Наука. Информатизация. Технологии. Образование. – Екатеринбург, 26.02-02.03.2018. – С. 311 – 317.
4. Шинский О. И., Марукович Е. И., Шалевская И. А. и др. Экономика, экология, организация производств лития по газифицируемым моделям // Литье и металлургия. – 2017. – № 4. – С. 53 – 59.

5. Технологии компьютерного инжиниринга // Передовые производственные технологии. – 2016. – №8. – С 1 т– 2. URL: <https://issek.hse.ru/data/2016/09/09/1120007033/Layout.pdf>.

Дорошенко Володимир Степанович – д-р техн. наук, старший науковий співробітник відділ фізико-хімії ливарних процесів, Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ. e-mail: doro55v@gmail.com

Янченко Олександр Борисович – к.т.н. старший викладач кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет. e-mail: 1961yab@gmail.com.

ON DIGITAL CULTURE IN FOUNDRY AND METALLURGICAL PRODUCTION AND ONE OF ITS MANIFESTATIONS IN THE FORM OF VIRTUAL ENGINEERING

Abstract:

For foundry and metallurgical production, as a production and technological complex, on the way to creating a digital technological culture considered methods of virtual engineering and reverse engineering to create models of high compliance with real processes and structures instead of expensive full-scale models, which significantly reduces production costs. These latest computer and production technologies are the prototype of the "factories of the future".

Key words: *digitization, engineering, design work, modeling and engineering calculations.*

Doroshenko Vladimir Stepanovich – doctor of Engineering Sciences, Senior research officer, Department of Physics and Chemistry of Casting Processes, Physico-technological institute of metals and alloys National academy of sciences of Ukraine, email : doro55v@gmail.com

Yanchenko Alexander B. – Ph.D. Senior Lecturer of Technology of Increasing of Wear Resistance, Vinnytsia National Technical University, e-mail: 1961yab@gmail.com

РІЗНОМАНІТНІСТЬ ЛИТИХ КОНСТРУКЦІЙ ЯК ОДИН ІЗ ІНДИКАТОРІВ РОЗВИТКУ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

¹Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України,

²Вінницький національний технічний університет

Анотація

Аналіз розвитку процесів ливарного виробництва з огляду на структурну різноманітність виливків показує, що з появою певних знакових оригінальних технологій виливки стають все більш складними, а загальний потенціал ливарних процесів зростає внаслідок їхньої придатності до формування металу. Розглянуто три етапи розвитку ливарного виробництва

Ключові слова: *можливості ливарного виробництва, 3D друк, процеси лиття, адитивні технології.*

Аналіз розвитку ливарних процесів з огляду конструкційної різноманітності литих заготовок свідчить, що з появою та впровадженням на підприємствах певних знакових оригінальних технологій конструкції виливків стають все складнішими, а загальний потенціал ливарних процесів росте за придатністю їх до формування з металу. Це проходить на фоні давно існуючих (традиційних) процесів лиття, що також удосконалюються. Як ніякий інший вид металообробки, ливарне виробництво розкриває свої резерви створення закристалізованих з розплаву конструкцій. Наведено нижче приклади з відкритих джерел технічної інформації.

Раніше та як зараз здебільшого під час формувці у парних опоках лили так і лють такі конструкції (1), які є можливість заформувати. З розвитком лиття за разовими моделями, зокрема, що газифікуються, додалась можливість лити те (2), що могли змоделювати. З появою адитивних чи 3D технологій додалось лиття того (3), що могли надрукувати чи «виростити». Причому зараз пошарово надрукувати можуть як ливарну модель (разову чи багаторазову), так і форму, чи вилівок. Отже, йдеться про три етапи зростання можливостей ливарного виробництва.

З появою моделей, що газифікуються, з досить легкою (і 3D) обробкою для них пінополістиролу та формовкою у сипкому піску відкрилась можливість лити каркасно-комірчасті виливки, що схожі на конструкції живої та неживої природи. Це приклад того, що кожний етап збільшував розмаїття конструктивної номенклатури виливків, а також і ряд можливостей впливу на структуру та властивості литого металу. Якщо на етапі 1 переважно лили те, що «лягало» у роз'єм напівформ та дозволяло протяжку моделі, то на етапі 2 стали лити ще те, яку разову модель змогли виготовити, склеїти та заформувати в об'ємі сипкого (вібро-плинного чи «псевдорідкого») формувального піску та підживити розплавом металу для задовільного ним заповнення форми, модель при цьому взаємодіє з плинними середовищами: піском та металом.

А етап 3 розширив можливості першого та другого (та створив і створює свої), зокрема, можливість швидкого впровадження у виробництва нової номенклатури литва за рахунок 3D друку і форм, і моделей, і виливків, так би мовити, «з повітря» без паперових документів на модельно-формувальну оснастку, а саме: з цифрових файлів за комп'ютерними програмами. Ці програми стали здатними до оптимізації (згідно експлуатаційних чи заданих умов) литих конструкцій та неминуче «привели» до природоподібних конструкцій, бо еволюція природи вже відібрала конструкції, що найбільш ресурсоефективно підкрюють простір. Зокрема, біонічні конструкції, мовби долаючи гравітацію, ростуть знизу вгору («до сонця»), якраз в тому напрямку, в якому зручно їх адитивно друкувати на 3D принтерах, наслідуючи природні.

В якості прикладу застосування програм проектування легковагих конструкцій на рис. 1 показано 3D друкований кронштейн із алюмінієвого сплаву. Нова його конструкція від компанії Airbus Defense and Space (Великобританія) [1] економить вагу та скорочує час виготовлення, а більша жорсткість забезпечує кращу точність наведення для прикріплених антен, зокрема при розміщенні у космосі.

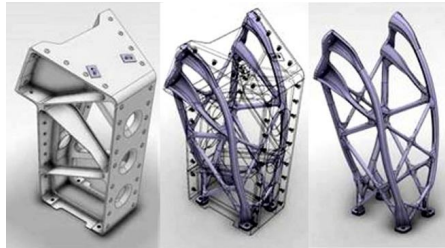


Рис. 1 – Зміна конструкції кронштейну на легковагу та біонічну

Ще один приклад застосування адитивних технологій при суміщенні другого та третього етапів розвитку методів лиття – це 3D друк легкоплавкої моделі, за якою вилито корпус дрону з магнієвого сплаву (рис. 2) [2] компанією Aristo Cast Inc., яка є членом Американського ливарного товариства AFS. Серед досліджень AFS – суттєва доля фінансування адитивної теми – 22 % (рис. 3).



Рис. 2 – Литий каркас для міні-дрона за 3D друківаною моделлю

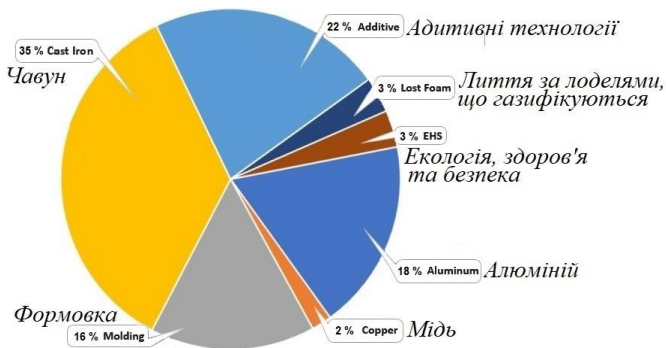


Рис 3 – Напрями досліджень, що фінансуються AFS у 2020 – 21 рр.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Airbus Defence and Space Optimising Components Using 3D Printing for New Eurostar E3000 Satellite Platforms. 1.06.2015. URL: <https://additivemanufacturing.com/tag/airbus-defence-and-space/>.
2. Jiten Shah. Mini drone cast with help of 3D-printed patterns // Casting Source. 2021. – Mar/Apr. – P. 18 – 19.
3. Дослідження, що фінансуються AFS. URL: <https://www.afsinc.org/research>.

Дорошенко Володимир Степанович – д-р техн. наук, старший науковий співробітник відділ фізико-хімії ливарних процесів, Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ. e-mail: doro55v@gmail.com

Янченко Олександр Борисович – к.т.н. старший викладач кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет. e-mail: 1961yab@gmail.com.

DIVERSITY OF CAST STRUCTURES AS ONE OF THE INDICATORS OF FOUNDRY PRODUCTION DEVELOPMENT

Abstract:

Analysis of the development of foundry processes in view of the structural diversity of castings shows that with the advent of certain iconic original technologies, castings are becoming more complex, and the overall potential of foundry processes grows in their suitability for metal forming. Three stages of development of foundry production are considered

Key words: *possibilities of foundry production, 3D printing, casting processes, additive technologies.*

Doroshenko Vladimir Stepanovich – doctor of Engineering Sciences, Senior research officer, Department of Physics and Chemistry of Casting Processes, Physico-technological institute of metals and alloys National academy of sciences of Ukraine, email : doro55v@gmail.com

Yanchenko Alexander B. – Ph.D. Senior Lecturer of Technology of Increasing of Wear Resistance, Vinnytsia National Technical University, e-mail: 1961yab@gmail.com.

ЦИКЛІЧНИЙ ОБОРОТ ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ЙОГО ПРИСКОРЕННЯ З ЗАСТОСУВАННЯМ 3D ТЕХНОЛОГІЙ

¹Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України,
²Вінницький національний технічний університет

Анотація

Ливарне виробництво є прикладом циклічного обороту металу та інших матеріалів. Цей оборот пришвидшує тривимірний друк візерунків та піщаних форм. Наведені схеми виготовлення виливків з використанням друкованих зразків та піщаних форм. Використання 3D-друку стимулює розвиток економіки замкненого циклу, сприяє розробці нових методів та матеріалів.

Ключові слова: ливарне виробництво, адитивні технології, 3D друк та технології, ефективне та відповідальне виробництво.

Ливарне виробництво є прикладом циклічного обороту металевих матеріалів завдяки самій природі виробничого процесу, в якому все більше застосовують механізм кругообігу: технологія ливарного виробництва дозволяє переробляти та повторно використовувати значну частину металопродукції, яка досягла «кінця свого життя» для виготовлення нових виробів. Останніми роками відсоток перероблених металів, що використовуються замість сировини, зростає та зараз сягає 75% для ливарних підприємств з електричними плавильними печами (рис. 1) [1].

Інші відходи виробництва також повторно використовують у процесі: до 95 % відходів піщаної суміші під час сирій формовці, а також сипкий пісок під час вакуумній піщаній формовці за багаторазовими чи разовими моделями застосовують повторно, заощаджуючи пісок та глину, що видобувають з кар'єрів. Нарешті, 95 % води для охолодження печей, нерідко та для охолодження виливків підтримують в обороті.



Рис. 1 – Схема кругообігу матеріалів у ливарному виробництві [1].

Останнім часом сталий розвиток поступово стає одним з ключових показників ефективного та відповідального виробництва. Оскільки державні структури та підприємства все частіше оцінюють, а також і відстежують вплив своєї діяльності на навколишнє середовище, очікується, що адитивні технології візьмуть на себе провідну роль щодо зниження негативного впливу

промисловості на екологію. 3D друк дає можливість локалізувати та оптимізувати виробництво – це скорочує кількість відходів, знижує викиди вуглекислого газу, спрощує традиційні логістичні ланцюжки, а також дозволяє повторно використовувати матеріали та економити сировину, що є основним критерієм створення економіки замкнутого циклу [2].

Для ливарних цехів 3D технології дозволяють значно скоротити технологічну підготовку виробництва, чим, по суті, прискорюють випуск литої продукції, та у підсумку, її циклічний оборот. Традиційні процеси отримання виливків виконуються за схемою – розробка конструкторської документації, виготовлення майстер-моделі, виготовлення піщаної форми її заливка розплавом металу. Найбільш трудомісткою та тривалою частиною цього процесу є виготовлення ливарних моделей. В сучасних умовах є можливість швидко, якісно та недорого виготовляти такі моделі – це технології швидкого прототипування [3] (рис. 2). Весь процес включає у себе розробку 3D моделі, з отриманням математичних параметрів моделі в абсолютній системі координат, що виключає похибку розмірних ланцюгів ще на етапі проектування. За тим слідує розробка технічної документації по методиці «комп'ютерного інжинірингу» відповідно до норм ЄСКД і ЄСТД, що включає в себе 2D креслення. Далі застосовується технологія прототипування з використанням 3D принтера, на якому і створюються майстер-моделі з ABS-пластика [3]. Потім за цими моделями виготовляють ливарні форми в наявних у цеху опоках та заливають їх металом, отримуючи виливки.



Рис. 2 – Схема виробництва ливарних моделей і виливків з технологією швидкого прототипування [3].

Для 3D друку ливарних форм навіть без виготовлення твердих моделей застосовують технологію за схемою (рис. 3) [4], що автоматизує та прискорює весь шлях від 3D моделі деталі на комп'ютері до ливарної піщаної форми, в яку заливають метал та отримують виливок.



Рисунок 3 – Схема розробки ливарного процесу з 3D друком ливарної форми.

Застосування 3D друку стимулює розвиток економіки замкнутого циклу, задовольняє запит на персоналізовану продукцію, сприяє розробці нових методів та матеріалів, а автоматизація друку підвищує продуктивність виробництва та якість продукції, зменшуючи суб'єктивний вплив на її якість.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Foundries and circular economy. 16.02.2021. Foundry gate. URL: <http://foundrygate.com/en/noticias/ver/5225/>.

2. Главные тренды в сфере 3D-печати и цифрового производства – результаты опроса НР.
URL: [HP_digital_manufacturing_Study.pdf](#)

3. Ильюшенко Н. В. и др. Объемное моделирование и прототипирование в литейном производстве // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8. – С. 198 – 200.

4. Левкина О. Ю. Применение информационных технологий в организации конструкторского-технологической подготовки литейного производства авиастроительного предприятия // Известия высших учебн. заведений. Поволжский регион. Технич. науки. – 2013. – № 1. – С. 115 – 122.

Дорошенко Володимир Степанович – д-р техн. наук, старший науковий співробітник відділ фізико-хімії ливарних процесів, Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ. e-mail: doro55v@gmail.com

Янченко Олександр Борисович – к.т.н. старший викладач кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет. e-mail: 1961yab@gmail.com.

Лисий Анатолій Сергійович – інженер відділ фізико-хімії ливарних процесів, Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, м. Київ. e-mail: aslysiy@gmail.com

CYCLIC TURNOVER OF FOUNDRY PRODUCTION AND ITS ACCELERATION WITH THE APPLICATION OF 3D TECHNOLOGIES

Abstract

Foundry production is an example of cyclic turnover of metal and other materials. This turnover speeds up 3D printing of patterns and sand molds. Schemes for the production of castings using printed patterns and sand molds are given. The use of 3D printing stimulates the development of a closed-loop economy, promotes the development of new methods and materials.

Key words: *foundry production, additive technologies, 3D printing and technologies, efficient and responsible production.*

Doroshenko Vladimir Stepanovich – doctor of Engineering Sciences, Senior research officer, Department of Physics and Chemistry of Casting Processes, Physico-technological institute of metals and alloys National academy of sciences of Ukraine, email : doro55v@gmail.com

Yanchenko Alexander B. – Ph.D. Senior Lecturer of Technology of Increasing of Wear Resistance, Vinnytsia National Technical University, e-mail: 1961yab@gmail.com.

Lysyi Anatolii Serhiiovych – Engineer, Department of Physical Chemistry of Foundry Processes, Institute of Physics and Technology of Metals and Alloys of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv. e-mail: aslysiy@gmail.com

ВПЛИВ ДОБАВКИ КАРБІДІВ БОРУ НА ПОДРІБНЕННЯ СТРУКТУРИ НАПЛАВЛЕНИХ ПОКРИТТІВ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Досліджено вплив карбідів бору на розміри зерен наплавленого покриття. Встановлено, що в наплавленому шарі легувальною композицією з карбідом бору (Cr-B₄C-Mo-C) відбулося подрібнення зерна за умови обмеженої кількості вуглецю.

Ключові слова: наплавлення, легувальні композиції, карбід бору, зерна, структура.

Відома значна кількість варіантів реалізації методів наплавлення, які дозволяють отримувати покриття з високою зносостійкістю у визначених умовах використання. При цьому подрібнення карбідних включень підвищує надійність їх утримування в металевій матриці і в підсумку зносостійкість. Причому карбіди у вигляді ізольованих включень є найбільш бажаними у структурі. Меншу зносостійкість мають сплави, в структурі яких міститься звичайний цементит – фаза з малим запасом стабільності.

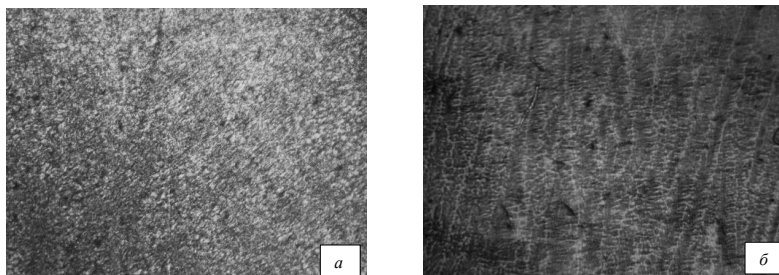
Введення бору у наплавлений метал сприяє зміні критичних співвідношень карбідотвірних елементів до вуглецю, сприяє інтенсифікації виділення спеціальних карбідів і карборидів ((Cr, Fe)_n(C, B)₃ та (Cr, Fe)₂₃(C, B)₆), а також подрібненню карбідної фази, що значно підвищує як твердість, так і зносостійкість наплавленого металу [1]. Введення в сплав 0,4 ... 0,6 мас. % бору призводить до зміщення евтектичної точки сплавів вліво, тим самим сприяє випаданню надлишкових карбідів і одночасно до підвищення зносостійкості наплавленого металу, що задовільно працює навіть в умовах інтенсивного абразивного зношування без ударних навантажень [2].

Метою роботи є дослідження впливу карбідів бору на подрібнення структури наплавлених покриттів.

Наплавлення зразків проводили на наплавлювальній установці УД-209М у середовищі вуглекислого газу дротом Св-08Г2С, діаметром 1,2 мм. Режими наплавлення: сила струму – 100 А, напруга – 25 В, швидкість наплавлення – 5 м/год.

Для наплавлення використовувались пласкі зразки розмірами 60x20x8 мм, виготовлені зі сталі 45. На зразки наносилась суспензія на основі силікатного клею та легувальні композиції з карбідом бору (Cr-B₄C-Mo-C) та без карбіду бору (Cr-Mo-V-C).

В наплавленому шарі легувальною композицією з карбідом бору (Cr-B₄C-Mo-C) відбулося подрібнення зерна за умови обмеженої кількості вуглецю (рис1а). Структура покриття не має виразної неоднорідності структури.



Рисунки 1 – Мікроструктура зразків (x150): а – з карбідом бору (Cr-B₄C-Mo-C); б – без карбіду бору (Cr-Mo-V-C)

В наплавленому шарі легувальною композицією без карбіду бору (Cr-Mo-V-C), зерна в порівнянні з композицією з карбідом бору (Cr-B₄C-Mo-C) є більш крупними (рис1б).

Бачимо що введення в легувальну композицію карбідів бору сприяє подрібненню зерен.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Messaadi, M. Wear behavior of high chromium sintered steel under dynamic impact-sliding: Effect of temperature / M. Messaadi, F. Kapsa // Tribology International. – № 100. – P. 380-387. Рік???

2. Попов, С. Н. Оптимизация химического состава наплавленного металла деталей для работы в условиях абразивного изнашивания / С. Н. Попов// Автоматическая сварка . – 2001 . – № 4 . – С. 33 – 35.

Савуляк Валерій Іванович – д.т.н., професор кафедри ГМ. Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: korsav84@gmail.com

Шиліна Олена Павлівна – канд. техн. наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: epshilina.tpz@gmail.com

Шенфельд Валерій Йосипович – канд. техн. наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: leravntu@gmail.com

INFLUENCE OF ADMINISTRATION OF BORINE CARBIDES ON FRAGMENTATION OF THE STRUCTURE OF SAVED COATINGS

Abstract

The influence of boron carbides on the grain sizes of the deposited coating was studied. It was found that in the deposited layer of the alloying composition with boron carbide (Cr-B₄C-Mo-C) there was grinding of grain under conditions of limited amount of carbon

Key words: surfacing, alloying compositions, boron carbide, grains, structure.

Savulyak Valeriy - Doctor of Technical Sciences, Professor of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, email: korsav84@gmail.com

Shilina Olena - Cand. tech. Sciences, Associate Professor of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: epshilina.tpz@gmail.com

Shenfeld Valeriy - Cand. tech. Sciences, Associate Professor of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: leravntu@gmail.com

ЛЕГУВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ РОБОТИ В УМОВАХ АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблено легувальний комплекс для наплавлення зносостійких покриттів для роботи в умовах абразивного зношування. Створено зносостійкий шар, який складається з складно легованих карбідів. Мікротвердість структурних складових наплавлених покриттів корелює з відсотком карбідотвірних елементів.

Ключові слова: електродугове наплавлення, легувальні композиції, зносостійкість, карбіди, мікротвердість.

В даний час застосовуються методи наплавлення, які дають можливість наплавляти зносостійкі шари.

Подрібнення карбідних включень (наприклад, в результаті прискорення кристалізації чавунів) підвищує зносостійкість. Причому карбіди у вигляді ізольованих включень найбільш сприятливі для підвищення зносостійкості.

В умовах тертя в процесі експлуатації, відповідно до сучасної теорії тертя і зношування, в мікрозонах молекулярного схоплювання виникають так звані «високотемпературні» точки, в яких речовина може перейти навіть в стан плазми.

Під впливом температури відбувається розпад зносостійких складових поверхневого шару, зокрема цементиту, що призводить до прискореного зношування робочих поверхонь в умовах абразивного впливу. Для стабілізації цементиту необхідно введення легувальних елементів, що запобігають його розпаду, а саме: Cr, Mn, Mo, W, Ti, N та інші [1].

Дослідження процесів абразивно-корозійного зношування хромомістких сталей [2] показали, що при низькій та помірній інтенсивності впливу абразивних частинок достатню стійкість мають сталі з вмістом хрому до 14%. Замість хрому часто використовують інші карбідотвірні елементи: V, Ti, W, Mo.

В інших системах для легування використовуються активні карбідотвірні: вольфрам, молібден, ванадій, титан, ніобій, тантал, цирконій, які виділяються при цьому в наплавленому металі як монокарбід, сприяють підвищенню його зносостійкості, як при нормальній, так і при підвищених температурах. Надлишки легувальних елементів, що не беруть участь в утворенні карбідів, таких як ванадій, молібден розчиняються в твердому розчині, збільшують його міцність при високих температурах [3].

Високу зносостійкість в умовах абразивного зношування показали покриття на основі удару з додаванням ванадію, молібдену та бору.

Метою роботи є створення легувальних композицій для протидії абразивному зношуванню без ударних навантажень.

Наплавлення зразків проводили на наплавочній установці УД-209М у середовищі вуглекислого газу обмідненим дротом Св-08Г2С, діаметр 1,2 мм. Режим наплавлення: сила струму – 100 А, напруга – 25 В, швидкість наплавлення – 5 м/год.

Для наплавлення використовувались плоскі зразки розмірами 60x20x8 мм виготовлені зі сталі 45. На зразки наносилась суспензія, в якій роль рідкого дисперсійного середовища виконував силікатний клей та легувальні композиції такого складу:

- 1 – Cr-В₄C-Mo-C – 2% хрому, 1% карбіду бору, 0,5% молібдену та 0,4% вуглецю;
- 2 – Cr-Mo-V-C – 5% хрому, 1% молібдену, 1% ванадію, 0,8% вуглецю;
- 3 – Cr-Mo-V-C – 10% хрому, 1% молібдену, 1% ванадію, 0,8% вуглецю.

Для наплавлених шарів видимі дефекти, мікро- та макротріщини – відсутні.

Результати досліджень мікроструктур наплавленого покриття композиції 1 показали, що в перехідній зоні виявлено карбідну сітку, яка виділилась по границях зерен. В наплавленому шарі цієї композицією відбулося подрібнення зерна за рахунок утворення карборидів за умови обмеженої кількості вуглецю.

Результати досліджень мікротвердості зразка покритого композицією 1 показала, що найбільша твердість виявлена на поверхні покриття (≈ 9500 МПа).

Результати досліджень мікроструктур наплавленого покриття композицією 2 показали, що в перехідній зоні наявні дрібні включення та ознаки розшарування структурних складових.

У наплавленому шарі також спостерігається аналогічний більш чітко виражений направлений процес формування структури з виділенням по границям зерен карбідної сітки. Твердість поверхневого шару сягає ≈ 14000 МПа, а мікротвердість матриці, як і у попередньому випадку для композиції 1, становить ≈ 4500 МПа.

Результати досліджень мікроструктур наплавленого покриття композицією 3 показали, що в перехідній зоні спостерігаються включення дифундованого за різними механізмами хрому. В наплавленому покритті по границях дрібних зерен утворилась карбідна сітка за цементитним типом. Максимальна мікротвердість сягає ≈ 15000 МПа, а мікротвердість матриці становить ≈ 8000 МПа за рахунок легування.

Високу зносостійкість в умовах абразивного зношування показали покриття на основі хрому з додаванням ванадію, молібдену та бору.

Мікротвердість структурних складових наплавлених покриттів корелює з відсотком карбідотвірних елементів.

Введення в легувальну композицію карбідів бору сприяє подрібненню зерен.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Савуляк В. І. Схильність сплавів заліза до графітизації та їх триботехнічні властивості / В. І. Савуляк // Вісник ВПІ. 2000, №5. С. 62–67.

2. Hardness, toughness and cracking systems of primary (Cr,Fe)₂₃C₆ and (Cr,Fe)₇C₃ carbides in high-carbon Cr-based alloys by indentation / C. Lin [and et.] // Materials Science and Engineering. – № 527. – P. 5038-8.

3. Изучение абразивного износа литейных сплавов при высоких и низких температурах / В. А. Федьков, Е. И. Иващенко, В. В. Лунев, Г. А. Федьков. – Запорожье. 1991. – 9 с. Деп. в Укр НИИНТИ 12.03.1991, № 325-Ук91.

Савуляк Валерій Іванович – д.т.н., професор кафедри ГМ. Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: korsav84@gmail.com

Шиліна Олена Павлівна – канд. техн. наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: epshilina.tpz@gmail.com

Шенфельд Валерій Йосипович – канд. техн. наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: leravntu@gmail.com

ALLOY COMPLEX FOR SURFACING OF WEAR-RESISTANT COATINGS FOR WORK IN THE CONDITIONS OF ABRASIVE WEAR

Abstract

An alloying complex for surfacing of wear-resistant coatings for work in the conditions of abrasive wear has been developed. A wear-resistant layer consisting of complex doped carbides has been created. The microhardness of the structural components of the welded coatings correlates with the percentage of carbide-forming elements.

Key words: electric arc surfacing, alloying compositions, wear resistance, carbides, microhardness.

Savulyak Valeriy - Doctor of Technical Sciences, Professor of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University. email: korsav84@gmail.com

Shilina Olena - Cand. tech. Sciences, Associate Professor of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: epshilina.tpz@gmail.com

Shenfeld Valeriy - Cand. tech. Sciences, Associate Professor of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: leravntu@gmail.com

ТЕХНОЛОГІЯ НАПЛАВЛЕННЯ ХРОМИСТИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблена технологія наплавлення хромистих зносостійких покриттів з різним вмістом хрому. Встановлено, що зі збільшенням вмісту хрому підвищується твердість та зносостійкість покриттів за рахунок утворення значної кількості карбідів.

Ключові слова: електродугове наплавлення, ферохром, зносостійкість, карбіди, твердість.

Із застосуванням наплавлення виготовляються деталі, що мають особливі службові характеристики, а також багаторазово відновлюються їх початкові розміри та експлуатаційні властивості зношених поверхонь. Домінуюче використання у виробничій практиці отримали дугові способи наплавлення. Одним з найбільш поширених способів залишається наплавлення в захисних газах. А розробка технології наплавлення з використанням легувальних елементів є дуже актуальною.

Основний внесок в опір матеріалу зношуванню вносять більш тверді складові, які найчастіше є карбідами. Звідси зрозуміле прагнення збільшувати кількість карбідів у структурі зносостійких сплавів. Іноді їх кількість доводять до 90%. [1]

Встановлено, що на зносостійкість впливають не тільки розміри, але і форма карбідів [2].

Одним з найбільш дешевих та доступних елементів є хром, тому і знайшов найбільш широке застосування при поверхневому легуванні виробів. Доцільність легування наплавлених поверхонь хромом обумовлена такими обставинами:

- хромистий цементит ($\text{Fe, Cr}_3\text{C}$) має більш високу твердість, а отже зносостійкість, ніж нелегований цементит Fe_3C ;
- легування хромом підвищує температуру плавлення ледебуриту, а отже, явище локального оплавлення в точках високотемпературних «спалахів» при «молекулярному» схоплюванні в зоні тертя і зношування відбувається набагато рідше у легованому чавуні;
- хром підвищує хімічну стійкість та знижує окислювальний знос в «точках схоплювання».

Дослідження процесів абразивно-корозійного зношування хромомістких сталей [2] показали, що при низькій та помірній інтенсивності впливу абразивних частинок достатню стійкість мають сталі з пониженням до 14%, вмістом хрому.

Метою роботи є розробка технології наплавлення хромистих зносостійких покриттів для протидії абразивному зношуванню без ударних навантажень.

На вихідні зразки розмірами 60x20x8 мм зі сталевого листа (сталь 45) за ГОСТ 19903-2015 наносилась підготовлена легувальна композиція (попередньо ретельно перемішана) у вигляді суспензії, в якій роль рідкого дисперсійного середовища виконував силікатний клей (рідке скло за ГОСТ 13078-81), а роль твердої дисперсної фази – порошкова шихта з різним вмістом порошку ферохрому за ГОСТ 4757-91 (5%, 10%).

Наплавлення підготовлених зразків проводили на наплавочній установці УД-209М у середовищі вуглекислого газу обмідненим дротом Св-08Г2С, діаметр 1,2 мм. Режим наплавлення: сила струму – 100 А, напруга – 25 В, швидкість наплавлення – 5 м/год.

Мікроструктурні поверхневих шарів отриманих зразків проведені із застосуванням оптичних мікроскопів МБС-6 та ММ-8. Фіксування зображень й переведення їх у цифровий вигляд здійснювалось за допомогою спеціальної камери-окуляра та засобами ЕОМ. Для виконання мікроструктурних досліджень виготовлялись шліфи за стандартною методикою. Хімічне травлення поверхні зразків здійснювали 4% розчином HNO_3 у спирті. Твердість вимірювали твердоміром ТК-2М.

Результати досліджень мікроструктур наплавленого покриття з вмістом ферохрому 5% показали, що в перехідній зоні наявні дрібні вclusions та ознаки розшарування структурних складових.

У наплавленому шарі спостерігається більш чітко виражений направлений процес формування структури з виділенням по границям зерен карбідної сітки. Твердість покриття сягає 55 HRC.

Результати досліджень мікроструктур наплавленого покриття з вмістом ферохрому 10% показали, що в перехідній зоні спостерігаються включення дефундованого за різними механізмами хрому. В наплавленому покритті по границях дрібних зерен утворилась карбідна сітка за цементитним типом. Твердість покриття сягає 60 HRC.

Зі збільшенням кількості ферохрому в легувальних композиціях від 5% до 10% , підвищується твердість та зносостійкість покриттів за рахунок утворення значної кількості карбідів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Попов, С. Н. Оптимизация химического состава наплавленного металла деталей для работы в условиях абразивного изнашивания / С. Н. Попов // Автоматическая сварка. – 2001. – № 4. – С. 33 – 35.

2. Hardness, toughness and cracking systems of primary (Cr,Fe)23C6 and (Cr,Fe)7C3 carbides in high-carbon Cr-based alloys by indentation / C. Lin [and etc.] // Materials Science and Engineering. – № 527. – P. 5038-8.

Савуляк Валерій Іванович – д.т.н., професор кафедри ГМ. Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: korsav84@gmail.com/

Шиліна Олена Павлівна – канд. техн. наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: epshilina.tpz@gmail.com

Шенфельд Валерій Йосипович – канд. техн. наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: leravntu@gmail.com

TECHNOLOGY OF SURFACING OF CHROME WEAR-RESISTANT COATINGS

Abstract

The technology of surfacing of chromium wear-resistant coatings with different chromium content has been developed. It is established that with the increase of chromium content the hardness and wear resistance of coatings increases due to the formation of a significant amount of carbides.

Key words: electric arc surfacing, ferrochrome, wear resistance, carbides, hardness.

Savulyak Valeriy - Doctor of Technical Sciences, Professor of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, email: korsav84@gmail.com

Shilina Olena - Cand. tech. Sciences, Associate Professor of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: epshilina.tpz@gmail.com

Shenfeld Valeriy - Cand. tech. Sciences, Associate Professor of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: leravntu@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

¹ Національна Академія Державної прикордонної служби України ім. Богдана Хмельницького, м. Хмельницький, Україна
² Хмельницький національний університет

Анотація

В роботі проведено аналіз вимог до поршневих пальців двигунів внутрішнього згоряння та способів їх відновлення. Запропоновано застосувати композиційні електролітичні покриття на основі заліза з добавкою нанорозмірного порошку нітриду бору для відновлення та підвищення зносостійкості поршневих пальців. Наведено результати досліджень механічних та трибологічних властивостей нанесених покриттів.

Ключові слова: Композиційні електролітичні покриття на основі заліза, нанопорошок нітриду бору, твердість, трибологічні характеристики, поршневі пальці, відновлення, зносостійкість.

Значна кількість деталей, які виходять з ладу внаслідок зносу, втоми, механічних чи корозійних пошкоджень, але володіють залишковим ресурсом роботи, можуть бути відновлені. Відновлення є важливим кроком до зменшення витрат на виготовлення нових деталей. Витрати на відновлення деталей складають від 10 до 50% вартості нових. При відновленні деталей значно зменшуються витрати матеріалу, [1]. Якщо вартість матеріалу та виготовлення заготовок при виробництві автомобілів сягає 70 -75 % їх вартості, то при відновленні деталей всього 1-12 % . Скорочуються витрати на обробку деталей. Відновлення дозволяє зменшити потреби у виробництві запасних частин. Тому важливим кроком до зменшення витрат на виготовлення нових деталей є відновлення і зміцнення спрацьованих деталей.

Одним з найбільш навантажених вузлів при роботі двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) є циліндро-поршнева група, у яку входить поршневий палець, який лімітує ресурс і довговічність двигуна в цілому, та визначає його працездатність. Надійність та довговічність поршневих пальців - головна вимога до їх якості, тому що їх заміна вимагає виконання робіт високої трудомісткості. До поршневих пальців висувають такі вимоги: висока міцність, жорсткість та висока твердість поверхні. Твердість зовнішньої поверхні, яка піддається тертю, повинна бути в межах HRC 56 -62. Поршневі пальці переважно виготовляють з цементованих сталей 15ХФ, 20Х та покращувальних 40, 40Х. Тому для забезпечення висунутих вимог поршневі пальці, як правило, піддають термічній обробці. Якщо це низьковуглецеві сталі, то їх піддають цементації, гартуванню та низькому відпуску. В разі виготовлення пальців з середньо вуглецевих сталей проводять гартування з відпуском.

Основним дефектом пальців є знос поверхонь спряження з втулкою верхньої головки шатуна чи бишоком поршня. Ремонту та відновленню підлягають пальці, знос яких не перевищує 0,05 мм.

В ремонтному виробництві впроваджено декілька способів відновлення пальця поршневого: шліфування і нанесення хромового покриття; шліфування з більшого розміру на менший ремонтний чи номінальний розмір; тверде нікелювання; залізнення; роздача, коли через отвір пропускають пуансон з натягом від 0,16 до 0,20 мм , що збільшує зовнішній діаметр пальця на 0,04- 0,07 мм.

Тверде нікелювання досить широко використовують для відновлення розмірів деталі, підвищення зносостійкості та зменшення схильності до корозії. Ефективним є також гальванічне нарощування залізненням з наступною термічною обробкою та механічною обробкою для

отримання заданої шорсткості поверхні. Залізнення дозволяє відновлювати деталі, знос яких до 1 мм, процес відбувається при температурі 65 -70 °С, що не викликає жолоблення деталі.

Для відновлення пальців поршневих автотракторних двигунів застосовано композиційне електролітичне покриття (КЕП) на основі заліза з добавками нанопорошку нітриду бору. Для отримання КЕП на основі заліза застосовано флюороборатний електродит залізнення з такими режимами електролізу: катодна густина струму 0,4 кА/м², температура електроліту 65-70° С, час осадження - 8 годин, товщина покриття 333 мкм, вихід за струмом 98%. Перевага запропонованого електроліту: висока розсіюча здатність за рахунок утворення комплексу заліза, що призводить до одержання дрібнозернистого покриття. Висока твердість покриттів забезпечується не тільки дрібнозернистою структурою КЕП, але й за рахунок співвисадження заліза з наночастинками нітриду бора. Мікротвердість КЕП на основі заліза 3 700 - 3 980 МПа, покриття не схильне до відшаровування та зберігає самомастильні властивості, при збільшенні шляху тертя лінійний знос практично не збільшився, як в умовах змащування, так і при терті без мастила при температурах до 800°С (лінійний знос при навантаженні P=0,6 МПа, в умовах змащування, для КЕП з добавкою нанопорошку BN 10-18 мкм/км), [3].

Випробування на знос проводились за схемою “куля–площина” на установці ЗНМ 25. Основні технічні характеристики експериментальної установки: рух ковзання - зворотно – поступальний; амплітуда взаємного проковзування - A = 4 мм; швидкість ковзання - V = 500 мм/хв.; нормальне навантаження Q_n = 1 кг; контр тіло - кулька підшипника, сталь ШХ 15 HRC 64. Розрахунок зносу проводили за методикою проф. Кузьменка А.Г., [3]

Висновок: композиційне електролітичне покриття на основі заліза з добавкою нанопорошку нітриду бору має досить високі механічні та трибологічні характеристики, які дозволяють рекомендувати його для відновлення зношених поршневих пальців.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Відновлення деталей автомобілів: Навчальний посібник / В.І.Кальченко, В.В. Кальченко, В.І. Венжега . -Чернівці: ЧНТУ, 2013. -192 с.

2. Яворська Н.М., Дробот О.С., Підгайчук С.Я., Покришко Г.А. Склад для отримання композиційних електролітичних покриттів на основі заліза з добавками нанорозмірних нітридів. Патент на корисну модель №55833 МПК C25D 15/00 27.12.2010. бюл.№24, 2010 р. 29705, МПК C25D 15/00. Заявка № u 2007 10329 від 17/09/2007р.; Опубл. 25.01.2008р., Бюл.№ 2.

3. Кузьменко А.Г. Методи розрахунків і випробувань на зношування та надійність. - Хмельницький: 2002. - 151 с.

Підгайчук Світлана Ярославівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри загальнонаукових та інженерних дисциплін, Національна Академія Державної прикордонної служби України ім. Богдана Хмельницького, м. Хмельницький. Телефон: 0977453889. E-mail: svitlankayar@gmail.com

Дробот Ольга Савівна - кандидат технічних наук, доцент кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства, Хмельницький національний університет. Телефон: 0671312245

Яворська Наталія Михайлівна - кандидат технічних наук, кафедра архітектури та містобудування, Хмельницький національний університет, м Хмельницький, вул. Проїзд катіонівський, 6 E-mail: nataly_yavorska@ukr.net

USE OF COMPOSITE ELECTROLYTIC COATINGS FOR RESTORATION AND INCREASE OF WEAR RESISTANCE OF MACHINE PARTS

Annotation

This paper analyzes the requirements of gudgeon pins internal combustion engines and methods of their recovery. Composite electrolytic coatings based on iron with the addition of nanosized boron nitride powder is proposed to be used to restore and increase the wear resistance of gudgeon pins. The results of researches of mechanical and tribological properties of the put coverings are given.

Keywords: Composite electrolytic coatings based on iron, boron nitride nanopowder, hardness, tribological characteristics, gudgeon pins, restoration, wear resistance.

Svitlana Pidhaichuk - candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of General Scientific and Engineering Disciplines, National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine named after Bohdan Khmelnytskyi, Khmelnytskyi, Ukraine Associate Professor of the Department of Architecture and Urban Planning, Khmelnytskyi National University

Drobot Olha Savivna - candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Tribology, vehicles and Materials Science, Khmelnytskyi National University

Yavorska Nataliia Mykhailivna - candidate of Engineering Sciences, Department of Architecture and Urban Planning, Khmelnytskyi National University

МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОЛІВ ПІД ЧАС МОДИФІКУВАННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ СТАЛЕВИХ ДЕТАЛЕЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

З метою підвищення довговічності деталей машин запропоновано модифікування їх робочих поверхонь плазмою через нанесену легувальну композицію. Процес модифікування моделюється з використанням комп'ютерних 3D – моделей та розбивання поверхні, яка обробляється, на ділянки методом кінцевих різниць. Обмеження кількості тепла, яке вводитьься на чергову ділянку визначається тривалістю дії плазми та досягненням на поверхні підкладки температури плавлення.

Ключові слова: Термічні поля, 3d моделювання, час, легувальна композиція, модифікування.

Вступ

Низка деталей машин та конструкцій доцільно виготовляти зі сталей звичайної якості. Їх міцність цілком задовольняє вимоги до конструкції. В той же час службові характеристики твердості та зносостійкості деяких локальних ділянок або поверхонь потребують виконання більш жорстких вимог. У цьому випадку конструктор передбачає встановлення додаткових деталей чи накладок з високоякісних сталей або композитів. Такі рішення завжди ускладнюють технологію виготовлення та собівартість виробів. Нами пропонується технологія модифікування потрібних ділянок робочих поверхонь деталей машин шляхом обробки плазмою через шар спеціально нанесеної легувальної композиції. Проблема полягає в тому, що зміцнення поверхні відбувається під час нагрівання та часткового або повного розплавлення легувальної композиції та поверхні виробу. Недостатня інтенсивність та тривалість нагрівання не дозволяє повністю завершити всі необхідні процеси, а надлишкова – пошкоджує поверхню, що обробляється, та створює додаткові залишкові напруження, які деформують конструкцію. Комп'ютерне моделювання теплових процесів є необхідною передумовою оптимізації технології за критеріями зносостійкості, контактної міцності та мінімізації витрат.

Програмний пакет «Comsol Multiphysics» вигідно вирізняється від інших відомих тим, що окрім розрахунку теплових полів у виробах з однорідного матеріалу він дозволяє моделювати композити, шаруваті покриття та фазові переходи. За допомогою цього пакету можливо також обрахувати необхідну тривалість впливу зварювальної дуги на ділянку, що, наприклад, модифікується для забезпечення потрібних властивостей поверхні [1].

Результати досліджень

Основною задачею моделювання процесу модифікування робочої поверхні є максимально приблизитись до явищ, що відбуваються у матеріалах та задовільнити обрані критерії. Одним з головних критеріїв для нашого дослідження є визначення тривалості, яка необхідна для нагрівання та розплавлення нанесеної легувальної композиції і робочої поверхні, що забезпечить модифікування. У програмному пакеті «Comsol Multiphysics» це можна зробити за допомогою використання функції «Layered Material».

На рис.1 показана ділянка шнека, на торці якого формується шар зносостійкого композиційного покриття шляхом оплавлення спеціально розрахованої суспензії, яка на нього

попередньо нанесена та висушена. Оскільки по довжині робочої поверхні шнек працює з різними навантаженнями та зношуванням, то і шар покриття може бути сформований з відповідними товщиною, твердістю та зносостійкістю. В залежності від завдань, що розв'язуються, в одному із пакетів геометричного моделювання створюється 3D – модель деталі чи елемента конструкції. Для прикладу взято частину шнеку довжиною 100 мм. з товщиною листа лопаті 5 мм., висота лопаті 35 мм. та діаметр осевого стрижня 20 мм. Для спрощення побудови моделі, гвинтову конфігурацію лопаті замінили на пряму (рис. 1). На рисунку 2 показана приближена ділянка з легувальною композицією. Введення тепла, що моделює плазмовий вплив, здійснюється почергово на окремі ділянки, показані на рисунку 2.

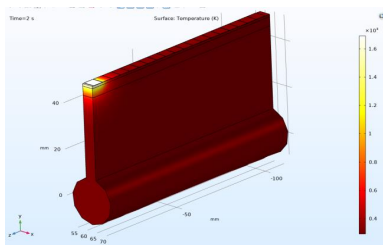


Рисунок 1 – 3D – модель деталі

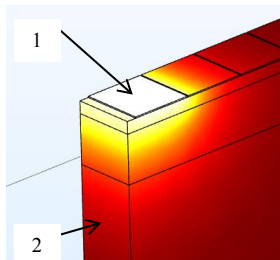


Рисунок 2 – Тепловий вплив на обрану ділянку

Після створення 3D – моделі деталі (рис. 1) визначено температуру металу по глибині в конкретний проміжок часу. Для дифузії компонентів легувальної композиції на глибину до 3 мм, достатньою є температура плавлення підкладки. Для першого проміжку в 5 мм. достатньо здійснювати нагрів протягом 2 с, для другої ділянки тривалість термічного впливу становить 1.5 с, для третього – 1.2 с, для четвертого – 0.5 с, та для всіх наступних ділянок по 0.5 с.

Висновки

Моделювання процесів термічного впливу та визначення часових проміжків на окремих ділянках використовуючи власні багатокомпонентні легуючі суміші здійснено у пакеті програм «Comsol Multiphysics». Визначено температурні поля на кожній з ділянок в залежності від часу впливу температури до глибини, також визначено скільки часу потрібно на нагрів наступної ділянки врахувавши температуру попередньої.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Відеогалерея [Електронний ресурс] // Comsol. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.comsol.ru/videos>.

Дмитрієв Максим Сергійович – аспірант групи АС-19, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: maxlion1974@gmail.com

Савуляк Валерій Іванович – д.т.н., проф., кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: korsav84@gmail.com

MODELING AND CALCULATION OF TEMPERATURE FIELDS DURING MODIFICATION OF WORK SURFACES OF STEEL PARTS

Abstract

In order to increase the durability of machine parts, it is proposed to modify their working surfaces with plasma through the applied alloying composition. The process of modification is modeled using computer 3D models and the division of the treated surface into sections by the method of finite differences. The limitation of the amount of heat that is introduced to the next section is determined by the time of action of the plasma and the achievement on the surface of the substrate melting point.

Key words: Thermal fields, 3d modeling, time, alloying composition, modification.

Dmytriiev Maksym Serhiyovych – graduate student of the AC-19 group, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: maxlion1974@gmail.com

Savulyak Valery Ivanovich – d. oft.s, prof., Department of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: korsav84@gmail.com

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЛИТИХ ДЕТАЛЕЙ З ЧАВУНУ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі розглядаються сучасні способи підвищення механічних властивостей чавунів шляхом створення бейнітної структури матриці через модифікування та термообробку.

Ключові слова: бейнітний чавун, графіт, гартування, аустеніт, модифікатор.

Вступ

Чавун з бейнітною матрицею за комплексом властивостей є конкурентоспроможним по відношенню до сталевих виробів у багатьох галузях народного господарства, особливо в швидкозношуваних конструкціях. Але процес отримання таких матеріалів виявився більш складним, ніж у випадку звичайних чавунів. Технологія виготовлення виливків з необхідними службовими характеристиками вимагає врахування багатьох факторів, здатних впливати на процес структуроутворення бейніту і залишкового аустеніту. Критерієм доцільності їх застосування є відносні затрати на одиницю виробленої продукції. Одна з привабливих областей використання бейнітних чавунів – це змінні знаряддя (лапи культиваторів та ін.) обробки ґрунту у сільськогосподарській техніці.

Результати досліджень

Бейнітний чавун слід розглядати як складний матеріалознавчий об'єкт, кінцева структура та властивості якого залежать від легувального комплексу та технологічних операцій на різних етапах виготовлення виробів. У світовій практиці знайшли застосування бейнітні чавуни з різними видами графітних включень: пластинчасті (сірі, найбільш дешеві чавуни), з дрібнозернистим компактним графітом, вермикулярні, кулясті (найдорожчі). Собівартість визначається складністю технологічного процесу та застосованими легувальними добавками та модифікаторами. Заслужують на увагу технології, що дозволяють досягти найкращого співвідношення якості/вартість. У склад модифікатора КМК1, розробленого в ІПМ НАН України, який використовується для модифікування високоміцного чавуну з кулястим графітом, входять: Mg, SiCa, Al, SiBa, Fe, рефтокон, рідкоземельні матеріали. При цьому для збереження оптимальних ливарних властивостей і міцності базовий чавун має склад: 3,2-3,4% C; 1,4-1,6% Si; 0,2-0,3% Mn; 0,18% Mo; 0,3% Cu; 0,4% Ni; Cr<0,02%; P<0,02%; S<0,02% інше Fe. Такий склад забезпечує високі фізико-механічні характеристики та зносостійкість деталей. Але його вартість та складність технологічних процесів залишаються високими.

Структура отриманого чавуну складається з перліто-феритної матриці і кулястого графіту, при цьому ступінь сфероїдизації графіту становить 90-93%. Модифікатор КМК1 добре засвоюється, проявляє стабільну дію і забезпечує отримання бейнітних чавунів без відбілювання.

Механічні властивості чавуну в литому стані: межа міцності $\sigma_b = 641$ МПа, відносне видовження $\delta = 4,4\%$, твердість 2100 МПа.

Основну роль у виробництві литих деталей з бейнітних чавунів з використанням порошкових модифікаторів відіграють режими термічної обробки, які впливають на процес утворення бейніту і залишкового аустеніту. Результати досліджень показали, що оптимальна температура аустенізації – 890 ± 10 °С, оскільки при цій температурі відбувається перехід фериту в аустеніт. При цьому структура чавуну складається з аустеніту, слідів фериту і кулястого графіту. Після ізотермічного гартування при температурах 310 і 350 °С основу металеві матриці складає бейніт (до 75%), залишковий аустеніт і кулястий графіт. Результати випробувань показали, що твердість

дещо знижується при підвищенні температури гартування, а пластичність, ударна в'язкість та тріщиностійкість незначно зростають. Підвищення температури гартування необхідно для деталей, які працюють з ударними навантаженнями [1].

Для отримання кулястї форми графіту можливе модифікування з ЖНМГЦ лігатурою [2]. Кількість лігатури з магнієм складає 1% від маси розплавленого чавуну. Разом з лігатурою додають феросиліцій марки ФС75, як графітизувальний модифікатор, а також фтористий кальцій – як рафінувальну добавку. Склад чавуну перед модифікуванням: 3,3-3,6% С; 2,3-2,7% Si; 0,3-0,5% Mn; P<0,1%; S<0,02% інше Fe. Такий модифікатор дозволяє стабільно забезпечувати високі показники сфероїдизації графіту. Отримана структура складається з 80% фериту і 20% перліту.

Економним способом гартування сірих чавунів на бейніт з вмістом кремнію більше 2% є режим [3,4,5]: нагрівання до температури 850-900 °С з витримкою 0,5-1 години відповідно та подальша короткочасна витримка в холодній воді або розчині NaCl, швидке перенесення у киплячу воду і одразу ж у повітряну піч із температурою ізотермічного розпаду аустеніту, подальше охолодження на повітрі. Межа міцності чавуну після гартування зростає з 180 до 250 МПа. В залежності від температури і тривалості ізотермічного гартування отримують твердість до 3110 МПа [3].

Висновки

1. Використання технологій отримання чавунів з бейнітною матрицею підвищує зносостійкість деталей в умовах абразивного зношування порівняно з сталевими штампованими.
2. Стійкість лап культиваторів, виготовлених за технологією з використанням порошкового модифікатора КМК1 в 5-7 разів вище в порівнянні з аналогами зі сталі 65Г. Така технологія дозволяє отримати чавуну з високими механічними властивостями, але є високоартісною.
3. Гартування на бейніт сірих чавунів дозволяє підняти їх марку та відповідні властивості мінімум на два пункти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гогаєв К. А. Технологія виробництва деталей із бейнітного чугуна с шаровидним графітом для почвообробляючої сільськогосподарської техніки / К. А. Гогаєв, Ю. Н. Подрезов, С. М. Волощенко // Обробка матеріалів давлением. – 2017. – № 1. – С. 210-216. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/omd_2017_1_33.
2. Тишков Н.А., Казинин А. В., Марширов И. В., Мустафин Г. А. Разработка технологии получения чугуна с шаровидным графитом для отливок сельхозмашиностроения // Ползуновский альманах – 2009. – № 3. – С. 323-324. Савуляк В. І.
3. Економічні технології високоміцних графітизованих сплавів заліза : монографія / В. І. Савуляк, О. Б. Янченко. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 160 с.
4. Савуляк В. І. Повышение триботехнических свойств чугунов с мелкозернистым компактным графитом бейнитной закалкой / В. І. Савуляк, О. Б. Янченко // Проблеми трибології. – 2012. – №1. – С.135-138.
5. Савуляк В. І. Поліпшення механічних характеристик сірих чавунів термообробкою та обрентування її параметрів / В. І. Савуляк, Г.А. Грига, А.А. Осадчук // Вісник ВПІ, №1, 2019, с. 72-77.

Савуляк Валерій Іванович – д.т.н., професор кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет. E-mail: korsav84@gmail.com.

Шаргородський Костянтин Сергійович – аспірант кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, факультет машинобудування та транспорту, E-mail: konstantinw@ukr.net.

MODERN TECHNOLOGIES FOR IMPROVING THE QUALITY OF CAST IRON PARTS

Abstract

The paper considers modern methods of improving the mechanical properties of cast irons by creating a bainitic structure of the matrix through modification and heat treatment.

Keywords: *bainite cast iron, graphite, hardening, austenite, modifier.*

Savulyak Valeriy – professor, doctor of technical sciences, Vinnytsia National Technical University, E-mail: korsav84@gmail.com.

Sharhorodskiy Kostyantyn – graduate student of the Department of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, E-mail: konstantinw@ukr.net

ПРОБЛЕМИ ЗНОШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ВИСОКОШВИДКІСНИХ ГАЗОВИХ ОПОР

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто переваги використання високошвидкісних вузлів на газових опорах. Визначено їх надійність та ефективність в роботі, а також один з недоліків, що може призвести до виходу з ладу газових опор через зношування поверхонь тертя. Запропоновано методи підвищення зносостійкості поверхонь тертя.

Ключові слова: газові опори, шпindel, поверхні тертя, надійність, зношування.

Під час обробки різанням шпindelів високошвидкісних приладів вносять значну частину похибок. Вдосконалення конструкції та поверхонь опор є постійно важливим науково-технічним завданням, що постає перед науковцями

В більшості торами на газозовому машенні здатні працювати надійно і довговічно при досить великій швидкості обертання та мають цілу низку переваг перед іншими видами опор, що застосовуються в них. В конструкціях шпindelів використовуються опори кочення, гідростатичні, газостатичні та електромагнітні. Слід зазначити, що жодні опори не можуть повністю задовольнити всі вимоги, що висуваються до високошвидкісних шпindelів.

Задачі підвищення ефективності механічної обробки є повсякчас актуальними. Найбільш прийнятним шляхом підвищення точності та продуктивності, зниження об'ємів довідних робіт та собівартості виготовлення деталей є використання високошвидкісної обробки, що дозволяє оптимізувати процес механічної обробки.

Шпindelі з опорами на газозовому машенні здатні працювати надійно і довговічно при досить великій швидкості обертання та мають цілу низку переваг перед іншими видами опор.

Дослідження газових опор показали, що мінімальні втрати на тертя, а, отже, і незначне тепловиділення, що є наслідком малої в'язкості газів, дозволяють, з одного боку, досягати дуже великих швидкостей обертання (до 150 тис. хв⁻¹ і більше), а з іншого здійснювати переміщення з мінімальною швидкістю ковзання. Опори з газозовим машенням можуть працювати в широкому діапазоні температур і тисків, при цьому не втрачаючи своїх експлуатаційних якостей. Крім того, в правильно розрахованих і з необхідною точністю виготовлених складальних одиницях на опорах з газозовим машенням знос робочих поверхонь практично відсутній [1].

Надійна робота шпindelів на газових опорах в умовах виробництва значною мірою залежить від якості стиснутого газу (повітря). В газі, що використовується для роботи газових опор, залежно від його підготовки, можуть бути тверді частинки (продукти зносу та корозії пневматичної системи), волога (вода, масло тощо). Фізичний вплив забруднення газу найчастіше призводить до виходу з ладу шпindelів на пневматичних опорах [2].

Зносостійкість деталей залежить не тільки від їх конструкції, умов експлуатації та якості очистки газу що подається в робочі зазори поверхонь тертя, але й від зносостійкості матеріалів. Тому деталі однакової конструкції, виготовлені з одного матеріалу, матимуть різну зносостійкість, так як умови їх експлуатації будуть різні [3].

Однак, в залежності від особливостей умов експлуатації, до абразивного зношування додаються корозійні процеси, кавітаційний знос, адгезійний знос, феттинг корозія та інші процеси [2, 4]. Тобто зношування робочих поверхонь високошвидкісних газових опор носить комбінований характер. Не зважаючи на те, що існує багато способів (футерування, наплавлення, металізація, зварювання, пайка та ін.) захисту і відновлення деталей та вузлів, кожен з них розрахований під окремий тип зносу, але у разі комбінації декількох видів зносу такі способи захисту можуть виявитися неефективними.

Одним зі способів зменшення зношування є застосування полімерних матеріалів. За рахунок наповнювачів і модифікаторів, поверхні здатні отримувати необхідні властивості захисного шару поверхонь, що зношуються, від різних видів абразивного зносу. Метою подальших

досліджень є аналіз матеріалів газових опор та їх властивостей, а також дослідження різних способів обробки поверхонь газових опор для зменшення зношування шляхом покриття поверхонь тонким шаром вуглецю.

СПИСК ВИСОКИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пинегин С. В. Прецизионные опоры качения и опоры с газовой смазкой. Справочник / Пинегин С. В., Орлов А. В., Табачников Ю. Б. – М. : Машиностроение, 1984. – 216 с.
2. Духота О. І. Концептуальний підхід до створення поверхнево-модифікованих шарів і захисних покриттів підвищеної зносостійкості / І. Духота // Проблеми тертя та зношування. – 2017. - № 1 (74). – С. 97 – 103
3. Плотниченко Н. В. Требования к конструкционным материалам, способным увеличить межремонтный период оборудования при работе в гидробразивных средах / Н. В. Плотниченко, О. Н. Шагарова. // Сб. научн. тр. студ. и магистров, М.:МГТУ. – 2005. – №5 - С.250–255.
4. Носовська О. В. Підвищення надійності шламових насосів шляхом вдосконалення конструктивних елементів корпусів при їх відновленні: дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 05.05.08 / Національна металургійна академія України – Маріуполь, 2017. – 178с

Віштак Інна Вікторівна – канд. тех. н., доцент, доцент кафедри БЖДПБ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, innavish322@gmail.com

WEAR PROBLEMS OF SURFACES OF HIGH-SPEED GAS SUPPORTS

Abstract

The advantages of using high-speed units on gas supports are considered. Their reliability and efficiency have been determined, as well as one of disadvantages that can lead to failure of gas supports due to surface wear - friction. Proposed methods for increasing the wear-resistance of friction surfaces.

Key words: gas supports, spindle, friction surfaces, reliability, wear.

Vishtak Inna. V. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Life Safety and Safety Pedagogy, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, innavish322@gmail.com

ОЦІНЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ НАСОСНИХ ШТАНГ

¹ Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України

² Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу МОН України

Анотація.

Оцінено ступінь деградації низьколегованих сталей 20Н2М та 35ХМ насосних штанг після їх тривалої експлуатації (5,5 років) за зниженням їх корозійної тривкості, опору втомному та корозійно-втомному руйнуванню у кислому хлоридному розчині з рН = 3,1, що моделює пластові води. Зокрема, тривала експлуатація сталей 20Н2М та 35ХМ спричинила зниження у модельній пластовій воді їх корозійної тривкості (на 10-15%) та опору корозійно-втомному руйнуванню (на майже 25%).

Ключові слова: насосні штанги, експлуатаційна деградація, сталь, циклічне навантаження, корозія, корозійна втома.

Важливим елементом нафтодобувного обладнання є насосні штанги, руйнування яких спричиняє значні негативні наслідки [1]. Вони експлуатуються в режимі багатоциклового навантаження за дії корозивно-агресивної пластової води, тому показники корозійно-втомної витривалості штанг вважають одними з визначальних для забезпечення їх цілісності [2–4].

У даній праці оцінили експлуатаційну деградацію низьколегованих сталей 20Н2М та 35ХМ насосних штанг, експлуатованих ~ 5,5 років. Вважали, що експлуатаційна деградація металу стосувалася лише найбільш навантаженої робочої частини штанги, тому зразки, вирізані з головки штанги, в якій напруження були вдвічі меншими, приймали умовно за вихідний стан.

Мікроструктура сталей – ферито-перлітна з чітко окресленими межами зерен з полідричною морфологією. Середній розмір зерна фериту для вихідного стану (метал головки штанги) був дещо більший, ніж для експлуатованого (85 та 65 мкм, відповідно), що пов'язано з можливою рекристалізацією деформованого металу внаслідок високотемпературного висаджування головки [4]. Виявили вищу схильність до травлення меж зерен у структурі експлуатованого металу, що є ознакою більшої густини дефектів вздовж меж зерен.

Корозивним середовищем слугував модельний розчин (МР) пластової води: 1%-й розчин NaCl з барботуванням CO₂ з рН = 3,1. Електрохімічними дослідженнями виявили, що сталі кородують з катодно-анодним контролем. Експлуатовані сталі характеризуються нижчим на 10-15% опором корозії, ніж сталі в умовно вихідному стані.

Виявлено підвищення границі плинності для обох сталей внаслідок експлуатаційного циклічного напруцювання (табл. 1). Сталі 35ХМ з нижчою міцністю властиве також зниження пластичності – відносе звуження сталі в експлуатованому стані на 20% нижче, ніж у вихідному (табл. 1).

Таблиця 1 – Механічні та корозійно-механічні властивості сталей у МР (рН = 3,1)

Сталь	Стан	Границя міцності σ _в , МПа	Границя плинності σ _{0,2} , МПа	Відносе звуження ψ, %	Період зародження корозійно-втомної тріщини N _i , ·10 ³ циклів	
					повітря	МР
20Н2М	Вихідний	1004	807	55	500	45
	Експлуатований	1008	937	55	440	34
35ХМ	Вихідний	793	473	69	330	36
	Експлуатований	817	634	57	250	28

Оцінили опір втомному та корозійно-втомному руйнуванню сталей за інкубаційним періодом N_i зародження тріщини на зразку з V-подібним вирізом радіусом 0,1 мм (табл. 1) за

циклічного напруження $\sigma = 350$ МПа, що майже вдвічі вище границі витривалості σ_{-1} сталей 20Н2М та 35ХМ у повітрі (~ 200 МПа). Сталі 20Н2М властивий вищий опір втомному та корозійно-втомному руйнуванню, ніж сталі 35ХМ, в обох досліджених станах. Експлуатація спричиняє суттєвіше зниження опору втомному руйнуванню для сталі 35ХМ, а опір корозійно-втомному руйнуванню обох сталей в експлуатованому стані є нижчий на майже 25%, ніж у вихідному. Виявлено суттєвіший вплив корозивного середовища на корозійно-втомну витривалість сталі 20Н2М в обох станах порівняно із сталлю 35ХМ, водночас він практично не залежить від стану сталі 35ХМ.

Отже, тривала (5,5 років) експлуатація низьколегованих сталей 20Н2М та 35ХМ насосних штанг спричинила зниження у модельній пластовій воді з $\text{pH} = 3,1$ їх корозійної тривкості (на 10-15%) та опору корозійно-втомному руйнуванню (на майже 25%).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Liang H, Li X. M. Analysis on failure mechanism of sucker rod pumping system. *Advanced Materials Research*. 2014. 875–877. P. 1219–24.
2. Li D.-J., Wang W., Pang B. Influence factors on corrosion fatigue life of sucker rod steel used in coalbed methane well. *Transactions of Materials and Heat Treatment*. 2017. 38(3). P. 121–127.
3. Elevation of the fatigue strength of pump rods as a result of treatment with a special medium / B. V. Kopei, O. I. Zvirko, T. P. Venhrynyuk et al. // *Materials Science*. 2020. 56(1). P. 125–131.
4. Kret N. V., Svirskaya L. M., Venhrynyuk T. P. Corrosion-fatigue crack propagation in exploited pump rods made of 20N2M steel. *Materials Science*. 2020. 56(2). P. 279–283.

Звірко Ольга Іванівна – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу діагностики корозійно-водневої деградації матеріалів Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів; olha.zvirko@gmail.com.

Венхринок Тетяна Петрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри нафтогазових машин та обладнання Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу МОН України, Івано-Франківськ; venhreniuktetyana@gmail.com.

Крет Наталія Володимирівна – молодший науковий співробітник відділу діагностики корозійно-водневої деградації матеріалів Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів.

EVALUATION OF OPERATIONAL DEGRADATION OF SUCKER RODS

Abstract.

The degradation degree of the low-alloyed 20H2M and 35XM steels of sucker rods after their long-term (5.5 years) operation has been estimated by decreasing their corrosion resistance, and resistance to fatigue and corrosion-fatigue failure in an acid chloride solution with $\text{pH} = 3.1$, modelling formation water. In particular, long-term operation of the 20H2M and 35XM steels caused a decrease of their corrosion resistance (by 10-15%), and corrosion-fatigue durability (in approximately 25%) in model formation water with $\text{pH} = 3.1$.

Key words: sucker rods, operational degradation, steels, cyclic loading, corrosion, corrosion fatigue.

Olha Zvirko – D.Sc., Senior Researcher, Head of Department of Diagnostics of Materials Corrosion-Hydrogen Degradation, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv; olha.zvirko@gmail.com.

Tetyana Venhrynyuk – Ph.D., Associate Professor of Department of Oil and Gas Field Machinery and Equipment, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk; venhreniuktetyana@gmail.com.

Nataliya Kret – Junior Researcher of Department of Diagnostics of Materials Corrosion-Hydrogen Degradation, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv.

ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПЕРЕМІШУВАННЯ МЕТАЛУ ПІД ЧАС ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО НАВУГЛЕЦЬОВУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі досліджено розподіл карбону по глибині шару під час електроконтактного навуглицьовування
Ключові слова: сталь, білий чавун, контактне плавлення, високовуглецевий шар, електроконтактне нагрівання, вуглецевий волокнистий матеріал

Під час дослідів із електроконтактного навуглицьовування [1,2] було отримано навуглицьовані шари із приблизно однаковими по глибині структурою білого заевтектичного чавуну та вмістом карбону.

Суть методу навуглицьовування полягає в наступному: на поверхню сталеві заготовки 1 наносять вуглецевий матеріал (ВВМ) 2, після чого притискають його роликком-електродом 3 і пропускають електричний струм від машини контактного зварювання. При пропусканні електричного струму через контакт ролик – ВВМ – заготовка в місці контакту виділяється тепло, що активує процес точкового контактного плавлення, а пересування заготовки відносно ролика дозволяє автоматизувати процес отримання смуги навуглицьованого шару.

Фактором, що забезпечує рівномірність складу навуглицьованого шару та швидке розчинення вуглецевого матеріалу під час контактного плавлення є перемішування рідкого металу магнітним полем, яке створено струмом через контакт від машини контактного зварювання. На рисунку 1 показана схема електромагнітних сил, які діють в розплаві. Величина та напрям електромагнітних сил можуть бути визначені за методикою, запропонованою для процесу перемішування металу у ядрі при контактному зварюванні [3]. Допускаючи рівномірний розподіл густини струму j_0 у елементарному об'ємі металу ΔV , який знаходиться на відстані r від осі z , отримаємо значення діючої сили ΔF_j :

$$\Delta F_j = \varphi_0 \cdot j_0 \cdot \Delta V \cdot H = \varphi_0 \cdot j_0^2 \cdot \Delta V \cdot \frac{r}{2},$$

де $H = j_0^2 \cdot \frac{r}{2}$ – напруженість магнітного поля; φ_0 - магнітна проникність речовини; j_0 – густина струму.

Результати дослідження структури та складу навуглицьованої поверхні показали, що їх неоднорідність знаходиться в межах допуску $\pm 5\%$. Отже, вимушена електромагнітна конвекція сприяє пришвидшенню процесу самого контактного плавлення, а також вирівнює склад та структуру у навуглицьованого шару. Така схема навуглицьовування з рівномірною структурою та складом по глибині доцільно застосовувати для зміцнення поверхонь, які мають значні просторові відхилення розмірів перед наступною обробкою і з них буде зрізано нерівномірний шар. При цьому експлуатаційні властивості поверхні залишаться сталими. Також це може бути корисним для деталей машин, які відновлюються методом проміжних розмірів.

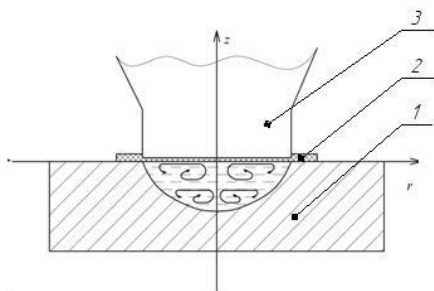


Рисунок 1 – Схема перемішування рідкого металу під час електроконтактного науглецювання: 1 – деталь, що науглецюється; 2 – вуглецеве волокно; 3 – графітовий ролик

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Савуляк В. І. Установка та технологія формування на поверхнях сталевих деталей покриттів спеціального призначення [Електронний ресурс] / В. І. Савуляк, А. А. Осадчук // Матеріали XLVI науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 22-24 березня 2017 р. - Електрон. текст. дані. - 2017. - Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2017/paper/view/3051>

2. Savulyak V. I. Contact melting and structure formation in the system: α -iron-nanomaterials - common quality carbon steel / V. I. Savulyak, O.P. Shilina, A.A. Osadchuk, D.V. Bakalets.

3. Орлов Б.Д. Технология и оборудование контактной сварки: Учебник для машиностроительных вузов / Б.Д. Орлов, А.А. Чакалев, Ю.В. Дмитриев и др.; Под общ. ред. Б.Д. Орлова. — 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1986.— 352 с.

Савуляк Валерій Іванович професор кафедри ГМ, Вінницький національний технічний університет, e-mail:korsav84@gmail.com, тел. +380963507247, Україна, 21018, м. Вінниця, вул. В. Інтернаціоналістів 3.

Осадчук Андрій Андрійович – аспірант групи АС-18, кафедра Галузевого Машинобудування, Вінницький національний технічний університет, e-mail: os.andrey2@gmail.com , тел. +380682110022, Україна, 21021, м. Вінниця, вул.Монастирська, 35 .

ELECTROMAGNETIC MIXING OF METAL DURING ELECTROCONTACT CARBURIZATION

Abstract

The distribution of carbon on the depth of the layer during electrocontact carburization is investigated

Keywords: steel, white iron, contact fusion, high-carbon layers, electric heating, carbon fiber material.

Savulyak Valeriy Ivanovuch – professor, doctor of technical science , Department of GM, Vinnytsia National Technical University, e-mail: korsav84@gmail.com, tel.+380963507247, Ukraine, 21018, Vinnytsya, V. Internationalistiv str., 3.

Osadchuk Andrii Andriyovuch - student group AS-18, Department of GM, Vinnytsia National Technical University, e-mail: os.andrey2@gmail.com, tel. +380682110022, Ukraine, 21021, Vinnytsya, Monastyr'ska str. 35.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОДЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ТА ВУГЛЕЦЮ НА ТВЕРДІСТЬ НАПЛАВЛЕНИХ ПОКРИТТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано спосіб створення покриттів з заданими властивостями, зокрема твердістю, шляхом наплавлення. Суть полягає у поєднанні наплавлення і інтенсивного охолодження за допомогою водяної ванни. Особливістю є те, що використовуючи дешеві низьковуглецеві матеріали деталі і дроту для наплавлення, в результаті, можливо отримати тверді зносостійкі покриття. Цього можна досягти додаючи порошок графіту у рідину для охолодження. Таким чином під час наплавлення вуглець потрапляє в зварну ванну насичуючи покриття, а швидке охолодження гартує його.

Ключові слова: Покриття, наплавлення, гартування, вуглець, твердість.

В умовах сучасного ремонтного виробництва велике значення має економія ресурсів та зменшення економічних затрат на процеси зміцнення та відновлення поверхонь деталей різноманітної техніки. Для сучасного машинобудування характерні, як і раніше, важкі умови роботи машин, а, отже, і швидке зношування відповідальних деталей різноманітних вузлів. Створення зносостійких поверхневих шарів вирішує цю проблему, оскільки має ключове значення для забезпечення зносостійкості функціональних поверхонь. Пошук нових, високоєфективних способів нанесення чи створення цих поверхневих шарів повинен враховувати зменшення потреби у кількості та вартості витратних матеріалів, підвищення продуктивності обладнання та виробничих площ.

На сьогодні можливості розширення застосування традиційних матеріалів на основі легованих сталей є досить обмежені, що пов'язано зі зменшенням у природі запасів нікелю, молібдену, міді, титана й інших елементів. Тому проблема створення композицій та сплавів, які б містили мінімум легувальних елементів, мали б високі механічні властивості є однією з найважливіших народногосподарських проблем, успішне рішення якої дозволить різко зменшити витрата чорних і кольорових металів, підвищити якість і довготривалість роботи устаткування й машин, істотно збільшити продуктивність праці, заощадити матеріальні, енергетичні і трудові ресурси.

Метою роботи є визначення технологічних можливостей створення функціональних високовуглецевих гартівних покриттів наплавленням з використанням водяного охолодження та вуглецю у вигляді графіту.

Для експерименту використовували деталі типу «вал» виготовлені з конструкційної низьковуглецевої сталі ст 3 та сталі 40X. Зразки механічно оброблялись до заданих розмірів. Ст 3 обрали через її відносно дешевизну і поширеність. В сталі 40X є 0,40 відсотка вуглецю і менше півтора відсотка хрому. Цей матеріал відноситься до важко зварювальних, однак дуже поширений серед деталей які приходять на ремонт.

Наплавлення проводили в середовищі захисних газів з використанням установки УД-209М для якої було виготовлено пристосування для реалізації можливості наплавлення деталі під водою. У якості матеріалу для наплавлення використовували дріт марки СВ-08. Зразки які використовувались для експерименту були попередньо очищені від бруду та іржі для покращення якості наплавленого шару. Режими підбирались експериментально під час наплавлення: $d_{др}=1,2$ мм; $I=140$ А; $U=20$ В. Вимірювання температури проводили з використанням термометра.

У роботі запропоновано принципово нову схему легування під час наплавлення деталей машин. Вона полягає у частковому зануренні деталі, що наплавляється, в ванну з охолоджувальною рідиною з додаванням графіту у вигляді порошку. Тонкий шар графіту плаває на поверхні води, і за рахунок сил поверхневого натягу налипає на деталь, що обертається. В

процесі наплавлення між дротом з низьким вмістом вуглецю і деталлю горить дуга, яка розплавляє поверхню деталі з графітом який знаходиться на ній. Після цього отримане наплавленням уже високовуглецеве покриття потрапляє у воду, що призводить до його швидкого охолодження і відповідно гартування.

Після наплавлення класичним та запропонованим способами з отриманих покриттів були зроблені зразки для виміру твердості. Твердість вимірювалась за методом Роквела твердоміром ТК-2М відповідно до ГОСТ 9013-59.

В результаті зразки отримані під час першого експерименту, наплавлення під час якого відбувався без охолодження, мали твердість наплавленого покриття 3-8 HRC, що пояснюється низьким вмістом вуглецю як у дроті так і в матеріалі деталі із сталі Ст3.

В результаті другого експерименту в якому деталь із сталі 40Х охолоджувалась водою отримана твердість досягла 36-40 HRC. На нашу думку це пояснюється насиченням наплавляемого шару вуглецем з основного металу та підгартовування за рахунок водяного охолодження.

Під час третього експерименту наплавлення проводили на деталь із сталі Ст3 а у воду додавався подрібнений графіт. Виміри показали, що твердість поверхні що наплавлялася першою становила 43-45 HRC. Після певного часу температура води піднялась і в місці контакту поверхні деталі з водою, почали утворюватися бульбашки пари і відіслані порошок від деталі, концентрація якого в свою чергу на поверхні також знизилась, що в результаті знизило твердість покриття до 25-30 HRC.

В зв'язку з цим для забезпечення найкращого результату доречним буде забезпечення проточного охолодження водою з постійним вмістом порошку графіту.

Висновки

В роботі запропоновано принципово нову схему легування вуглецем яка полягає у додаванні графіту в ванну з охолоджувальною рідиною який налипає на деталь за рахунок сил поверхневого натягу і розчиняється у зварювальній ванні в процесі наплавлення. Встановлено, що за рахунок насичення наплавляемого шару вуглецем шляхом додавання графіту в рідину для охолодження твердість отриманих покриттів можна підвищити до 45 одиниць за шкалою HRC.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бакалець Д. В. Оцінка впливу мокрого наплавлення на напружено-деформований стан валів / Д. В. Бакалець, О.І. Шугайло, П.Ю. Бондарчук // Вісник машинобудування та транспорту. – 2019 – № 1(9). – С. 4–8.
2. Каховський М. Ю. Розробка нових зварювальних матеріалів для мокрого підводного зварювання високолегованої корозійностійкої сталі / М. Ю. Каховський // *Технологический аудит и резервы производства*. – Київ. – 2015. – № 5/7(25) – С. 33–35.
3. Каховський М. Ю. Порошковий самозахисний дріт для підводного зварювання високолегованої корозійностійкої сталі 12Х18Н10Т / М. Ю. Каховський // *Молодий вчений*. – 2014. – № 11(14) – С. 12–15.
4. Каховський М. Ю. Інноваційна технологія механізованого мокрого зварювання високолегованої корозійностійкої сталі / М.Ю. Каховський // *Наука та інновації*. – Київ. – 2015. – № 11(4) – С. 25–31.
5. Бакалець Д. В. Оцінка впливу мокрого наплавлення на напружено-деформований стан валів [Електронний ресурс] / Д. В. Бакалець, О. І. Шугайло // Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2019/paper/view/7453>.
6. Савуляк В.І. Наплавлення висувоглецевих зносостійких покриттів : монографія / В. І. Савуляк, В. Й. Шенфельд — Вінниця: ВНТУ, 2016. – 124 с.
7. Бакалець Д. В. Оцінка напружено-деформованого стану валів, наплавлених з охолодженням [Електронний ресурс] / Д. В. Бакалець, П. Ю. Бондарчук, О. І. Шугайло // Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 27-28 квітня 2020 р. – Електрон. текст. дані. – 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2020/paper/view/9350>.

Бакалець Дмитро Віталійович — к.т.н., доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: BacaletsDima@gmail.com

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF WATER COOLING AND CARBON ON THE HARDNESS OF SURFACE COATINGS

Abstract

A method of creating coatings with specified properties, in particular hardness, by surfacing. The essence is a combination of surfacing and intensive cooling with a water bath. The peculiarity is that using cheap low-carbon materials parts and wire for surfacing, as a result, it is possible to obtain solid wear-resistant coatings. This can be achieved by adding graphite powder to the coolant. Thus, during surfacing, carbon enters the weld pool, saturating the coating, and rapid cooling hardens it.

Key words: Coating, surfacing, hardening, carbon, hardness.

Bakalets Dmytro Vitaliyovych - Ph.D., Associate Professor of the Department of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: BakaletsDima@gmail.com

ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СТВОРЕННЯ ГРАДІЄНТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПОРОШКІВ СТАЛІ ТА САПОНІТУ МЕТОДОМ ВІБРОСЕГРЕГАЦІЇ

¹Луцький національний технічний університет МОН України

Анотація

Процес створення градієнтних пористих матеріалів методами вібраційного формування не має широкого застосування в промисловості через відсутність чітких теорій, методів формування, а також розрахунків доцільності їх впровадження. Економічне обґрунтування процесу формування фільтрувальних матеріалів дозволяє розрахувати їх собівартість у порівнянні з аналогами, що використовуються на виробництві. В роботі розраховано економічні показники процесу виготовлення градієнтних пористих порошкових фільтрувальних матеріалів. Запропоновано розрахунки згідно основних статей витрат. Висвітлено основні переваги фільтрувальних матеріалів на основі порошоків сталі та сапоніту у порівнянні з титановими фільтрами компанії Suzhou Votri Co. Ltd виробництва КНР.

Ключові слова: градієнтні матеріали, вібросегрегація, економічні розрахунки, пористі порошкові матеріали, собівартість продукції, економічна ефективність, порошки сталі, порошки сапоніту

Важливим питанням сучасного матеріалознавства є створення матеріалів, які мають неоднорідні властивості експлуатаційних характеристик за висотою зразка. Один із способів їх створення полягає в удосконаленні технологій отримання градієнтних проникливих матеріалів з порошоків нержавіючої сталі та сапоніту методом вібросегрегації [1]. Технологічна схема виготовлення таких матеріалів включає етапи відновлення шламу сталі різних методів обробки, підготовку порошоків сапоніту, модифікацію порошоків сталі та сапоніту пластифікаторами, підготовку та формування градієнтних матеріалів з подальшим контролем якості виробів.

Економічні розрахунки виготовлення градієнтних пористих проникних матеріалів проводили згідно наступних статей витрат:

- сировина і матеріали для виготовлення;
- енергетичні витрати;
- заробітна плата;
- амортизаційні відрахування;
- загальнопромислові витрати (на утримання та обслуговування устаткування; на управління цехами і дільницями; утримання пожежної та сторожової охорони тощо) [2].

Розрахунок вартості технологічного обладнання визначали за преїскурантом роздрібних цін (таблиця 1). До розрахунку балансової вартості включено витрати на монтаж і транспортування, що складає 10-12 % від вартості обладнання:

$$B_{обг} = \sum_{i=1}^k \Pi_i \cdot C_{прі} \cdot K_i, \quad (1)$$

де Π_i – ціна одиниці технологічного обладнання; $C_{прі}$ – прийнята кількість одиниць певного найменування обладнання; K_i – коефіцієнт доставки та монтажу одиниці обладнання; k – кількість найменувань обладнання.

Таблиця 1 – Технологічне обладнання для виготовлення порошкових фільтрувальних матеріалів

Назва технологічного обладнання	Вартість, грн	Кількість, шт
Гідравлічний прес ПСУ-125	12 400	1
Піч промислова	70 000	1
Вібростенд УВМ 60/60	16 000	1

$$B_{обг} = (12400 + 70000 + 16000) \cdot 1,10 = 108240 (\text{грн})$$

Витрати на інше технологічне оснащення, інструменти (в тому числі контрольно-вимірювальні, слосарні, прес-форми та інші пристрої і механізми) та додаткові комплектуючі складають близько 10 %, а їх частка в собівартості готової продукції становить від 1,5 % до 15%, в залежності від серійності виробництва. Вартість оснащення розраховували за формулою:

$$B_{mo} = B_{обл} \cdot \frac{K_n}{100\%}, \quad (2)$$

де $B_{обл}$ – балансова вартість обладнання; K_n – нормативний відсоток витрат (для дрібносерійного виробництва приймасмо 8%).

$$B_{mo} = 108240 \cdot \frac{8}{100} = 8659,2 \text{ (грн)} \quad (3)$$

Потреба в матеріалах та сировині складає основну частину від загальних потреб в розрахунку собівартості. Розрахунок витрат на матеріали здійснюється за формулою:

$$B_m = \sum_{j=1}^n (N_j + H_{вj}) \cdot H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n (N_j + H_{вj}) \cdot B_j \cdot C_{вj}, \quad (4)$$

де N_j – обсяг випуску партії деталей, шт.; $H_{вj}$ – величина браку для випуску партії деталей, шт.; H_j – норма витрат матеріалу на одиницю виробу, кг; n – кількість використаних матеріалів; C_j – ціна матеріалу, грн.; K_j – коефіцієнт транспортних витрат; B_j – відходи матеріалу j -го найменування, кг; $C_{вj}$ – вартість відходів матеріалу j -го найменування, грн.

Розрахункові значення вартості сировини та матеріалів визначали для шлему нержавіючої сталі (відходів металорізального виробництва холдингу «Модерн-Експо», м.Луцьк), порошку сапоніту (постачальник АТОВ «Велес», с. Ташківці, Хмельницька обл.), пластифікатор ПЕГ-400 (постачальник ТОВ Агроурожай, м. Чернігів)

Затрати на електроенергію визначали з урахуванням роботи електродвигунів, вимірювальної апаратури та для освітлення тощо. Витрати на заробітну плату робітників розраховували згідно трудомісткості виконуваних робіт та тарифної системи (встановлених норм розрядних ставок працівників), а амортизаційні відрахування на обладнання розраховані з терміном корисної експлуатації 5 років.

Згідно зазначених розрахунків, загальні сукупні витрати за розрахунковий період становлять:

$$Z = 108240,00 + 79560,00 + 174018,20 + 345481,00 + 84960,00 = 792259,20 \text{ (грн)} \quad (5)$$

Виробнича собівартість одиниці продукції становить $C = 17,8$ (грн).

Проведено розрахунки у порівнянні із зразками титанових фільтрів компанії Suzhou Bomu Co. Ltd виробництва КНР: вартість закупівлі партії фільтрів компанії Suzhou Bomu Co. Ltd складає $B_s = 44,50 \cdot 10000 = 445000$ (грн), а вартість граїєнтних фільтрувальних матеріалів на основі сапоніту і сталі AISI430 складає $B_s = 17,80 \cdot 10000 = 178000$ (грн). Очікуваний прибуток від закупівлі – 276000 грн. Економічна ефективність $E = \frac{276000}{792259,20} = 0,34$. Термін окупності $T = \frac{1}{0,34} = 2,96 \approx 3$ роки.

Отже, собівартість фільтрів у порівнянні з аналогами, що використовуються на виробництві, нижча у 2,5 рази. У разі організації промислового виробництва по виготовленню фільтрів за зазначеною технологією термін окупності дільниці – 3 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Христинець Н.А. Теоретичне та експериментальне дослідження параметрів вібросегрегації при створенні градієнтних проникливих матеріалів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.01 "Матеріалознавство" / Христинець Наталія Анатоліївна – Луцьк, 2021. – 21 с.
2. Ковальська Л.Л. Економіка підприємства / Л.Л. Ковальська, І.В. Кривов'язюк. – Київ: Видавничий дім «Кондор», 2020. – 620 с.

Христинець Наталія Анатоліївна, старш.викладач, Луцький національний технічний університет МОН України, м.Луцьк, hrystynets.at.ua@gmail.com

Рудь Віктор Дмитрович, д.т.н., професор, Луцький національний технічний університет МОН України, м.Луцьк, vikdmrud@gmail.com

ECONOMIC RATIONALE FOR CREATION OF GRADIENT MATERIALS BASED ON STEEL AND SAPONITE POWDERS BY VIBROSEGREGATION METHOD

Abstract

The process of creating gradient porous materials by vibration molding methods is not widely used in industry due to the lack of clear theories, molding methods, as well as calculations of the feasibility of their implementation. The economic substantiation of the process of forming filter materials allows to calculate their cost in comparison with analogues used in production. The economic indicators of the process of manufacturing gradient porous powder filter materials are calculated in the work. Calculations according to the main cost items are offered. The main advantages of filter materials based on steel powders and saponite in comparison with titanium filters from Suzhou Bomu Co. are highlighted. Ltd made in China.

Keywords: gradient materials, vibrosegregation, economic calculations, porous powder materials, production cost, economic efficiency, steel powders, saponite powders

Khrystynets Nataliia, Senior Lecturer, Lutsk National Technical University, Ministry of Education and Science of Ukraine, hrystynets.at.ua@gmail.com

Rud' Victor, Doctor of Technical Sciences, Professor, Lutsk National Technical University, Ministry of Education and Science of Ukraine, vikdmrud@gmail.com

ЛАБОРАТОРНИЙ ЕКСПРЕС-МЕТОД ВОДНЕВОЇ ДЕГРАДАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЕЙ ЕНЕРГЕТИКИ

Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України

Анотація

Розроблено лабораторний експрес-метод водневої деградації конструкційних сталей, який полягає у попередньому електролітичному наводнованні металу з наступним деформаційним зміцненням та старінням. Метод спричиняє зміни характеристик пластичності сталі подібно як і експлуатаційна деградація та дає змогу отримати консервативні значення її параметрів опору крихкому руйнуванню (ударної в'язкості та опору корозійному розтріскуванню).

Ключові слова: сталь, експлуатація, деградація, водень, метод, механічні властивості, корозійне розтріскування.

Обґрунтування залишкового ресурсу відповідальних конструкцій тривалої експлуатації вимагає врахування можливої деградації вихідних механічних властивостей, насамперед, характеристик опору крихкому руйнуванню. Для прогнозування експлуатаційної деградації сталей важливим аспектом є лабораторне її моделювання. Відомий експрес-метод згідно з ГОСТ 7268-82, яким у лабораторних умовах ініціюють деформаційне старіння сталей. Однак, його застосування не дає змоги отримати зміни у структурно-механічному стані металу подібні до експлуатаційних, оскільки він не враховує умов експлуатації, зокрема, наводновання [1].

У даній праці досліджували низьколеговану трубку сталь 17Г1С. Визначали механічні та корозійно-механічні властивості сталі у вихідному стані, після 29 років експлуатації та після лабораторної деградації сталі у вихідному стані. Застосували розроблену процедуру експрес-методу лабораторної симуляції експлуатаційної деградації сталей, яка передбачає три послідовні етапи: 1 – електролітичне наводновання заготовок або зразків; 2 – пластичне деформування (3–4%) розтягом попередньо наводнених заготовок або зразків; 3 – штучне старіння пластично деформованих заготовок або зразків. Електролітичне наводновання заготовок реалізували у розчині H_2SO_4 з рН = 3 за густини струму $i = 10\text{--}50$ мА/см² впродовж 50 год., що забезпечувало рівномірний розподіл водню по об'єму заготовки. Випробами розтягом зразків після наводновання встановлено, що за $i \leq 30$ мА/см² абсорбований водень не спричиняє розвитку незворотної пошкодженості сталі 17Г1С як у вихідному стані, так і експлуатованому стані.

Схильність сталей до корозійного розтріскування визначали методом повільного активного навантаження розтягом циліндричних зразків зі швидкістю деформування $\dot{\epsilon} = 10^{-6}$ сек⁻¹ у водному розчині NS4, насиченому CO₂ з рН = 5,7, яким моделювали кисле ґрунтове середовище. Оцінювали зміну корозивним середовищем відносного звуження ψ сталей, застосовуючи коефіцієнт K_{SCC}^w : $K_{SCC}^w = 1 - \frac{\psi_{SCC}}{\psi_{air}}$, де ψ_{SCC} та ψ_{air} – відносне звуження зразків, випробуваних у корозивному середовищі та повітрі, відповідно.

Сталі 17Г1С у вихідному стані властиві високі пластичність та ударна в'язкість (табл. 1). Низьке значення відношення $\sigma_{0,2}/\sigma_B$ вказує на високу здатність сталі до деформаційного зміцнення. Тривала експлуатація зумовила деяке зниження пластичності металу та суттєве – ударної в'язкості. Подібні закономірності зміни механічних характеристик отримано і для сталі, підданій лабораторній деградації за запропонованою процедурою (табл. 1).

За випробів на корозійне розтріскування сталі у вихідному стані її відносне звуження практично не змінилося (78% у повітрі і 74% у середовищі), що свідчить про її високий опір зародженню та розвитку корозійно-механічних тріщин, $K_{SCC}^w = 0,05$. Тривала експлуатація сталі

спричинила її схильність до корозійного розтріскування: відносне звуження знизилось до 66% і коефіцієнт K_{SCC}^W збільшився на порядок – $K_{SCC}^W = 0,16$. Внаслідок лабораторної деградації сталі її опір корозійному розтріскуванню знизився ще суттєвіше: відносне звуження знизилось до 59% і коефіцієнт $K_{SCC}^W = 0,24$.

Таблиця 1 – Механічні властивості сталі 17Г1С

Стан випробуваної сталі	Границя плинності $\sigma_{0,2}$, МПа	Границя міцності σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}/\sigma_b$	Відносне звуження ψ , %	Відносне видовження δ , %	Ударна в'язкість КСУ, Дж/см ²
Вихідний	369	556	0,66	78	25	220
Експлуатований	352	549	0,64	70	22	171
Лабораторно деградований	413	564	0,73	73	21	168

Отже, розроблена лабораторна методика симуляції експлуатаційної деградації спричиняє зміни характеристик пластичності подібно як і експлуатаційна деградація та дає змогу отримати консервативні значення параметрів її опору крихкому руйнуванню, визначеному за показниками як ударної в'язкості, так і опору корозійному розтріскуванню.

Робота виконана за часткової підтримки проєкту МОН України «Розроблення експрес-методу лабораторної симуляції експлуатаційної деградації конструкційних сталей енергетики для оцінювання їх схильності до корозійного розтріскування».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Nykyforchyn H., Tsyurulnyk O., Zvirko O. Laboratory method for simulating hydrogen assisted degradation of gas pipeline steels // Procedia Structural Integrity. 2019. Vol. 17. P. 568-575.
- Цирульник Олександр Тимофійович* – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу діагностики корозійно-водневої деградації матеріалів Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів; otsyurulnyk@gmail.com.
- Никифорчин Григорій Миколайович* – доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу діагностики корозійно-водневої деградації матеріалів Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів; hnykyforchyn@gmail.com.
- Звірко Ольга Іванівна* – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу діагностики корозійно-водневої деградації матеріалів Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів; olha.zvirko@gmail.com.
- Курнат Іван Миколайович* – головний інженер відділу діагностики корозійно-водневої деградації матеріалів Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів.

LABORATORY EXPRESS METHOD OF HYDROGEN DEGRADATION OF STRUCTURAL STEELS OF ENERGY INDUSTRY

Abstract

A laboratory express method for hydrogen degradation of structural steels has been developed, which consists in preliminary electrolytic hydrogenation of metal with subsequent deformation strengthening and aging. The method causes changes in the plasticity characteristics of steel in the similar way as operational degradation, and enables obtaining conservative values of its parameters of brittle fracture resistance (impact toughness and resistance to stress corrosion cracking).

Key words: steel, operation, degradation, hydrogen, method, mechanical properties, stress corrosion cracking.

Oleksandr Tsyurulnyk – D.Sc., Senior Researcher, Leading Researcher of Department of Diagnostics of Materials Corrosion-Hydrogen Degradation, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv; otsyurulnyk@gmail.com.

Hryhorii Nykyforchyn – D.Sc., Professor, Leading Researcher of Department of Diagnostics of Materials Corrosion-Hydrogen Degradation, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv; hnykyforchyn@gmail.com.

Olha Zvirko – D.Sc., Senior Researcher, Head of Department of Diagnostics of Materials Corrosion-Hydrogen Degradation, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv; olha.zvirko@gmail.com.

Ivan Kurnat – Chief Engineer of Department of Diagnostics of Materials Corrosion-Hydrogen Degradation, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ РОСТУ ВТОМНИХ ТРІЩИН З ГЛАДКОЇ ПОВЕРХНІ В СТАЛЯХ ПОРТОВИХ КРАНІВ

¹Одеський національний морський університет МОН України

²Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України

Анотація.

Суть методики досліджень росту втомних тріщин полягає у навантаженні консольним симетричним згином балкових зразків з одностороннім круговим вирізом. Особливістю методики є навантаження розтягом гладкої поверхні, а поверхні з вирізом – стиском. За такої схеми циклічного навантаження роль вирізу полягає тільки у локалізації зародження втомної тріщини на гладкій поверхні з протилежного до вершини вирізу боку. Його значний радіус не впливає на напружений стан на гладкій поверхні, який можна обчислити звичайним методом. Візуальне спостереження за гладкою розтягнутою поверхнею дає можливість слідкувати за стадією зародження тріщини, а за боковими – за стадією її росту.

Ключові слова: портові крани, сталь, механіка втомного руйнування, зародження втомної тріщини.

Металоконструкції морських портових кранів експлуатуються за сумісної дії тривалого циклічного навантаження та корозійно агресивного середовища. Практика їх експлуатації показує, що найчастіше відмови пов'язані з розвитком у них втомних тріщин. Проблема збереження цілісності ускладнена для металоконструкцій, які працюють наднормативно, тобто після вичерпування свого планового ресурсу [1, 2], що зумовлено експлуатаційною деградацією металу. Вона проявляється першочергово у зниженні опору крихкому руйнуванню, і, очевидно, опору втомному росту тріщини.

Звичай втомний ріст тріщин досліджують, застосовуючи підходи механіки втомного руйнування, після їх наведення від гострого концентратора напружень. Однак в реальних умовах вони часто зароджуються на гладкій поверхні, їх може бути кілька, і лише на подальшому етапі циклічного навантаження одна з них стає магістральною, що і призводить до остаточного руйнування. Це ускладнює спостереження за стадією зародження та переходу втомної тріщини у магістральну, яку вже можна вивчати традиційними підходами механіки руйнування. Крім того, складно поєднати дослідження стадій зародження і росту втомної тріщини на одному зразку і за однієї схеми навантаження.

Для усунення вказаних недоліків у роботі запропонована методика досліджень втомного росту тріщини, яка, з одного боку, уможливила зародження тріщини у наперед заданому місці на гладкій поверхні, а далі (після досягнення нею певної довжини) спостереження за нею та опис її поширення традиційними методами. Методика передбачає використання балкового зразка з глибоким округлим вирізом з одного боку, для прикладу, для посередини його довжини. Роль цього вирізу у зменшенні поперечного перерізу зразка, бо тріщина за циклічного навантаження зародиться саме у перерізі мінімального розміру, тобто у такому, що проходить через вершину вирізу. З іншого боку, схема навантаження зразка наведеної геометрії повинна бути такою, щоби втомна тріщина зародилася не з боку концентратора напружень (що досягається осьовим розтягом зразка), а з боку гладкої поверхні. Така умова витримується при симетричному циклі навантаження згином, для прикладу, консольним, у такій спосіб, щоби розтяг стосувався частини зразка з гладкою поверхнею, а стиск – із вирізом.

На рисунку наведено запропоновану геометрію зразка. Вважають, що значний радіус заокруглення вирізу не створює такої концентрації напружень, яка би вплинула на напружений стан на протилежній гладкій поверхні зразка. Це означає, що його можна обчислювати за

формулами опору матеріалів для згину, в яких момент опору визначатиметься розмірами нетто-перерізу зразка.

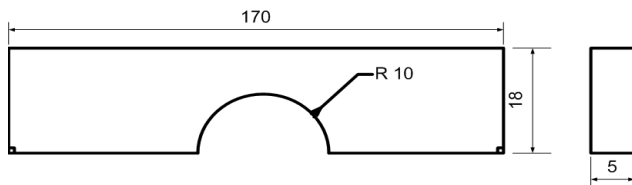


Рис. 1. Геометрія балкового зразка для навантаження симетричним циклом згиним: розтягу підлягає частина зразка з боку гладкої поверхні.

Запропонована методика досліджень втомного росту тріщин повинна бути ефективною, в першу чергу, стосовно експлуатаційно деградованих сталей порткових кранів, для яких особливо важлива роль текстури та розвиток мікропошкодженості [3, 4].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Nemchuk O. Specific features of the diagnostics of technical state of steels of the port reloading equipment. *Materials Science*. 2018, 53(6). P. 875–878.
2. Nemchuk O., Hredil M., Pustovoy V., Nesterov O. Role of in-service conditions in operational degradation of mechanical properties of portal cranes steel. *Procedia Structural Integrity*. 2019, 16. P. 245–251.
3. Nemchuk O. O., Krechkovska H. V. Fractographic substantiation of the loss of resistance to brittle fracture of steel after operation in the marine gantry crane elements. *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*. 2019, 41(6). P. 825–836.
4. Nemchuk O. O., Nesterov O. A. In-service brittle fracture resistance degradation of steel in a ship-to-shore portal crane. *Strength of Materials*. 2020, 52(2). P. 275–280.

Нестеров Александр Анатолієвич – асистент кафедри підйомно-транспортних машин та інженірингу портowego технологічного обладнання Одеського національного морського університету МОН України, Одеса. portservisep@ukr.net

Греділь Мирослава Іванівна – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів. mysya.lviv@gmail.com.

Волошин Віталій Андрійович – молодший науковий співробітник Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів.

THE METHOD OF INVESTIGATION OF FATIGUE CRACK GROWTH FROM SMOOTH SURFACE IN STEELS OF PORTAL CRANES

Abstract.

Суть методики досліджень росту втомних тріщин полягає у навантаженні консольним симетричним згиним балкових зразків з одностороннім круговим вирізом. Особливість методики у навантаженні розтягом гладкої поверхні та стиском поверхні з вирізом. За такої схеми циклічного навантаження роль вирізу полягає тільки у локалізації зародження втомної тріщини на гладкій поверхні з протилежного до вершини вирізу боку. Його значний радіус не впливає на напружений стан на гладкій поверхні, який можна обчислити звичайним методом. Візуальне спостереження за гладкою розтягнутою поверхнею дає можливість слідкувати за стадією зародження тріщини, а за боковими – стадію її росту.

Key words: portal cranes, steel, fatigue fracture mechanics, fatigue crack initiation.

Oleksandr Nesterov – Assistant of Department of Hoisting and Transport Machines and Engineering of Port Technological Equipment of Odessa National Maritime University, Odessa. portservisep@ukr.net

Myroslava Hredil – Ph.D., Senior Researcher, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv. mysya.lviv@gmail.com.

Vitaliy Voloshyn – Ph.D., Junior Researcher, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine, Lviv. vitalvol@i.ua.

ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 3D ДРУКУ

Луцький національний технологічний університет

Анотація

В роботі розглянуто методологію використання 3д друку при виготовленні деталей в умовах серійного виробництва. На прикладі діючого підприємства доведено, що технологія 3д друку є дуже гнучкою при виготовленні деталей за рахунок: підбору матеріалів для друку, температури друку і виду заповнення.

Ключові слова: 3д принтер, моделювання, прототипи, економія коштів, виробничі потреби, Simulstion.

В роботі розглянуто діюче підприємство із серійним виробництвом автомобільної проводки. На підприємстві застосовується широка номенклатура обладнання і деталей, які підприємство не може виготовляти самостійно, а замовляє у спеціалізованих постачальників. Спеціалізовані компанії мають необхідне обладнання, персонал і власні виробничі площі. У випадках, коли виникає потреба замінити зруйновану деталь скористатися послугами спеціалізованих підприємств недоцільно: вартість відновлених деталей дуже велика і терміни виготовлення запчастини приводять до тривалої зупинки виробничого процесу. Але в еру сучасних технологій підприємство може економити солідні суми використовуючи 3Д друк для певного типу деталей.

Для прикладу візьмемо тримач для втулки який необхідно для підприємства у кількості 100 шт. Тримачі такого типу уже замовлялися і виготовлялися із алюмінію. Вибір матеріалу був передбачений легкою обробляваністю і хорошими антикорозійними властивостями, також невеликою масою порівнюючи із сталевими.

Якщо порівнювати даний тримач із пластиковим тримачем який був перероблений для друку на 3д принтері, більше переваг має пластиковий аналог. Головною перевагою пластикового тримача є його ціна. При замовленні даного тримача в партії 100 шт. ціна даного тримача складає 15 євро. Пластиковий аналог даного тримача коштує 2 євро за 1шт. Маючи серійне виробництво і швидку зміну устаткування залучати кошти на алюмінієві тримачі не є ефективно. Другою перевагою пластикового тримача є мала маса. Відносно виконуваних функцій тримач має витримувати певне навантаження під час експлуатації. Міцність пластикового тримача можна збільшити друкуючи його без порожнин, але це є недієвим методом. При збільшенні наповненості моделі зростає і час друку і витрата матеріалу, що суттєво впливає на ціну і час виготовлення. Розробивши модель і роздрукувавши прототип ми зможемо протестувати даний тримач за лічені години, а чекати металевого тестового тримача можна тижнями, що є ще однією перевагою пластикового аналогу. Так міцність даного тримача є набагато нижчою ніж у металевому, але при пошкодженні пластикового аналогу нам необхідно просто роздрукувати існуючу модель. При пошкодженні металевого, необхідно погоджувати його замовлення, чекати деталь, яка буде в разі дорожча за попереднє замовлення у 100 шт.. Орієнтовна ціна даного тримача при замовленні 1 шт. складає 40 євро. Зумовлено це тим, що постачальникам необхідний час на налагодження обладнання і також дорожче транспортування на підприємство. Пластиковий тримач же коштує 2 євро за 1 шт..



Рис.1. Пластиковий аналог тримача для втулки, надрукований на 3д принтері

На початкових стадіях виробництва ми виконували проектування у програмі Auto CAD для 2Д моделювання. Потім робили замовлення на прототип тримача, вибравши постачальника який запропонував

найнижчу ціну ми надсилали замовлення на прототип. Часто постачальник деталей міг бути навіть із іншої країни, що також збільшували терміни доставки прототипу і також його розмитнення на митному кордоні. В середньому термін доставки прототипу був 2-3 тижні. При перевірці прототипу знаходячи невідповідності в матеріалі або конструкції, потрібно було описувати усі невідповідності і чекати нового прототипу, чи обирати іншого постачальника. Після отримання великих партій потрібно ретельно перевіряти деталі які були виготовленні на ЧПУ, які в свою чергу також можуть мати безліч дефектів і невідповідності креслення. На підприємстві при отриманні термінової зміни необхідно було швидко пристосовуватися до потреб виробництва.

Для реалізації виготовлення тримачів на 3д принтері спочатку необхідно задіяти кошти для придбання програми 3-йох мірної візуалізації об'єктів, що полегшить розробку деталей і дозволити створювати 3д моделі для 3Д друку. Маючи середовище для моделювання яке відбувається у програмі Autodesk Inventor, можна з легкістю розробити 3Д модель потрібної форми, що в свою чергу дозволяє нам розробляти модель із меншою кількістю прототипів. Навіть прототипи тримачів мають набагато нижчу вартість ніж металеві аналоги. При розробці потрібно дотримуватись норм і правил побудови 3Д моделей для подальшого друку на 3Д принтері. Також маючи певні вимоги до обладнання і в необхідності його посилення в критичних зонах, ми застосовуємо дослідження методом скінченних елементів. Знаючи необхідні параметри навантажень, конструкцію деталі і матеріал із якого можна друкувати 3Д моделі, проводимо дослідження за допомогою функції Simulation.

Вибираємо матеріал для початкового дослідження, додаємо навантаження на елементах деталі, генеруємо сітку на моделі і запускаємо дослідження. Після цього дослідження визначаємо зону змін в деталі, чи додамо якій елементи конструктивного посилення; ребра жорсткості, посилення стінок, забираєм надлишкові частини із зон які не будуть навантажені. Також при необхідності змінюємо матеріал для друку які також можуть кардинально відрізнятись своїми характеристиками. Після підбору матеріалу для друку, створюємо STL модель яку пересілаємо на програму «слайсер», яка в свою чергу допомагає нам розмістити модель на столі 3Д принтера. Для друку використовуємо 3Д Ultimacer 3 і програму для імпорту STL файлів Cura, яка виступає проміжним елементом при друці.

Для підприємства буде практичніше мати на підприємстві 3д принтер, головною метою якого є виготовлення прототипів деталей. Також можливе виготовлення деталей для підтримки виробничих потреб. Але друк деталей обмежений габаритами платформи по XY і висотою підйому сопла Z. Тому для друку більш габаритних моделей необхідна модернізація існуючого 3д принтера, чи покупка нового.

Висновок

Впровадження технології 3д друку на підприємстві допомогло зекономити 1300 євро при замовленні в 100 одиниць деталей і це тільки один тип тримачів із сотень інших. В цілому компанія економить близько 4000 євро в місяць використовуючи адитивні технології 3д друку. Дана технологія не може цілком покрити виробничі потреби підприємства, але зменшує час на розробку нових прототипів, здешевлює виготовлення деталей, дозволяє впроваджувати термінові зміни на підприємстві. При використанні даної технології із методом скінченних елементів, ми швидко можемо підбирати необхідний матеріал для друку деталей чи прототипів. За декілька годин може розробитися прототип, надрукуватись кінцева деталь і запустити власний завод по виготовленню деталей в один клік.

Література

1. Prince, S.P., Ryan, R.G., Mincer, T.: Common API: using visual basic to communicate between engineering design and analytical software tools. In: ASEE Annual Conference (2005)
2. Farhan, U.H., Tolouei-Rad, M., O'Brien, S.: An Automated Approach for Assembling Modular Fixtures Using SolidWorks. International Scholarly and Scientific Research & Innovation **6**(12), 365–368 (2012)
3. Lad, A.C., Rao, A.S.: Design and Drawing Automation Using Solid Works Application Programming Interface **2**(7), 157–167 (2014)
4. Jian-li, T., Shen-xiao, L., Hui, F.: CAD system design on standard part based on software reuse. In: Fourth International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling (KAM), pp. 229–232 (2011)
5. Farhan, U., O'Brien, S., Tolouei Rad, M.: SolidWorks Secondary Development with Visual Basic 6 for an Automated Modular Fixture Assembly Approach. International Journal of Engineering **6**(6), 290–304 (2012)
6. Liu, W., Zhou, X., Niu, Q., Ni, Y.: A Convenient Part Library Based On SolidWorks Platform. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial and Mechatronics Engineering **8**(12), 1851–1854 (2014)
7. Sun, B., Qin, G., Fang, Y.: Research of standard parts library construction for solidworks by visual basic. In: International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology, pp. 2651–2654 (2011)
8. Wang, S.-H., Melendez, S., Tsai, C.-S.: Application of parametric sketching and associability in 3D CAD. Computer-Aided Design and Applications **5**(6), 822–830 (2008)

Рудь Віктор Дмитрович д.т.н професор, Луцький національний технологічний університет, м.

Луцьк, vikdmrud@ukr.net

Зайка Олександр Миколайович аспірант, Луцький національний технологічний університет, м.

Луцьк, sashaingeneer@gmail.com

EXPERIENCE OF USING PRINTING TECHNOLOGIES

Lutsk National Technological University

The paper considers the method of 3D printing, when implemented in production, for the manufacture of prototypes and parts to support production, which in turn will reduce the development time of the prototype and reduce the cost of its manufacture. 3D printing technology is very flexible in the manufacture of parts due to: the selection of materials for printing, printing temperature and type of filling, which allows you to create functional models of parts.

Keywords: 3d printer, modeling, prototypes, cost savings, production needs, Simulstion.

Rud Viktor Dmytrovych Doctor of Technical Sciences, Professor, Lutsk National University of Technology, Lutsk, vikdmrud@ukr.net

Zaika Oleksandr Mykolayovych Postgraduate Student, Lutsk National University of Technology, Lutsk, sashaingeneer@gmail.com

ОЦІНЮВАННЯ РЕСУРСУ ЕЛЕМЕНТІВ АВІАЦІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ З КОНЦЕНТРАТОРАМИ НАПРУЖЕНЬ

¹Національний університет «Львівська політехніка»

²Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України

Анотація. *Актуальним завданням в сучасній і складній інженерній практиці є розроблення достовірних методик щодо прогнозування довговічності та встановлення залишкового ресурсу елементів конструкцій з концентраторами напружень, що працюють в умовах втомних навантажень. Для цього слід удосконалювати шляхи адекватного опису напружено-деформованого стану біля концентратора напружень чи вершини тріщини із врахуванням геометрії тіла, умов навантаження, особливостей матеріалу та інших факторів, що можуть вплинути на процеси формування тріщини та їх поширення в матеріалі конструкції.*

Ключові слова: втома, зона передруйнування, концентратор напружень, локальні напруження циклічна тріщиностійкість, макротріщина

На даний час одним із найважливіших завдань сучасної механіки руйнування матеріалів є визначення втомної довговічності тіл з концентраторами напружень (вирізами, отворами, різкими геометричними переходами, включеннями, непроварами тощо), оскільки саме там, за дії циклічних навантажень, в більшості випадків починається процес накопичення структурних пошкоджень матеріалу та руйнування елементів конструкцій в цілому. Великих успіхів у вирішенні цієї проблеми зробили: Черепанов, Трощенко, Панасюк, Осташ, Глінка, Плювінаж, Райс, Тейлор та інші. Однак, незважаючи на величезну кількість поставлених експериментів та написаних праць, на сьогоднішній день, поки що відсутні універсальні підходи, за якими можна однозначно встановлювати опірність матеріалу формуванню та подальшому поширенню в ньому втомних тріщин залежно від геометрії конструкції (в тому числі і концентратора) та умов навантаження. Основною причиною цього є складність вимог параметрів, які б адекватно описували напружено-деформований стан в околі вершини як концентратора, так і тріщини.

В таких дослідженнях заслуговує на увагу підхід уніфікованої моделі втомного руйнування, запропонованої в роботах Осташа і Панасюка [1], яка базується на структурно-механічному параметрі матеріалів – втомній зоні передруйнування, розмір (d^*) якої за заданих умов випробувань визначає напружено-деформований стан в околі концентраторів напружень і тріщини. Слід зауважити, що подібні параметри, а також різні способи визначення їх величини в світовій літературі відомі [2-4], вони виявляють собою основу так званої «критичної відстані», однак є емпіричними і на відміну від параметра (d^*) [5] фізично не обґрунтованими.

Мета нашої праці – для реального авіаційного матеріалу, взятого з обшивки крила літака проаналізувати особливості формування напружено-деформованого стану в місцях концентрації напружень (отвори під клепоків з'єднання), а також експериментально перевірити застосовність відомих модельних залежностей для побудови кривих втоми зразків різної геометрії, на основі чого запропонувати рекомендації щодо оцінки ресурсу в умовах дії циклічних навантажень.

За результатами теоретичних та експериментальних досліджень, проаналізовано особливості формування напружено-деформованого стану в околі концентраторів напружень та закономірності формування втомної зони передруйнування на зразках різної геометрії авіаційного матеріалу. Встановлено, що традиційне прогнозування кривих втоми тіл з концентраторами напружень за результатами випробувань гладких зразків є недостовірним,

оскільки в околі вершини концентратора утворюється специфічний напружено-деформований стан матеріалу. Показано, що на основі базової кривої втоми, побудованої на стандартних компактних зразках з концентраторами напружень за значенням ефективного коефіцієнта концентрації напружень, отриманого в рамках уніфікованої моделі втомного руйнування Остаха-Панасюка, можна прогнозувати довговічність на стадії зародження тріщини тіл довільної геометрії.

Представлена в роботі методика оцінки напружено-деформованого стану матеріалу в околі концентратора напружень може служити основою практичних рекомендацій щодо визначення довговічності та прогнозування ресурсу елементів авіаційної техніки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Ostash O.P.* Fatigue process zone at notches / O.P. Ostash, V.V. Panasyuk // Int. J. Fatigue. – 2001. – 23, № 7. – P. 627–636.
2. *Neuber H.* Kerbspannungslehre. – Berlin: Springer, 1945 (Trans. Theory of Notch Stress., U.S. Office of Technical Services, 1961).
3. *Angot G.* About notch fracture mechanics / G. Angot, G. Pluvinage // Proc. 2th Copernicus Workshop Influence of Local Stress and Strain Concentrators on the Reliability and Safety of Structures, 1996. – P. 37–47.
4. Taylor D. Prediction of fatigue failure location on a component using a critical distance method / D. Taylor, P. Bolonga, K. Bel Knani // Int. J. Fatigue. – 2000. – 22. – P.735–742.
5. *Осташ О.П.* Патент України № 69067, МПК G01N 21/00. Спосіб визначення розміру втомної зони передруйнування / О.П. Осташ, Р.В. Чепіль, І.М. Андрейко, В.В. Віра, В.І. Прокопеч. Опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8.

*Віра Володимир Володимирович*¹, к. т. н., доцент кафедри опору матеріалів та будівельної механіки, Національний університет “Львівська політехніка,” Львів, e-mail: viravolodymyr@gmail.com

*Харченко Євген Валентинович*¹, д. т. н., завідувач кафедри опору матеріалів та будівельної механіки, Національний університет “Львівська політехніка,” Львів, e-mail: kharchen@wp.pl

Гембара Оксана Володимирівна^{1,2}, д. т. н., ст. н. с. Фізико-механічного інституту ім. Г. В. Карпенка НАН України; доцент кафедри опору матеріалів та будівельної механіки, Національний університет “Львівська політехніка,” Львів, e-mail: oksana.v.hembara@lpnu.ua

*Райчук Наталія*¹, студентка інституту будівництва та інженерних систем, Національний університет “Львівська політехніка,” Львів, e-mail: nataliia.rainchuk.bd.2020@lpnu.ua

THE ASSESSMENT OF THE RESOURCE OF AVIATION ELEMENTS WITH STRESS CONCENTRATORS

Abstract. *An urgent task in modern and complex engineering practice is to develop reliable methods for predicting the durability and establishing the residual life of structural elements with stress concentrators operating under fatigue loads. To do this, improve the ways of adequate description of the stress-strain state near the stress concentrator or crack tip, taking into account the geometry of the body, load conditions, material characteristics and other factors that may affect the formation of cracks and their distribution in the material.*

Keywords: fatigue, process zone, stress concentrator, local stress, cyclic crack resistance, macrocrack

*Vira Volodymyr*¹, Ph.D., Associate Professor of the Department of Strength of Materials and Structural Mechanics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: viravolodymyr@gmail.com

*Kharchenko Yevhen*¹, Dr. Sc., Professor of the Department of Strength of Materials and Structural Mechanics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: kharchen@wp.pl

Hembara Oksana^{1,2}, Dr. Sc., Associate Professor of Karpenko Physico-Mechanical Institute of National Academy of Sciences of Ukraine; Associate Professor of the Department of Strength of Materials and Structural Mechanics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: oksana.v.hembara@lpnu.ua

*Rainchuk Nataliia*¹, student of Institute of Civil Engineering and Building Systems, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine e-mail: nataliia.rainchuk.bd.2020@lpnu.ua

ВІБРАЦІЙНА ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ДРОБАРКА

Львівський національний аграрний університет

Анотація

У статті запропоновано принципово нову конструкцію подрібнювальної машини на основі електровібратора, обґрунтовані конструктивні параметри та вказані її переваги.

Вказано, що одним із напрямків у розвитку конструкцій дробильних машин є ефективним ударним механізмом є застосування вібрації. Вібраційні дробарки дозволяють, отримати більші зусилля в камері подрібнення, при невеликих енергозатратах у порівнянні із традиційними машинами.

Ключові слова: дробарка, матеріал, електромагнітний привід.

Створення будь-якого обладнання передбачає, що за найменших затрат необхідно отримати надійну та високопродуктивну установку. Цій умові відповідає вібраційна техніка, у якій доступний високий потенціал, щодо удосконалення. Вібраційні машини мають значний ресурс для додаткового підсилення амплітуди коливань мас, зниження енергоспоживання та спрощення конструктивних схем [1].

В цих умовах особливе значення має вивчення механіки подрібнювальних машин на вібраційній основі, в яких використовується кілька способів подрібнення (удар, стиск, перетирання).

Одним із перспективних напрямів удосконалення подрібнювального обладнання є перехід на електромагнітний привід. Таке обладнання, простіше за конструкцією побудови і дешевше в експлуатації. Відсутність у приводі рухомих з'єднань та додаткових механізмів для передавання руху, робить його надійним [2].

Нами поставлено завдання створити дробарку з таким робочим органом, який дозволить розширити діапазон використання вібраційних дробарок за рахунок введення додаткових елементів і вдосконалення конструкції для покращення якості подрібнення, підвищення продуктивності та надійності і зниження питомої витрати енергії.

Суть запропонованої моделі пояснює ілюстрація (рис. 1). Вібраційна електромагнітна дробарка містить електромагнітний збудувач коливань (вібратор) 1; подрібнювальну камеру, що складається з активних 5 та пасивних 3 рифів ромбоподібної форми, закріплених на рухомому та нерухомому лотках; завантажувальний бункер 1 прямокутного січення; вібралоток для відвантаження подрібненого матеріалу. По краях рухомого 5 та нерухомого 3 лотків закріплені 4 пружини стиску 4 однією стороною оберті в чашки розташовані на лотку 5 для регулювання попереднього стиску пружин, а іншою, нерухомий лоток 3 – стакан кріплення. Зазор між нерухомим 3 і рухомим 5 лотками регулюється гвинтовими упорами, що закріплені вертикально у кріпленнях чашок та стаканів нерухомого і рухомого лотків, причому між нерухомим і рухомим лотками встановлені чотири пружини стиску 4, вони однією стороною оберті в чашки, де регулюють гвинтовими упорами попередній стиск пружин, а іншою – у стакан кріплення [3].

Дробарка працює наступним чином: при вмиканні вібратора 7, збудувальне зусилля передається через рухомий лоток рифами 5 на нерухомий лоток 3. Матеріал з бункера 1 під дією вібраційних коливань самопливом поступає на поверхню пасивного лотка 3 і переміщується у зазор a між пасивними 3 та активними 5 рифами. Активний лоток з рифами 5 під дією збудувальних коливань створених електромагнітним вібратором 7 здійснює зворотньопоступальний рух, створюючи на частинки поздовжній та поперечний тиск, що і є причиною їх розколювання та руйнування.

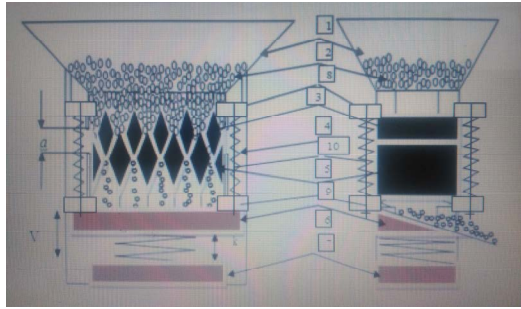


Рис. 1. Структурна схема вібраційної електромагнітної дробарки:
1-бункер; 2-зерно; 3-пасивні рифи; 4-пружили; 5-активні рифи; 6-вібро лоток; 7-електромагнітний вібратор,
8- чашки, 9- стакани, 10-гвинтови упори.

Налаштування дробарки виконується таким чином, що завдяки попередньому стиску пружин 4 забезпечується постійний зазор a між рухомими 5 та нерухомими 3 рифами. Змінюючи вихідний зазор a між пасивними і активними рифами з допомогою регулювальних гвинтів, можна добитись необхідної фракції подрібнення матеріалу.

В даній дробарці зменшуються енергозатрати на подолання шкідливих опорів за рахунок використання електромагнітного вібробудника, а отже відсутність у приводі рухомих з'єднань та додаткових механізмів для передавання руху робить її надійною, а зворотно-поступальний рух рухомих рифів дає змогу уникнути виникнення повітряно-зернового потоку, що утворюється при високих швидкостях обертання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабичев А.П. Основы вибционной технологи /А.П. Бабичев, И.А. Бабичев.- Ростов н/Д.: Издательство центр ДГТУ,2008.-694 с.
2. Гошко З.О. Шляхи вдосконалення подрібнювальних машин для зернових матеріалів/ З.О.Гошко // Агроінженерні дослідження Вісник 15 Львів: Львів. нац. Агроуніверситет. 2011. –с.390-396.
3. Гошко З.О. Обґрунтування технологічних параметрів вібраційної дробарки / З.О.Гошко, Я.В.Семен, О.В.Гошко// Сільськогосподарські машини.-Луцьк: ІАУ,№22, 2012., С. 38-43.

Гошко Зіновій Орестович к.т.н., доцент, кафедра сільськогосподарської техніки, Львівський національний аграрний університет, Дубляни, e-mail: zdenuk@gmail.com.

Магац Мирон Іванович к.т.н., доцент, кафедра автомобілів та тракторів, Львівський національний аграрний університет, Дубляни, e-mail: Mironmahats@gmail.com.

Семен Ярослав Васильович к.т.н., доцент, кафедра сільськогосподарської техніки, Львівський національний аграрний університет, Дубляни, e-mail: jsemen@ukr.net.

VIBRATING ELECTROMAGNETIC CRUSHER

Lviv National Agrarian University

Abstract

The article proposes a fundamentally new design of grinding machines based on electric vibrators, it substantiates the design parameters and its advantages.

It is indicated that one of the directions in the development of crushing machine designs with an effective impact mechanism is the use of vibration. Vibratory crushers allow you to get more effort in the grinding chamber, with low energy consumption compared to traditional machines.

Key words: crusher, material, electromagnetic drive.

Hoshko Zinovii Orestovych Ph.D., Associate Professor of agricultural engineering, Lviv National Agrarian University, Dublyany, e-mail: zdenuk@gmail.com.

Mahats Myron Ivanovych Ph.D., Associate Professor of automobiles and tractors, Lviv National Agrarian University, e-mail: mironmahats@gmail.com.

Semen Yaroslav Vasyliovych Ph.D, Associate Professor of agricultural engineering, Lviv National Agrarian University, Dublyany, e-mail: jsemen@ukr.net.

ВИЗНАЧЕННЯ ВТРАТ В ГІДРОПРИВОДАХ ВІБРАЦІЙНИХ ТА ВІБРОУДАРНИХ МАШИН

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано, які чинники та фактори впливають на величину втрат в гідроприводах вібраційних та віброударних машин, також суттєвий вплив на роботу гідроприводів В та ВУ машин має пружність гідросистеми, яка забезпечується безпосередньо вибором гідроаккумулятора та всіх елементів системи вцілому.

Ключові слова: Втрати, вібрація, віброударні машини, гідроаккумулятор, гідропривід, сухе та в'язке тертя, ущільнення.

В машинобудуванні широко застосовуються гідравлічні приводи, які забезпечують високу продуктивність та надійність технологічних машин. Розробка та серійний випуск більш досконалої гідроапаратури, насосів, ущільнень та інших елементів гідросистем економічно виправдали застосування гідроприводу в різних машинах, в тому числі і в машинах вібраційної (В) та віброударної (ВУ) дії, що застосовуються в ковальсько-пресовому виробництві, будівництві тощо.

До складу гідросистем машин В та ВУ дії входять зокрема гідравлічні виконавчі механізми поступального руху, насосні станції, гідроаккумулятори, рукава високого тиску, що використовуються для напірних магістралей.

Гідравлічні виконавчі механізми поступального руху (гідроциліндри) характеризуються ефективною площею, на яку діє тиск робочої рідини. Вони досить детально розглянуті в літературі [1,2,3].

Динамічні та енергетичні характеристики гідроциліндрів суттєво залежать від внутрішніх перетоків робочої рідини із порожнини високого тиску в порожнину низького тиску, а також від сил шкідливого опору. При ущільненні поршневими чавунними кільцями величину витоків можна приймати пропорційною перепадам тисків. При використанні ущільнень типу поліуретанових та гумових кілець зовнішні витoki з гідроциліндрів не враховуються.

Дисипативні сили визначаються сухим та в'язким тертям поршня і штока в дзеркальній поверхні гідроциліндра і сальникових ущільненнях. В силу розривності характеристики сухого тертя динаміка приводу виконавчого руху має суттєво нелінійний характер. Врахування сухого тертя при розрахунках динаміки гідромеханізмів можливе шляхом застосування наближених методів розрахунку (графоаналітичних або на ПОМ).

Слід відмітити, що у випадку застосування ущільнень, які складаються з гумових елементів, під час початкової стадії руху та після реверсу відбувається пружна деформація гуми і характеристика сил опору може прийняти ще складніший характер, чим той, який визначається сухим та в'язким тертям.

Внаслідок значної інерційності електродвигунів швидкість обертання насоса в перехідних і усталених режимах роботи в більшості досліджень приймається постійною. Витoki в насосі та запобіжному або переливному клапані можуть бути прийнятні лінійно залежними від тиску. Частотні характеристики більшості серійних запобіжних клапанів дозволяють рахувати їх практично безінерційними при частотах періодичних процесів в гідросистемах, які не перевищують 10-15 Гц. В цьому випадку для розрахунку динамічних і енергетичних характеристик привода можуть бути використані статичні характеристики насосних станцій.

При частотах вище 20-30 Гц виникає необхідність врахування інерційних властивостей клапанів. В меншій мірі це відноситься до двокаскадних клапанів тиску.

В гідросистемах машин В та ВУ дії використовують насосні установки в режимі постійної витрати з запобіжними клапанами при розрахунку яких можна використовувати статичні характеристики безінерційних джерел живлення робочої рідини. В гідроприводах В та ВУ машин використовують в основному два типи гідроакумуляторів:

гідроакумулятори, в яких пружним елементом слугує безпосередньо робоча рідина, необхідно враховувати нелінійні пружні характеристики усєї гідросистеми.

гідроакумулятори, в яких пружним елементом є пружина з постійною жорсткістю, необхідно враховувати попередній натяг пружини, а також зазори між ударною масою і упором поршня акумулятора.

Суттєвий вплив на роботу гідроприводів В та ВУ машин має пружність гідросистеми, що набуває суттєвого значення при дослідженні динамічних процесів в гідросистемах.

Об'ємний модуль пружності E_p рідини змінюється в широкому діапазоні в залежності від тиску і температури. Зміна модуля пружності рідини E_p в межах зміни тиску до $4 \cdot 10^7$ Па незначна, також незначна зміна температури під час перехідних процесів.

Реальна робоча рідина в гідросистемах містить певну кількість нерозчиненого повітря, яке суттєво впливає на приведенний модуль пружності газорідинної суміші.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Искович-Лотоцкий Р. Д. Машины вибрационного и виброударного действия / Р. Д. Искович-Лотоцкий, И. Б. Матвеев, В. А. Крат. – К.: Техника, 1982. – 208 с.
2. Матвеев И. Б. Гидропривод машин ударного и вибрационного действия / И. Б. Матвеев. – М.: Машиностроение, 1974. – 416 с.
3. Гидропривод сваепогружающих и уплотняющих машин / М. Е. Иванов, И. Б. Матвеев, Р. Д. Искович-Лотоцкий и др. – М.: Машиностроение, 1977. – 174 с.

Искович-Лотоцкий Ростислав Дмитриевич – докт. техн. наук, профессор кафедры галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: shevchenkovasia777@gmail.com.

Василь Васильович Шевченко — студент групи ІГМ-176, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: shevchenkovasia777@gmail.com.

DETERMINATION OF LOSSES IN HYDRAULIC DRIVES OF VIBRATION AND VIBRO-IMPACT MACHINES

Abstract

The factors and factors influencing the amount of losses in the hydraulic drives of vibrating and vibrating machines are analyzed, as well as the elasticity of the hydraulic system, which is provided directly by the choice of the hydraulic accumulator and all system elements as a whole, has a significant impact on the operation of hydraulic drives.

Keywords: Losses, vibration, vibratory shock machines, hydraulic accumulator, hydraulic drive, dry and viscous friction, consolidation.

Rostislav Iskovich-Lototsky D. – Dr. Techn. Sc., Prof., Professor of Industrial Engineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: shevchenkovasia777@gmail.com.

Shevchenko Vasyl V. — Student of the Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: shevchenkovasia777@gmail.com.

ДИНАМІКА РЕЗОНАНСНОЇ ОДНОМАСОВОЇ ВІБРОМАШИНИ З ІНЕРЦІЙНИМ ВІБРОЗБУДНИКОМ СПРЯМОВАНОЇ ДІЇ, ЩО ПРАЦЮЄ НА ЕФЕКТІ ЗОМЕРФЕЛЬДА

Центральноукраїнський національний технічний університет

Анотація

Досліджена динаміка резонансної одномасової вібромашини з інерційним віброзбудником спрямованої дії, що працює на ефекті Зомерфельда. Знайдені можливі усталені рухи вібромашини і досліджена їх стійкість. Досліджений резонансний режим руху вібромашини.

Ключові слова: резонансна вібромашина, інерційний віброзбудник, ефект Зомерфельда.

В резонансних вібромашинах невеликі за масами інерційні віброзбудники збуджують інтенсивні вібрації платформ. Це робить вібромашини енергоефективними, збільшує їх надійність і довговічність роботи. Найпростіший спосіб збудження резонансних коливань ґрунтується на ефекті Зомерфельда [1-4]. Але відомі віброзбудники не збуджують вібрації спрямованої дії. Авторами запропонований новий інерційний віброзбудник спрямованої дії, що працює на ефекті Зомерфельда і досліджена його працездатність.

Вібромашина складається (рис. 1, а) із платформи, маси M і двох інерційних віброзбудників, у яких дебалансною масою є куля, ролик (рис. 1, б) або маятник (рис. 1, в). Платформа може рухатися тільки у вертикальному напрямку завдяки напрямним. Платформу підтримує пружно-в'язка опора з коефіцієнтом жорсткості k і в'язкості b . Положення платформи визначається координатою y , рівною нулю в положенні статичної рівноваги платформи.

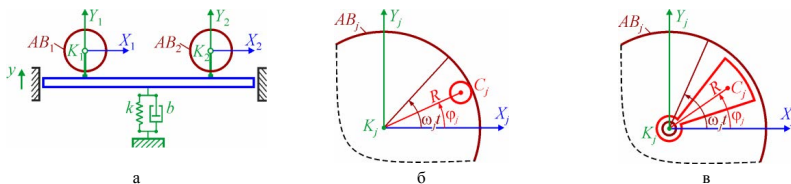


Рис. 1. Кінематика руху: а – платформи; б – кулі або ролика; в – маятника

Корпус віброзбудника номер j обертається навколо точки K_j з постійною кутовою швидкістю ω_j . Його положення визначає кут $\omega_j t$, де t – час (рис. 1, б, в). Маса одного вантажу m . Центр мас вантажу номер j може рухатися по колу радіуса R із центром у точці K_j (рис. 1, б, в). Його положення визначає кут φ_j , $j=1,2$. Руху вантажу щодо корпусу віброзбудника перешкоджає сила в'язкого опору, що має модуль $F_j = b_w R |\dot{\varphi}_j - \omega_j|$, $j=1,2$, де b_w – коефіцієнт сили в'язкого опору, і штрих за величиною позначає похідну за часом t .

Диференціальні рівняння руху системи, не залежно від типу вантажу мають такий вигляд

$$M_{\Sigma} y'' + by' + ky + S_y = 0, \quad \kappa m R^2 \varphi_j'' + b_w R^2 (\varphi_j' - \omega_j) + m R y'' \cos \varphi_j = 0, \quad j = \overline{1,2}. \quad (1)$$

В (1) $M_{\Sigma} = M + 2m$ – маса всієї системи (маси корпусів віброзбудників віднесені до маси платформи), $S_x = mR(\cos \varphi_1 + \cos \varphi_2)$, $S_y = mR(\sin \varphi_1 + \sin \varphi_2)$, для кулі, ролика і маятника, відповідно $\kappa = 7/5$, $\kappa = 3/2$, $\kappa = 1 + J_C / (mR^2)$, дія сил ваги на вантажі не враховується.

Для збудження резонансних коливань спрямованої дії корпуси віброзбудників обертаються з різними кутовими швидкостями у протилежних напрямках $\omega_1 = \omega$, $\omega_2 = -\omega$, $\omega = const$.

Аналіз диференціальних рівнянь руху встановлено наступне.

1. У вібромашини існують два принципово різних усталених режими руху.

У першому режимі (рис. 1, а) вантажі застрягають на майже сталій кутовій швидкості обертання Ω , меншій за резонансну частоту коливань платформи $\omega_0 = \sqrt{k / M_{\Sigma}}$. Із збільшенням швидкості обертання корпусів віброзбудників частота обертання вантажів прямує до резонансної частоти, чим збуджуються інтенсивні резонансні коливання. При цьому амплітуда коливань платформи монотонно збільшується

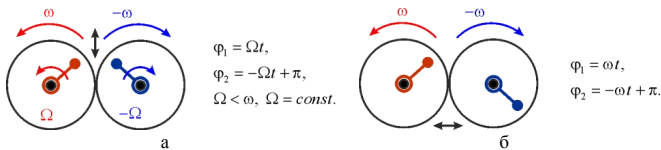


Рис. 2. Усталені режими руху вібромашини:

а – режим застрягання вантажів; б – режим синхронного обертання вантажів з корпусами віброзбудників

У другому режимі вантажі обертаються синхронно з корпусами і їх сумарний дебаланс у вертикальному напрямку дорівнює нулю. Тому коливання платформи відсутні.

2. Перший режим стійкий при обертанні корпусів віброзбудників в діапазоні швидкостей $\omega \in [0, \omega^*]$, де $\omega^* = [1 + m^2 \omega_0^2 / (b_w b)] \omega_0$ - характерна швидкість, більша за резонансну.

Другий режим стійкий на зарезонансних швидкостях обертання корпусів віброзбудників ($\omega > \omega_0$).

3. Для настання резонансного режиму руху вібромашини достатньо повільно розігнати корпуси віброзбудників до швидкості, меншої за ω^* .

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sommerfeld, A. (1904). Beitrage zum dynamischen Ausbayer der Festigkeitslehre. Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, 48 (18), 631–636.
2. Kuzo, I.V., Lanets, O.V., Gurskiy, V.M. (2013). Synthesis of low-frequency resonance vibratory machines with an aero inertia drive. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2, 60–67. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu_2013_2_11
3. Filimonikhin, G., Yatsun, V. (2015). Method of excitation of dual frequency vibrations by passive autobalancers. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 4(7(76)), 9–14. doi: <http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2015.47116>
4. Filimonikhin G., Yatsun V., Filimonikhina I. (2020). Investigation of oscillations of platform on isotropic supports excited by a pendulum. E3S Web Conf. 168 article N 00025, 11 p. doi: <https://10.1051/e3sconf/202016800025>

Філімоніхіна Ірина Іванівна, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри вищої математики і фізики Центральноукраїнського національного технічного університету, Кропивницький, fi@online.ua

Філімоніхін Геннадій Борисович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри деталей машин та прикладної механіки Центральноукраїнського національного технічного університету, Кропивницький, filimonikhin@ukr.net

DYNAMICS OF A RESONANT SINGLE-MASS VIBRATING MACHINE WITH AN INERTIAL VIBRATOR OF DIRECTED ACTION, WORKING ON THE SOMMERFELD EFFECT

Abstract

The dynamics of a resonant single-mass vibrating machine with an inertial vibration exciter of directed action which operating based on the Sommerfeld effect has been studied. Possible steady motions of the vibrating machine are found and their stability is investigated. The resonant mode of motion of the vibrating machine is investigated.

Keywords: resonant vibrating machine, inertial vibrating exciter, Sommerfeld effect.

Irina Filimonikhina, PhD, Associate Professor of the Department of Mathematics and Physics, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, fi@online.ua.

Gennadiy Filimonikhin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Machine Parts and Applied Mechanics, Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, filimonikhin@ukr.net.

СИНТЕЗ НЕСТАЦІОНАРНИХ ЧАСТОТНО-СИЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ІНЕРЦІЙНОГО ВІБРОЗБУДЖУВАЧА

Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація.

В основі дослідження використано ідею реалізації інерційного віброзбуджувача зі змінними в процесі роботи частотно-силовими характеристиками. Зокрема, змінними прийнято вважати зусилля та частоту обертання результуючого вектору, як параметри, що визначають основні технологічні можливості вібраційної системи. Здійснено кінематичний, динамічний аналіз та оптимізаційний синтез віброзбуджувача із вихідними частотно-силовими характеристиками.

Ключові слова: інерційний віброзбуджувач, синтез, оптимізація, дебаланс, вібрація.

В основі конструкції віброзбуджувача покладено схему подвійного незбалансованого ротора (рис. 1), в якого незбалансовані маси m_{d1} і m_{d2} обертаються з різними ω_1 і ω_2 частотами та розташовані з початковим зсувом фаз φ . Внаслідок цього, відносно центру обертання незбалансованих мас віброзбуджувача реалізується результуючий вектор змінного зусилля збурення $R(t)$, що змінюється у відповідних межах та обертається зі змінною частотою $\omega(t)$ [1]. Така конструкція має широкі можливості в задачах гасіння коливань роторів [2], а також може бути використана для реалізації вібраційних процесів.

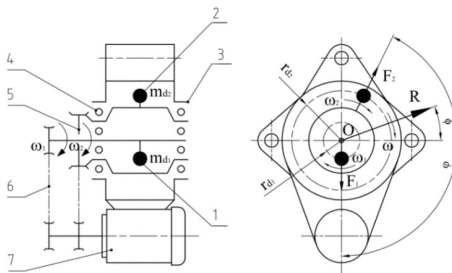


Рис. 1. Кінематична схема інерційного віброзбуджувача

Дослідження базуються на завданнях кінематичного та динамічного аналізу, а також синтезу параметрів віброзбуджувача. Завдання оптимізаційного синтезу сформовано наступним чином:

Знайти

$$m_{d1}r_{d1} \text{ і } a_2r_{d2}$$

Мета

$$\varepsilon = \frac{d}{dt} \omega(t) \rightarrow \max$$

$$\omega_{\min} > 100 \text{ рад/с}, 1,5 < \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}} < 2,$$

Обмеження

$$R_{\max} \leq 6 \text{ кН}, 1,5 < \frac{R_{\max}}{R_{\min}} < 2$$

Вихідні умови

$$\omega_2 = 157 \text{ рад/с}, \omega_1 = 2\omega_2, \varphi = 0,$$

Отримано

$$d_1r_{d1} = 1,28 \text{ кг} \cdot \text{см}, \quad d_2r_{d2} = 19,2 \text{ кг} \cdot \text{см},$$

$$\varepsilon = 8,961 \cdot 10^3 \text{ рад/с}^2, \quad \frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}} = 1,9, \quad \frac{R_{\max}}{R_{\min}} = 1,73,$$

$$\omega_{\min} = 100 \text{ рад/с}, \quad R_{\max} = 6 \text{ кН}.$$

На наступному етапі здійснено динамічний аналіз коливань одномасової вібраційної системи за відомими параметрами маси робочого органа, частот вільних і загасаючих коливань у горизонтальному та вертикальному напрямках, отримано часові залежності кінематичних, динамічних і силових параметрів вібраційної системи.

Висновки за результатами дослідження:

1. На етапі кінематичного аналізу встановлено визначальні часові залежності для основних параметрів. Побудовано часові характеристики, за якими встановлено, що вектор результуючого зусилля збурення інерційного вібратора змінює своє амплітудне значення та обертається зі змінною частотою, причому частота зміни їхніх значень є сталою та визначається нижнім значенням частоти обертання ω_2 одного з дебалансів.

Проекції результуючого вектору на координатні осі дозволяє отримати різні за характером зміни та фазою періодичні горизонтальну та вертикальну складові. При цьому, характер зміни цих складових суттєво залежить від кута зсуву фаз між дебалансами.

2. На етапі синтезу оптимізаційного синтезу покладено граничні значення частоти обертання та зусилля збурення за умови отримання максимального кутового пришвидшення під час обертання результуючого вектору зусилля збурення.

3. На етапі динамічного аналізу проведено чисельний розрахунок інтегралу Дюамеля та побудови часових залежностей переміщення та пришвидшення. Встановлено, що в системі наявні горизонтальні та вертикальні переміщення, а пришвидшення у відповідних напрямках мають різний характер зміни з додатково наявними гармоніками вищих порядків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gursky V, Kuzio I, Krot P, Zimroz R. Energy-Saving Inertial Drive for Dual-Frequency Excitation of Vibrating Machines. *Energies*. 2021; 14(1):71. <https://doi.org/10.3390/en14010071>.
2. Wang Z, Zhang B, Zhang K, Yue G. Optimization and Experiment of Mass Compensation Strategy for Built-In Mechanical On-Line Dynamic Balancing System. *Applied Sciences*. 2020; 10(4):1464. <https://doi.org/10.3390/app10041464>.

Гурський Володимир Миколайович – д-р техн. наук, доцент кафедри робототехніки та інтегрованих технологій машинобудування, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, vol.gursky@gmail.com

Кузьо Ігор Володимирович – д-р техн. наук, професор, професор кафедри робототехніки та інтегрованих технологій машинобудування, Національний університет «Львівська політехніка», Львів.

SYNTHESIS OF NON-STATIONARY FREQUENCY AND FORCED CHARACTERISTICS OF THE INERTIAL VIBROEXCITER

Abstract

The study is based on the idea of implementing an inertial vibroexciter with variable in the process of frequency-force characteristics. In particular, the variables are considered to be the effort and speed of rotation of the resulting vector, as parameters that determine the main technological capabilities of the vibration system. Kinematic, dynamic analysis and optimization synthesis of vibration exciter with initial frequency-force characteristics are carried out.

Keywords: inertial vibroexciter, synthesis, optimization, unbalanced mass, vibration.

Gursky Volodymyr – Dr. Tech. Science, Lecturer of Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies, Lviv Polytechnic National University, Lviv, vol.gursky@gmail.com

Kuzio Igor – Dr. Tech. Science, Professor, Professor of Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies, Lviv Polytechnic National University, Lviv.

ПРОГРАМА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ ДЛЯ ПРОЄКТНОГО РОЗРАХУНКУ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ПРИВОДА

Вінницький національний аграрний університет

Анотація

В роботі розглянуто гідроімпульсний привод вібраційного руху робочого органу розкочувальної машини, досліджено його робочі режими та технологічні можливості та визначено програму проведення експериментів для проєктного розрахунку гідроімпульсного привода для машин аналогічного призначення.

Ключові слова: гідроімпульсний привод, методика, вібраційний рух, робочий орган машини.

Проблеми сучасного машинобудування пов'язані, в першу чергу, із зменшенням витрат матеріалів та енергії. Такі проблеми вирішуються завдяки впровадженню сучасних інтегрованих технологій механічної обробки металів тиском. До таких технологій можна віднести перспективні процеси розкочування (місцевої локалізованої деформації), що суттєво забезпечують маловідходне або безвідходне виготовлення заготовок деталей при мінімальних енергетичних витратах. Особливо це відноситься до виробництв з масовим випуском продукції, а саме, шарикопідшипників, де процеси виготовлення зовнішніх та внутрішніх кілець, визначають їх вартість. Тому тільки перехід від традиційного виготовлення кілець різанням на розкочування забезпечить збільшення коефіцієнту використання матеріалу.

Підвищити ефективність розкочування кілець шарикопідшипників під час пластичного деформування в умовах обробки тиском дозволяє додаткове вібраційне навантаження робочого органу машини за рахунок використання поверхневого, об'ємного та часового факторів вібраційної обробки, які забезпечують зменшення робочих зусиль та енерговитрат. Але використання таких позитивних факторів під час розкочування кілець на даний час обмежується відсутністю технологічного досвіду впровадження вібраційного розкочування та відповідного обладнання з енергоємним та регульованим вібраційним приводом.

Розв'язати науково-технічну задачу, що направлена на створення та впровадження нового високоєфективного вібраційного розкочувального обладнання дозволяє гідроімпульсний привод, який забезпечує широкий діапазон регулювання робочих параметрів вібраційного навантаження, знижує металомісткість та підвищує енергоємність розроблюваних машин.

В роботі запропонована програма проведення експериментів для проєктного розрахунку гідроімпульсного привода, метою якої є:

- визначення діапазонів регулювання та закономірностей зміни робочих режимів гідроімпульсного привода на експериментальному стенді;
- експериментальне підтвердження технологічної ефективності гідроімпульсного привода для вібраційного обладнання з розкочування кілець підшипників;
- перевірка адекватності розроблених динамічних та математичних моделей реальним зразкам гідроімпульсного привода та достовірності результатів теоретичного дослідження.

Алгоритм реалізації експериментальних досліджень передбачає:

- підготовку експериментального стенда з гідроімпульсним приводом до проведення досліджень;
- проведення досліджень відповідних параметрів, які характеризують робочі режими гідроімпульсного привода та можливість їх регулювання ;
- обробку результатів вимірів та оцінку їх точності;
- побудову графічних залежностей за результатами вимірювань.

Відповідно до визначеного алгоритму необхідно налагодити експериментальний стенд з гідроімпульсним приводом, провести вимірювання параметрів його конструктивних елементів та параметрів приводу. Розробити та виготовити (або підібрати за відомими технічними характеристиками) конструкції давачів тиску, лінійних переміщень, кутових швидкостей та ін., провести монтаж давачів на дослідному зразку машини та з'єднати їх кабелями з вимірювально-реєструвальною апаратурою, виконати заземлення. Налагодити тензOMETричну апаратуру та перевірити її на холостих режимах функціонування гідроімпульсного привода ВРМ, привести у відповідність з тарувальними характеристиками давачів коефіцієнти підсилення електричних сигналів. З метою отримання достовірних експериментальних даних кількість n необхідних вимірювань кожного параметру (режиму) визначалося за теоретичними залежностями [1-5].

Для визначення відносної величини розбіжностей δ між розрахунковими та експериментальними значеннями параметрів використовувалася відома формула [6].

$$\delta = \left| \frac{a_p - a_e}{a_e} \right| \cdot 100\%, \quad (1)$$

де a_p, a_e - відповідно розрахункове та експериментально знайдене значення величини параметра.

Відносні похибки δ , які були визначені за формулою (1), при співставленні розрахункових та експериментальних параметрів не перевищували 12%.

Отримані результати відповідають вимогам до технічних вимірювань при проведенні дослідних робіт, що направлені на вивчення можливостей нового обладнання, та розробки науково обгрунтованої методики його проєктування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин: (Измерительные преобразователи). Л-д.: Энергоатомиздат, 1983. 320с.
2. Коваленко И.Н., Филиппова А.А. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.:Высшая школа, 1982. 252с.
3. Шушкевич В.А. Основы электротензометрии. Минск: Высшейшая школа, 1975. 352с.
4. Геводян Т.А., Киселев Л.Т. Приборы для измерений и регистрации колебаний. - М.:Машгиз, 1962. 467с.
5. Турчик А.М. Электрические измерения неэлектрических величин. М.: Энергия, 1966. 234с.
6. Численные методы (анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения) / Н.С. Бахвалов и др. -М.: Наука, 1975. 629с.

Веселовська Наталія Ростиславівна – д.т.н., професор, завідувач кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва, Вінницький національний аграрний університет, м.Вінниця, wnatalia@ukr.net

Гнатюк Олена Федорівна – аспірант кафедри машин та обладнання сільськогосподарського виробництва Вінницького національного аграрного університету, м. Вінниця, alenagnatyuk1@gmail.com

EXPERIMENTAL PROGRAM FOR PROJECT CALCULATION HYDROPULSE DRIVE

Abstract

The hydropulse drive of vibration motion of the working body of the rolling machine is considered, its operating modes and technological possibilities are investigated and the program of conducting experiments for project calculation of the hydropulse drive for machines of similar purpose is defined.

Key words: hydropulse drive, technique, vibrational movement, working body of machine.

Veselovska Natalia R. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Machinery and Equipment of Agricultural Production of Vinnytsia National Agrarian University (3 Sonyachna Street, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: wnatalia@ukr.net).

Hnatyuk Olena F. – graduate student of the Department of Machinery and Equipment of Agricultural Production of Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, alenagnatyuk1@gmail.com

ГІДРОІМПУЛЬСНІ МАЛОГАБАРИТНІ ВІБРАТОРИ НА БАЗІ ПРОРІЗНИХ ПРУЖИН

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто конструктивні особливості малогабаритних гідроімпульсних вібраторів – гідроциліндрів (ГВ – ГЦ), силові елементи яких – плунжери чи поршни, суміщені з розподільними елементами параметричного однокаскадного генератора імпульсів тиску (ГІТ), а пружними ланками ГВ – ГЦ є прорізни пружини (ПП).

Ключові слова: генератор імпульсів тиску; герметизація; гідравлічна ланка; гідроімпульсний привод; гідроциліндр; жорсткість; енергоносій; привод; прорізна пружина; тиск.

Вібраційне технологічне обладнання з гідроімпульсним приводом (ГІП) має доведені переваги перед вібраційними (ВМ) та віброударними (ВУМ) машинами, оснащеними іншими типами приводів [1 – 3]. ГІП і пристрої, ВМ та ВУМ на його основі постійно розвиваються, зокрема зусиллями наукової школи ГІП Вінницького національного технічного університету (ВНТУ).

За останнє десятиліття у ВНТУ створено гаму нових гідроімпульсних пристроїв і генераторів імпульсів тиску (ГІТ) на базі пружних елементів високої жорсткості (ПЕВЖ), зокрема таких як прорізни (ПП) або кільцеві (КП) пружини [4, 5]. Використання ПП чи КП, які суміщені або є частиною силових, пружних чи розподільних ланок (елементів) ГІП та ГІТ, дозволило створити малогабаритні високоефективні пристрої для віброрізання (ВР – віброточіння, вібросвердління тощо) та поверхневого деформаційного зміцнення деталей (ПДЗД), а також однокаскадні ГІП параметричного типу підвищеної пропускну здатності [6, 7].

З метою розширення технічних і технологічних можливостей пристроїв, ВМ та ВУМ на базі ГІП, принципи побудови гідроімпульсних пристроїв, оснащених, або вбудованих в розподільні елементи їх ГІТ ПП, можуть бути використані для конструювання малогабаритних, достатньо потужних, гідроімпульсних вібраторів – гідроциліндрів (ГВ – ГЦ), силові елементи яких – плунжери чи поршни, суміщені з розподільними елементами параметричного однокаскадного ГІТ. Область використання ГВ – ГЦ може бути самою різноманітною – від основної ланки ГІП ВМ і ВУМ до застосування ГВ – ГЦ як окремого вібраційного обладнання, наприклад, у будівельній галузі.

Конструктивно найпростіший ГВ – ГЦ показано на рис. 1. В суцільному корпусі 1 розміщено плунжер 2, один кінець (верхній за рис. 1) якого оформлено як шток, що контактує (впливає) з об'єктом вібраційного оброблення (впливу, на рис. 1 умовно не показаний), а на іншому кінці

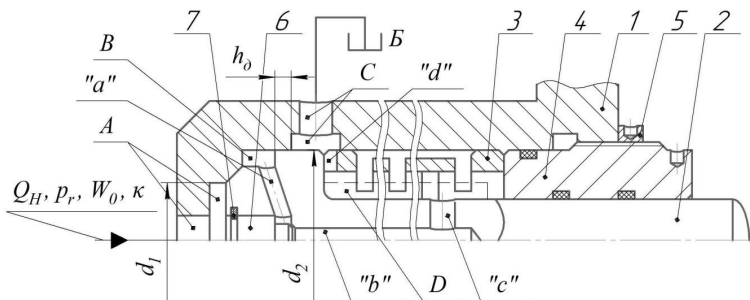


Рисунок 1 – ГВ – ГЦ з суцільним корпусом

(нижньому за рис. 1) утворено розподільні елементи ступенів герметизації параметричного однокаскадного ГПТ – першого з фасковою (клапанною) герметизацією з середнім діаметром d_1 фаски та другою золотниковою діаметром d_2 і додатним перекриттям h_2 . Другий золотниковий ступінь герметизації ГПТ діаметром d_2 виконує роль силового елемента (поршня гідроциліндра) ГПВ – ГЦ. Ступінь герметизації ГПВ – ГЦ навантажено ПП 3, встановленої в розточці корпусу 1 концентрично (коаксіально) зі штоком плунжера 2. Попередня деформація y_{01} ПП 3 регулюється трубчастим гвинтом 4, який контреться гайкою 5. З метою точного направлення трубчастого гвинта 4, циліндрична поверхня його хвостовика за ходовою посадкою спрягається з поверхнею направлення ПП 3 діаметром d_2 . Поверхня наскрізного осевого отвору трубчастого гвинта 4 контактує за ходовою посадкою з поверхнею штока плунжера 2. Ущільнення трубчастого гвинта 4 та штока плунжера 2 здійснюється гумовими кільцями круглого перерізу (на рис. 1 умовно не позначені позиціями). За необхідності, а також, з метою зменшення вимог до точності спряження поверхонь штока плунжера 2 та осевого отвору трубчастого гвинта 4, ущільнюючі кільця можуть встановлюватись в канавки разом з розрізними фторопластовими кільцями для захисту гумових кілець від руйнування внаслідок витискання в затор.

Для забезпечення оптимального режиму закриття ГПТ ГПВ – ГЦ в кінці зворотного ходу плунжера 2, в напругу центрального ступінчастого осевого отвору плунжера 2 з боку першого ступеня герметизації ГПТ розміщено інерційний клапан 6, зафіксований розрізним пружинним кільцем 7. Клапан 6 має ступінчасту циліндричну форму, на меншому ступені якого утворено герметизуючу кінцеву фаску, а більший його циліндричний ступінь за ходовою посадкою спрягається з поверхнею більшого діаметра центрального ступінчастого осевого отвору в плунжері 2. Сідло для клапана 6 оформлено в переході від більшого діаметра до меншого (отвір «b») центрального ступінчастого осевого отвору в плунжері 2.

До основного недоліку розглянутої конструкції ГПВ – ГЦ можна віднести можливу ударну взаємодію першого ступеня герметизації ГПТ в кінці зворотного ходу плунжера 2 під час посадки його герметизуючого елемента на сідло з середнім діаметром фаски d_1 , що може зменшувати термін служби вібратора та спричиняти високий рівень шуму під час його роботи. Крім того золотниковий другий ступінь герметизації ГПТ (див. рис. 1) через наявність додатного перекриття h_2 зменшує частоту вібрацій внаслідок затрат часу на проходження цього перекриття, а також з цієї ж причини не дозволяє отримати амплітуди h_a вібрацій менші за хід $h_p = h_2 + h_6$ виконавчих ланок (плунжерів 2 тощо) вібраторів (тут h_6 – від'ємне перекриття другого ступеня герметизації ГПТ). Для деяких вібраційних технологій, наприклад, вібропресування виробів з ультра дисперсних порошкових матеріалів [8], висока частота ν (Гц) та мала амплітуда $h_a = (0,1 \dots 0,4) \cdot 10^{-3}$ м вібрацій, мають визначальне значення.

Названі недоліки можна зменшити, якщо перший ступінь герметизації ГПТ виконати у вигляді плаваючого сідла [5] або перший і другий ступені герметизації ГПТ зробити клапанними (фасковими) [7], що дозволяє обмежити робочий хід виконавчої ланки вібратора $h_p \approx h_6$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Іскович-Лотоцький Р. Д. Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій : монографія / Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Севостьянов І. В. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця 2006. – 291 с.
2. Іскович-Лотоцький Р. Д. Використання гідроімпульсного привода в обладнанні переробних виробництв : монографія / Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Поліщук О. В. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 116 с.
3. Іскович-Лотоцький Р. Д. Генератори імпульсів тиску для керування гідроімпульсними приводами вібраційних та віброударних технологічних машин : монографія / Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Архипчук М. Р. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 171 с.
4. Обертюх Р. Р. Пристрої для віброточіння на базі гідроімпульсного привода : монографія / Р. Р. Обертюх, А. В. Слабкий. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 164 с.
5. Обертюх Р. Р. Віброударний пристрій з гідроімпульсним приводом підвищеної швидкодії та ефективності для деформаційного зміцнення поверхонь деталей машин / Обертюх Р. Р., Слабкий А. В., Марущак М. В. // Вісник машинобудування та транспорту, м. Вінниця № 1, 2017. – С. 63 – 71.

6. Obertyuh R. R. Method of design calculation of a hydropulse device for strain hardening of materials / Obertyuh R. R., Andriy V. Slabkiy, Mykhailo V. Marushchak, Oleksandr V. Kobylanskyi, Waldemar Wojcik, Gulzada Yerkeldessova, Yerbol Turgynbekov // Przegląd elektrotechniczny Vol 2019, № 4, 65-73.

7. Обертюх Р. Р. Параметричні однокаскадні генератори імпульсів тиску підвищеної пропускної здатності / Обертюх Р. Р., Слабкий А.В., Андрухов С.Р., Кудраш В.О. // Вісник машинобудування та транспорту – №1, 2019. – С. 40 – 48.

8. Раковский В. С. Порошковая металлургия жаропрочных сплавов и тугоплавких материалов / В. С. Раковский, А. Д. Силаев, В. И. Ходкин и др. – М : Металлургия, 1984. – 184 с.

Обертюх Роман Романович – канд. техн. наук, доцент, професор кафедри Галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет. e-mail: obertyuh557@gmail.com

HYDROPULSE SMALL-SIZED VIBRATORS BASED ON SLOTTED SPRINGS

Abstract

The design features of small hydropulse vibrators - hydraulic cylinders, the power elements of which are plungers or pistons, combined with the distribution elements of the parametric single-stage pressure pulse generator, and the elastic links of the hydropulse vibrators - hydraulic cylinders are considered.

Keywords: pressure pulse generator; sealing; hydraulic link; hydropulse drive; hydraulic cylinder; rigidity; energy carrier; drive; slotted spring; pressure.

Obertyukh Roman Romanovich - Cand. tech. Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University. e-mail: obertyuh557@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ПРИВОДУ НАВІСНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗОНДУВАННЯ ҐРУНТІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено дослідження робочих параметрів гідроімпульсного привода навісного обладнання для зондування ґрунтів. Отримані практичні та теоретичні осцилограми основних робочих параметрів.

Ключові слова: гідроімпульсний привод, вібрації, навісне обладнання, віброзбудувач, зондування ґрунтів.

Застосування вібраційних і віброударних машин, дає можливість інтенсифікувати цілий ряд технологічних процесів, здійснюваних, як правило, на машинах із зворотно-поступальним рухом робочої ланки, забезпечуючи періодичні високочастотні імпульсні навантаження. Найбільш раціональним, як показала практика, для машин подібного типу є гідравлічний привод, який має багато переваг, головні з яких – простота і надійність автоматичного повторювача робочих циклів. Зважаючи на це, для зондування ґрунтів є доцільним та перспективним розробка та дослідження нового обладнання з гідравлічним приводом, яке зможе підвищити продуктивність виконуваних робіт [1-2].

Відомі переваги гідроприводу визначили його широке застосування в різних галузях машинобудування. Одним із сформованих напрямків створення нової техніки, насамперед для машин із зворотно-поступальним рухом робочого органа, є розробка гідравлічних приводів з оригінальними схемами, що забезпечують нові технологічні процеси і поліпшують експлуатаційні показники порівняно з показниками існуючих механізмів [3-4].

Для експериментальних досліджень був спроектований і виготовлений дослідний стенд. Згідно з поставленими задачами експериментальних досліджень, після складання гідравлічних вузлів проводилася попередня перевірка їх працездатності. Після завершення допоміжних робіт, коли спостерігався стійкий режим роботи експериментальної установки, переходили до визначення кількісних характеристик робочого процесу.

Серед найбільш поширених методів теоретичного дослідження роботи нових розробок є математичне моделювання з використання різноманітних програмних комплексів та електронно-обчислювальної машини (ЕОМ). Для виконання моделювання роботи ГПП була розроблена структурно-розрахункова схема і математична модель яка складена на основі рівнянь руху, нерозривності потоку рідини та Нав'є-Стокса.

В нашому випадку, враховуючи усі особливості роботи гідроімпульсного приводу, є доцільним використовувати програмний комплекс FlowVision. Він дозволяє виконувати різні за складністю гідродинамічні розрахунки використовуючи метод кінцевих об'ємів.

В результаті проведеного моделювання було отримано графіки зміни тиску в робочій порожнині клапана-пульсатора, переміщення поршня гідроциліндра, а також переміщення кульового запірного елемента клапана-пульсатора.

Отримані в процесі дослідження осцилограми були об'єднані в зведені осцилограми, які показані на рис. 1.

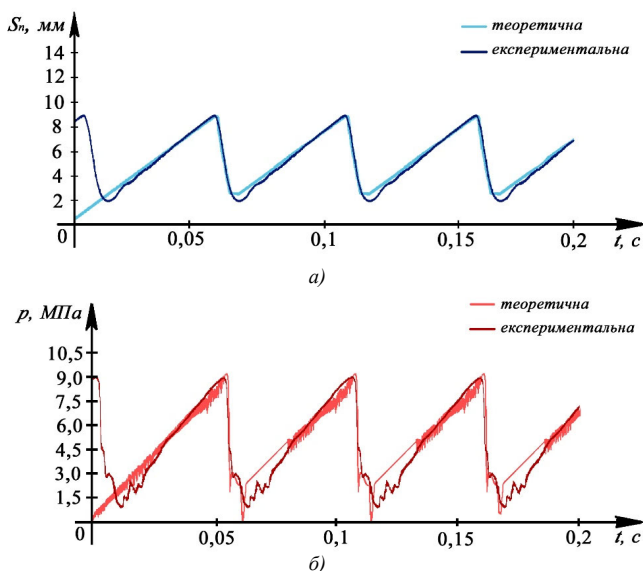


Рис. 1 – Зведена осцилограма зміни тиску в робочій порожнині (а) та переміщення виконавчого органу (б) ГПІ

В результаті проведених досліджень гідроімпульсного привода навісного обладнання для зондування ґрунтів було отримано ряд теоретичних та практичних осцилограм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бауман В. А. Вибрационные машины и процессы в строительстве : учебное пособие для студентов строительных и автомобильно-дорожных вузов / В. А. Бауман, И. И. Быковский. – М. : Высшая школа, 1977. – 255 с.
2. Искович-Лотоцкий Р. Д. Машины вибрационного и вибоударного действия / Р. Д. Искович-Лотоцкий, И. Б. Матвеев, В. А. Крат. – К. : Техніка, 1982. – 207 с.
3. Ребрик Б. М. Вибрационное бурение скважин / Б. М. Ребрик. – М. : Недра, 1974. – 192 с.
4. Иванов М. Е. Гидропривод сваепогружающих и грунтоуплотняющих машин / М. Е. Иванов, И. Б. Матвеев, Р. Д. Искович-Лотоцкий [и др.]. – М. : Машиностроение, 1977. – 174 с.

Івашко Євгеній Іванович – старший лаборант кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, ivashko@vntu.edu.ua.

Іскович-Лотоцький Ростислав Дмитрович – доктор технічних наук, професор кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, islord@vntu.edu.ua.

RESEARCH OF HYDROPULSE DRIVE ATTACHMENTS FOR SENSING SOIL

Abstract

A study of the operating parameters of the hydropulse drive of attachments for soil sounding. Practical and theoretical oscillograms of the main operating parameters are obtained.

Key words: hydro-impulse drive, vibrations, hinged equipment, vibrator, sensing of soils.

Ivashko Yevheniy I., senior laboratory assistant of Mechanical Engineering Branch Department, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia, ivashko@vntu.edu.ua.

Iskovych-Lototskii Rostyslav D., Doctor of Engineering, professor of Mechanical Engineering Branch Department, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia, islord@vntu.edu.ua.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОПЕРЕЧНИХ КОЛИВАНЬ ЖОЛОБА ІНЕРЦІЙНОГО КОНВЕЄРА НА ЙОГО ПРОДУКТИВНІСТЬ

Національний університет водного господарства та природокористування

Анотація. Розроблено інерційний конвеєр, в якому бокові стінки жолоба рухаються перпендикулярно до осі транспортування. Досліджено, що при частоті поперечних коливань стінок жолоба вдвічі меншій від частоти поздовжніх коливань суттєво підвищується продуктивність інерційного конвеєра. Запропонована конструкція дозволяє транспортувати сипкий матеріал у неперервному режимі з мінімальними динамічними навантаженнями на елементи конструкції.

Ключові слова: інерційний конвеєр, коливання, частота коливань, динамічні навантаження.

Інерційні та вібраційні конвеєри відносяться до хитких конвеєрів, в яких робочий орган здійснює циклічний рух. Вібраційні конвеєри мають кращі техніко-економічні показники, але їх не бажано застосовувати для транспортування деяких вантажів (металева стружка, вологий цукор, бетонна суміш, тощо), оскільки в цьому випадку матеріал транспортується за рахунок мікропідкидань. Недоліком інерційних конвеєрів є наявність сили тертя між вантажем і жолобом в моменти часу, коли його швидкість відносно вантажу буде направлена в протилежний бік, що призводить до зменшення продуктивності цього транспортного засобу. Авторами запропонована конструкція інерційного конвеєра, в якому жолоб здійснює не тільки поздовжні, але й поперечні коливання [1]. Оскільки поперечні коливання відбуваються в режимі періодичного пуску та зупинки, то це призводить до динамічних навантажень в елементах конструкції, що негативно впливає на ефективність роботи інерційного конвеєра. Для зменшення динамічних навантажень була розроблена конструкція інерційного конвеєра, бокові стінки якого жорстко не з'єднані з дном жолоба, а встановлені з можливістю здійснювати рух в напрямку, який перпендикулярний до осі конвеєра. При цьому механізм поперечних коливань бокових стінок жолоба працює в постійному режимі з частотою коливань, яка вдвічі менша від частоти поздовжніх коливань.

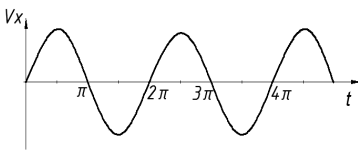


Рисунок 1 - Залежність швидкості поздовжніх коливань жолоба конвеєра від часу

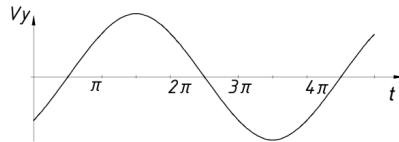


Рисунок 2 - Залежність швидкості поперечних коливань стінок жолоба конвеєра від часу

На рис. 1 наведено графік залежності швидкості поздовжніх коливань жолоба конвеєра від часу, а на рис. 2 – графік залежності швидкості поперечних коливань стінок жолоба конвеєра. При русі жолоба конвеєра вперед, вантаж, який знаходиться на жолобі, починає рухатися разом із жолобом, при цьому швидкість поперечних коливань стінок жолоба буде мінімальною. При русі жолоба в зворотному напрямку, швидкість поперечних коливань стінок жолоба буде максимальною, а, отже, і сила тертя в поздовжньому напрямку матиме мінімальне значення, що дозволяє забезпечити рух матеріалу по інерції вздовж поверхні жолоба

Диференціальне рівняння руху матеріалу по поверхні жолоба матиме вигляд [2]:

$$\ddot{x} = A\omega^2 \cos 2\omega t - fg \frac{u}{\sqrt{u^2 + v^2}}, \quad (1)$$

де \ddot{x} - прискорення руху вантажу, A – амплітуда поздовжніх коливань жолоба, ω - частота

коливань, f – коефіцієнт тертя ковзання вантажу по поверхні жолоба, g – прискорення вільного падіння, $u = \dot{x}$ - швидкість поздовжніх коливань жолоба, $v = V \cos \alpha$ – швидкість поперечних коливань стінок жолоба, B – амплітуда поперечних коливань стінок жолоба.

Оскільки рівняння (1) є нелінійним, то його можна розв'язати чисельним методом.

В таблиці 1 наведено значення середньої швидкості руху матеріалу по поверхні жолоба при різних значеннях частоти та амплітуди коливань.

Таблиця 1 – Значення середньої швидкості руху матеріалу по поверхні жолоба

№ пп	ω , рад/с	A , м	B , м	$V_{ср}$, м/с
1	50	0,0005	0,0005	0,00146
2	50	0,001	0,0005	0,003179
3	50	0,0015	0,0005	0,004904
4	100	0,0005	0,001	0,003713
5	100	0,001	0,001	0,005151
6	100	0,0015	0,001	0,005211

Використовуючи метод усереднення [3] можна отримати наближений розв'язок рівняння (1). При цьому значення середньої швидкості руху матеріалу по поверхні жолоба добре апроксимуються з результатами, отриманими чисельним інтегруванням.

В результаті проведених досліджень можна зробити висновок, що одночасне використання поперечних коливань стінок жолоба та поздовжніх коливань інерційного конвеєра суттєво підвищує його продуктивність. Розроблена конструкція дозволяє транспортувати матеріал у неперервному режимі з мінімальними динамічними навантаженнями на елементи конструкції.

Список використаної літератури

1. Рогатинський Р.М., Серілко Л.С., Серілко Д.Л., Козачук Р.І. Інерційний конвеєр / Патент на корисну модель № 111199. Бюл. №21, 2016р.
2. Рогатинський Р. М., Серілко Л. С., Сасюк З. К., Серілко Д. Л. Дослідження динаміки інерційних конвеєрів. - Вибірці в техніці та технологіях. – 2018. – №2.– С.41-48.
3. Андронов В.В., Журавлев Ф.В. Сухое трение в задачах механики. – М. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», ИКИ, 2010. – 184 с.

Серілко Леонід Степанович, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, l.s.serilko@nuwm.edu.ua

Сасюк Зоя Костянтинівна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, z.k.sasiuk@nuwm.edu.ua

Серілко Дмитро Леонідович, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, d.l.serilko@nuwm.edu.ua

Прудюк Катерина Русланівна, аспірант, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, prydyuk_m14@nuwm.edu.ua

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF TRANSVERSE OSCILLATIONS OF THE GUTTER OF THE INERTIA CONVEYOR ON ITS PRODUCTIVITY

Abstract. An inertial conveyor has been developed in which the side walls of the gutter move perpendicular to the axis of transportation. It is investigated that at the frequency of transverse oscillations of the gutter walls twice less than the frequency of longitudinal oscillations, the productivity of the inertial conveyor significantly increases. The proposed design allows to transport bulk material in a continuous mode with minimal dynamic loads on the structural elements.

Keywords: inertial conveyor, oscillations, oscillation frequency, dynamic loads.

Serilko Leonid Stepanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National University of Water Management and Nature Management, Rivne, l.s.serilko@nuwm.edu.ua

Sasiuk Zoia Kostiantynivna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, National University of Water Management and Nature Management, Rivne, z.k.sasiuk@nuwm.edu.ua

Serilko Dmytro Leonidovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National University of Water Management and Nature Management, Rivne, d.l.serilko@nuwm.edu.ua

Prydyuk Kateryna Ruslanivna, graduate student, National University of Water Management and Nature Management, Rivne, prydyuk_m14@nuwm.edu.ua

МОБІЛЬНІ ВІБРАЦІЙНІ СИСТЕМИ: СТРУКТУРИ, МОДЕЛІ, ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ

Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація

Вібротехнології за останні десятиріччя набули значного поширення у різних галузях промисловості, медицини, сфери обслуговування тощо. Одним із напрямів вібротехніки, що досягли найшвидших темпів розвитку і залишаються актуальними на даний час, є мобільні вібраційні системи або, так звані, вібророботи. Дана публікація присвячена аналізу існуючих структурних схем мобільних вібросистем та особливостям моделювання їх динаміки. Також розглядатимуться питання розрахунку, конструювання і практичного впровадження вібраційних роботів.

Ключові слова: вібротехнології, вібротехніка, вібраційний робот, моделювання, динаміка.

В даний час практично у всіх промислово розвинених країнах інтенсивно ведуться роботи зі створення мобільних роботів. Це пов'язано з необхідністю пересування і виконання технологічних та інспекційних операцій в недоступних або важкодоступних для людини місцях, а також на територіях з «агресивними» середовищами, де перебування людини є небезпечним. Одним із перспективних методів руху мобільних роботів, що активно розвиваються в останні роки, є методи, які базуються на використанні керованого вібраційного руху внутрішніх мас, встановлених в корпусі робота [1, 2, 3]. Змінюючи параметри їх руху (напрямок, швидкість, пришвидження), можна керувати силою реакції зовнішнього середовища на корпус робота, забезпечуючи його рух у бажаному напрямку.

Принципові схеми найпростіших мобільних вібраційних систем подані на рис. 1. Схеми на рис. 1 (а) являють собою одномасові коливні системи, які можуть оснащуватися різними вібробуджувачами: дебалансними, електромагнітними, пневматичними тощо. Вібробуджувач за рахунок прикладання періодично змінної сили $F(t)$ до маси m приводить її у коливний рух. За раціональних параметрів збудження досягається відривний режим віброруху, або, так зване, «стрибання». У випадку, коли стержні з'єднуються із корпусом віброробота через пружні елементи, а збуджувальне зусилля напрямляється перпендикулярно до осей стержнів, матиме місце стрибкоподібний рух робота у напрямку збуджувального зусилля. У випадку жорсткого кріплення стержнів переміщення віброробота по шорсткій поверхні можна забезпечити шляхом прикладання періодично змінного збуджувального зусилля паралельно до осей стержнів.

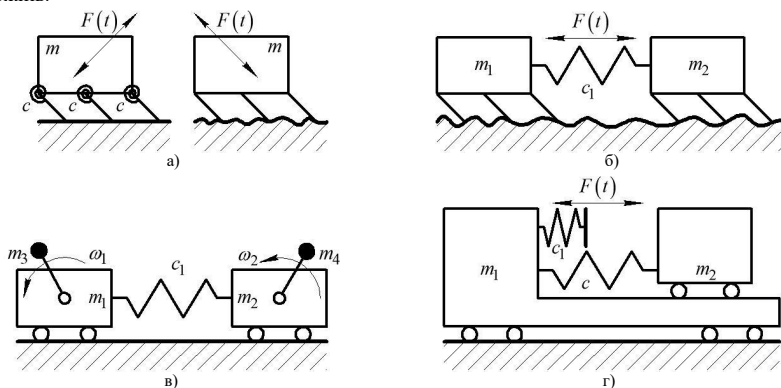


Рис. 1. Принципові схеми мобільних вібраційних транспортних модулів

Рух двомасової коливної системи (рис. 1, б) забезпечується за рахунок прикладання періодичної сили $F(t)$ до мас m_1 і m_2 , з'єднаних пружиною c_1 , при наявності несиметричного тертя між опорними стержнями коливних мас та опорною поверхнею. У даному випадку величина коефіцієнту опору руху залежить від напрямку переміщення кожної з мас.

Колівна система, зображена на рис. 1 (в), на відміну від попередньої схеми оснащується дебалансними віброзбудниками та встановлюється на опорній поверхні за допомогою роликів (або може ковзати по ній за відсутності роликів). Зважаючи на те, що ефект несиметричності тертя в даному не використовується, поступальний рух центру мас системи вдається досягнути шляхом підбору раціональних інерційно-жорсткісних параметрів системи та характеристик збудрення (частоти і зсуву фаз між дебалансними віброзбудниками першої і другої мас). У якості прикладу, на рис. 2 (а) подано часові залежності переміщень коливних мас m_1 і m_2 та центру мас мобільної вібросистеми з двома дебалансними віброзбудниками [2].

Двомасова схема віброробота з віброударним режимом функціонування подана на рис. 1 (г). Рух системи здійснюється за рахунок ударяння збудрювального тіла об пружину-обмежувач, з'єднану з опорним тілом, що має можливість ковзати вздовж опорної поверхні. У якості прикладу, на рис. 2 (б) подано часові залежності переміщень коливних мас m_1 і m_2 мобільної вібросистеми з віброударним режимом функціонування [3].

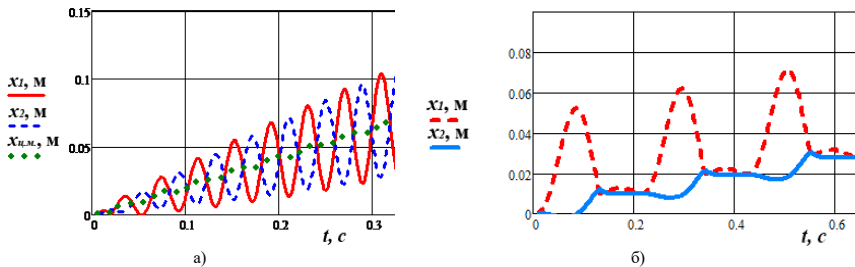


Рис. 2. Часові залежності переміщень коливних мас ($m_1 - x_1(t)$, $m_2 - x_2(t)$) та центру мас системи $x_{cm}(t)$

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. N. Bolotnik, I. Zeidiz, K. Zimmermann, and S. Yatsun, "Vibration driven robots," *56TH Int. Sci. Colloq. (IWK), Ilmenau Univ. Technol.*, September 2011, pp. 12–16.
2. V. Korendiy, "Substantiation of Parameters and Motion Modelling of Two-Mass Mobile Vibratory System with Two Unbalanced Vibration Exciters," *Avtomatizaciya virobnicih procesiv u masinobuduvanni ta priladobuduvanni*, vol. 52, pp. 16–31, 2018.
3. V. Korendiy, "Dynamics of two-mass mobile vibratory robot with electromagnetic drive and vibro-impact operation mode," *Ukr. J. Mech. Eng. Mater. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 80–93, 2018.

Корендій Віталій Михайлович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри робототехніки та інтегрованих технологій машинобудування, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, vitaliy.nulp@gmail.com

MOBILE VIBRATORY SYSTEMS: STRUCTURES, MODELS, CALCULATION PECULIARITIES

Abstract

During the past decades, the vibration technologies have become widespread in various industries, medicine, services, etc. One of the areas of vibration technology that has reached the fastest development and remains relevant today is dedicated to mobile vibratory systems or so-called vibration robots. This publication is devoted to the analysis of existing structural diagrams of mobile vibratory systems and features of modeling their dynamics. Issues of calculation, designing, and practical implementation of vibratory robots are considered.

Keywords: vibration technologies, vibratory equipment, vibration-driven robot, modelling, dynamics.

Vitaliy M. Korendiy, PhD, Associate Professor, Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies, Lviv Polytechnic National University, Lviv, vitaliy.nulp@gmail.com

НАВІСНЕ ОБЛАДНАННЯ УДАРНО-ВІБРАЦІЙНОЇ ДІЇ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МОНОЛІТНИХ БЕТОННИХ ОСНОВ

Анотація

Розроблене навісне обладнання з гідравлічним приводом ударно-вібраційної дії від базової гідрофікованої вантажопідійомної машини. Експериментальні та виробничі випробування підтвердили придатність і економічну доцільність цього устаткування до практичного застосування.

Ключові слова: навісне ударно-вібраційне обладнання, гідравлічний привод, монолітні бетонні основи, пустототворювачі, метод послідовного нарощування.

Вирішення проблем зниження трудомісткості при ущільненні жорстких бетонних сумішей можливе завдяки використанню ударно-вібраційних технологій формування конструкцій. Ударно-вібраційні технології забезпечують суттєве зниження величин питомої змушуючої сили вібратора, тривалості та трудомісткості процесу ущільнення. Вони базуються на ефекті сумісного впливу на бетонну суміш періодичних вібраційних коливань і ударних імпульсів, які забезпечують досягнення необхідної міцності і щільності бетону при значенні змушуючої сили вібробуджувача в 4-5 разів меншої, ніж за традиційної технології ущільнення з використанням дебалансних вібраторів з гармонійним силовим навантаженням об'єкту формування [1].

Запропонована ударно-вібраційна технологія дозволяє при використанні жорстких бетонних сумішей (жорсткістю 5-15 секунд) бетонувати конструкції з негайним зняттям опалубки в умовах виробництва робіт на будівельному майданчику, що знижує трудомісткість до 30%, а витрати на заробітну плату на 20-25%. Ударно-вібраційні пристрої, що виконані у вигляді навісного гідроприводного обладнання на гідрофікованих вантажопідіймальних машинах є достатньо простими при виготовленні і надійними в роботі.

Існує потреба в більш досконалих технологічних рішеннях, що забезпечують зниження вартості, зменшення трудомісткості робіт при збільшенні надійності, а також можливість застосування пристрою (машини) при зведенні інших конструкцій з використанням жорстких бетонних сумішей.

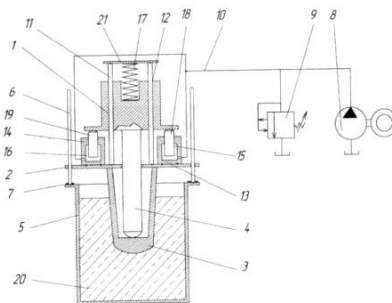


Рисунок 1 – Конструктивна схема навісного ударно-вібраційного ущільнювача

Нами запропонована конструкція ущільнювача ударно-вібраційної дії для формування жорстких бетонних сумішей (рис. 1) [2], яка містить опорну плиту з пустототворювачем, з розташованими всередині стержневим вібратором. Опорна плита закріплена за допомогою напрямних з фіксаторами. Пристрій також містить рухому інерційну масу з стержневим

віброводом у нижній частині, яка підпружинена силовою пружиною і з'єднана через внутрішню порожнину з верхньою частиною рухомої інерційної маси, відносно верхньої траверси, яка за допомогою напрямних прикріплена до нижньої частини опорної плити з пустоотворювачем. На опорній плиті встановлені силові плунжерні гідроциліндри, плунжери встановлені з можливістю контакту з опорною поверхнею рухомої інерційної маси. Внутрішні робочі порожнини силових плунжерних гідроциліндрів гідравлічно зв'язані із привідною гідросистемою, до якої підключено імпульсний клапан керування, що налаштований на періодичне відкриття-закриття зв'язку напірної гідролінії гідросистеми, і з'єднання її зі зливом. Принцип роботи устаткування полягає в ударно-вібраційному спонуканні заглиблення пустоотворювачів у жорстку бетонну суміш. В результаті цього масив бетонної суміші одночасно ущільнюється і в ньому утворюються пустоти, які потім по чергово заповнюються при подальшому нарощуванні переставної опалубки. Так формуються основи будівельної висоти взаємності від виробничих потреб.

Розроблене конструктивне виконання та впроваджено навісне обладнання з гідравлічним приводом ударно-вібраційної дії від базової гідрофікованої вантажопідійомної машини. Виконано експериментальну перевірку функціонування устаткування, яка підтвердила придатність і економічність доцільність цього устаткування до практичного застосування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Коц І.В. Активні робочі органи з гідроімпульсним приводом технологічних машин вібраційного і ударно-вібраційного действия [Текст] / І. В. Коц, С. Б. Сторожук, Н. Н. Кутняк // XII Международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании». Раздел: Качество в промышленности. София, Болгария, 2016. – 5 с.

2. Патент на корисну модель № 73079 U Україна, МПК⁶ B28B 1/093. Ущільнювач ударно-вібраційної дії для формування жорстких бетонних сумішей / Коц І. В., Бадюра Н. П., Сторожук С.Б.; заявник і власник патенту Вінницький національний технічний університет – № u201202375; заявл. 28.02.2012; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 17.

Коц Іван Васильович – канд. техн. наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, завідувач і науковий керівник науково-дослідної лабораторії гідродинаміки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ivan.kots.2014@gmail.com

Сторожук Сергій Болеславович — аспірант кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: tovgran@gmail.com

Куриленко Юрій Петрович — аспірант кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: urakurilenko1@gmail.com

HINGED SHOCK AND VIBRATION EQUIPMENT ACTIONS FOR MAKING MONOLITHICS CONCRETE BASES

Abstracts

The hinged equipment with the hydraulic drive of shock and vibration action from the basic hydrofixed hoisting machine is developed. Experimental and production tests have confirmed the suitability and economic feasibility of this equipment for practical application.

Key words: mounted shock-vibration equipment, hydraulic drive, monolithic concrete bases, void formers, sequential build-up method.

Kots Ivan V. – Ph.D., Professor of the Department of Engineering Systems in Construction, Head and Research Manager of the Research Laboratory of Hydrodynamics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ivan.kots.2014@gmail.com

Storujuk Sergiy B. Postgraduate student of the Department of engineering systems in Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: tovgran@gmail.com

Kurylenko Yuriy P. – Postgraduate student of the Department of engineering systems in Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: urakurilenko1@gmail.com

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ІН'ЄКТУВАННЯ СКРІПНИХ РОЗЧИНІВ У ГРУНТОВИЙ МАСИВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Отримані результати експериментальних досліджень гідроімпульсного нагнітання в'язучих розчинів в ґрунтовий масив при періодичній зміні тиску їх ін'єктування, що сприяє його інтенсифікації і поліпшенню якості підсилення фундаментів та підвищенню їх несучої здатності.

Ключові слова: гідроімпульсне нагнітання, ін'єктування, тиск, частота імпульсів, фундамент, ґрунтова основа, радіус розтікання розчину, скріпний розчин.

Ін'єкційний метод підсилення та закріплення ґрунтів під основами і фундаментами різноманітними в'язучими розчинами широко застосовується в багатьох країнах. На сьогодні традиційний ін'єкційний метод укріплення передбачає подачу стаціонарного потоку в'язучого розчину під визначеним постійним тиском за визначений проміжок часу, але питання накладення додатково створених періодичних силових гідравлічних імпульсів на стаціонарний потік розчину в технології будівельного виробництва ще недостатньо досліджене. Виникає необхідність та доцільність обґрунтування ефективності гідроімпульсного ін'єкційного закріплення ґрунтових масивів і основ фундаментів.

Можливість використання гідроімпульсного ін'єкційного методу із застосуванням періодичного змінного тиску нагнітання скріпного розчину у відомих літературних джерелах [1-3] висвітлена ще в недостатній мірі та відсутнє обґрунтування переваг цього методу у будівництві, а тому виникла необхідність у встановленні його доцільності та переваг для підтвердження ефективності у порівнянні із традиційним ін'єктуванням скріпного розчину.

В науково-дослідній лабораторії гідродинаміки Вінницького національного технічного університету проведено серію експериментальних досліджень нового технологічного обладнання для імпульсного нагнітання в'язучих розчинів в ґрунтовий масив [4, 5].

Експериментальний стенд включає: силовий нагнітальний агрегат, який складається з робочої камери, напірної камери, в яку стаціонарно подається під певним статичним тиском розчин скріпної рідини, яка в подальшому витискається у ґрунтовий масив із накладенням додатково створених силових гідравлічних імпульсів зміни робочого тиску нагнітання. Для створення періодичних гідравлічних імпульсів нагнітального агрегату застосовувався дистанційний блок автоматичного керування – генератор гідравлічних імпульсів тиску [4 – 5]. Експериментальні дослідження радіуса розтікання розчину в ґрунтовому масиві проводились на зразках з дрібного щебеню з розмірами частинок 3...8 мм. Як технологічний розчин для силікатизації використовувався розчин, що базується на введенні в ґрунт гелеутворюючої речовини – розчину, який складається з двох або трьох компонентів, з в'язкістю, близькою до в'язкості води (2...5 спз) та з уповільненим (заздалегідь заданим) часом гелеутворення. До складу рецептури входили компоненти: силікат натрію+кремнефтористоводнева кислота. При проведенні експериментальних досліджень варіювалися наступні показники: тиск 0,2...0,55 МПа, частота повторення гідравлічних імпульсів 1...6 Гц.

Для виконання експериментальних досліджень було підготовлено 2 ємності зі щебенем відповідного розміру. Експеримент проводився у 2 етапи: на першому етапі нагнітання технологічного розчину проводилося завдяки статичному навантаження силового плунжера нагнітального пристрою, а на другому – до статичного навантаження додавалось силове імпульсне привантаження.

При нагнітанні технологічного в'язучого розчину отримані зразки при гідроімпульсному

нагнітання виявились 1,5...2,2 рази більшими за об'ємом, ніж зразки при статичному нагнітанні розчину, а також збільшився радіус розповсюдження розчину, а як наслідок, збільшився ефективний об'єм ґрунтового масиву, що значно впливає на несучу здатність ґрунту. Ці результати підтвердили функціональні можливості і переваги силового гідроімпульсного нагнітання технологічних в'язучих розчинів у ґрунтовий масив.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Писанко В.П. Уплотнение ґрунтового основания методом высоконапорного инъектирования с нагнетанием смесей по заданным траекториям / В.П. Писанко, М.Л. Нуждин // Реконструкция исторических городов и геотехническое строительство: сборник научных трудов. – С.-Петербург, 2003. – С. 361-364.

2. Головки С.И. Теоретические и практические аспекты проблемы закрепления оснований методом высоконапорной инъекции растворов [Текст] / С.И. Головки // Новини науки Придніпров'я. Серія: Інженерні дисципліни. – 2004. – № 2. – С. 83-87.

3. Камбефор А. Инъекция ґрунтов. Принципы и методы [Текст] / А. Камбефор; [пер. с фр. Р.В. Казаковой, В.Б. Хейфица]. – М.: «Энергия», 1971. – 333 с.

4. Пат. № 63266U Україна, МПК8 E02D 3/00, E21B 43/16, E21D 20/00. Установа для нагнітання будівельних розчинів в ґрунтовий масив / Коц І. В., Бадьора Н. П.; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – № u201100502; заявл. 17.01.2011; опубл. 10.10.2011, Бюл. № 19.

5. Пат. № 92360U Україна, МПК8 E02D 5/46. Устаткування для імпульсного ін'єктування сумішей / Коц І.В., Бадьора Н. П., Колісник Н.П.; заявник і власник патента Вінницький національний технічний університет. – №u201402945; заявл. 24.03.2014; опубл. 11.08.2014, Бюл. № 15.

Коц Іван Васильович – канд. техн. наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, завідувач і науковий керівник науково-дослідної лабораторії гідродинаміки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ivan.kots.2014@gmail.com

Трубаєнко Андрій Анатолійович – аспірант кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: trubaenko@ukr.net

EXPERIMENTAL RESEARCH OF HYDROIMPULSE INJECTION OF BINDING SOLUTIONS INTO THE SOIL

Abstract

The results of experimental studies of hydropulse injection of binder solutions into the soil mass with periodic changes in the pressure of their injection, which contributes to its intensification and improvement of the quality of reinforcement of foundations and increase their bearing capacity.

Key words: hydropulse injection, injection, pressure, pulse frequency, foundation, soil base, radius of solution spreading, fixing solution.

Kots Ivan V. – Ph.D., Professor of the Department of Engineering Systems in Construction, Head and Research Manager of the Research Laboratory of Hydrodynamics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ivan.kots.2014@gmail.com

Trubaenko Andriy A. – Postgraduate student of the Department of Engineering Systems in Construction Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: trubaenko@ukr.net

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗЕРНОСУШАРКИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Обґрунтована потреба в застосуванні в технологічних процесах сушки та зберігання зернових культур сучасних відновлювальних джерел енергії: сонячних електричних енергосистем і колекторів, вітроенергетичних установок, теплових насосів та інших, а також вібраційних технологій.

Ключові слова: *сушка зернових культур; відновлювальні джерела енергії; вітроенергетичні установки; теплові насоси; сонячні колектори; вібраційні технології.*

Продовольча безпека є важливою складовою національної безпеки будь-якої країни, адже, передбачає забезпечення населення країни високоякісними продуктами харчування, гарантоване достатнє харчування в разі стихійного лиха, епідемії, війни, блокади з боку інших держав. В умовах пандемії COVID-19 вартість продуктів суттєво зросла. Отже, перед аграріями України стоить важливе завдання збереження позитивної динаміки зі збору врожаю зернових. Наразі наша країна є одним із найбільших у світі експортерів зернових культур (близько 30 млн. т), зокрема, посідає друге місце в світі з експорту ячменю, четверте з експорту кукурудзи та п'яте – пшениці [1]. Складні природні умови зумовлюють необхідність його переробки та зберігання, так як більша частина зібраного зерна надходить, як правило, з підвищеною вологістю, яка суттєво впливає на подальшу його якість. Відсутність у більшості сільськогосподарських підприємств зерносушильної техніки на 30–50 % знижує його вартість, так як до 70 % експортованого зерна вважається фуражним [2]. Крім того, для переважної більшості зерносушарок продовжує застосовуватися органічне паливо та практично не використовуються відновлювальні джерела енергії й залишкова теплота зерна після його сушки (рекуперація).

Теоретичні основи підвищення енергоефективності процесів сушки та зберігання зерна досліджували вітчизняні та закордонні вчені: В. Атаназевич, І. Безбах, О. Гінзбург, К. Іщенко, С. Корженко, І. Кретов Б. Леончиков, І. Любошіц, М. Остапчук, І. Пікус, В. Резчиков, В. Рідко, В. Сорочинський, Д. Степанов В. Уколов, А. Шевцов і інші. Сучасні технології для сушіння зерна дозволяють повністю автоматизувати цей процес у залежності від вологості та температури зерна, регулювати режими сушіння, застосовувати енергію відновлювальних джерел енергії: сонячних електричних енергосистем і колекторів, вітроенергетичних установок, теплових насосів та інших [3, 4]. Адже, вартість твердого та рідкого палива, газу та електроенергії постійно зростають, отже, витрати на сушку зернових і їх ціна без запровадження енергоощадних технологій буде теж постійно збільшуватися, що зменшить конкурентоздатність аграрних підприємств із вирощування зернових на внутрішньому та світових ринках [1].

Наразі перспективним напрямом суттєвого зменшення енерговитрат на сушіння зерна є застосування вібраційних технологій. Вібраційні методи та відповідне обладнання з їхньої реалізації знайшли широке застосування в різних галузях виробництва. Завдяки використанню вібраційних коливань спрощується та полегшується виконання багатьох технологічних процесів, автоматизується та вдосконалюється виробництво, підвищується продуктивність праці, покращується якість готової продукції, знижуються енерговитрати [5]. Крім того, створюються нові технології з оброблення матеріалів і середовищ.

Застосування вібраційних технологій у зерносушильній техніці суттєво покращує перемішування зерна та, відповідно, зменшує час його обробки в сушарці, адже, інтенсивність сушіння залежить від умов переносу тепла на поверхні та всередині та маси зерна. процесів переносу теплоти та пов'язані з цим низькі перепади температур всередині шару матеріалу. Дія вібраційного поля обумовлює також можливість одночасного транспортування продукції в

робочій зоні [6]. Аналіз наукових досліджень з розробки вібраційних зерносушарок дозволив виділити основні такі їх типи: шахтні, лоткові, барабанні та спіральні [7, 8].

Зазвичай, процес сушіння відбувається таким чином. Зерно насапється щільним шаром у верхній частині зерносушарки та під дією сили тяжіння рухається звверху донизу по вертикальній робочій камері. В середині камери перпендикулярно напрямку переміщення матеріалу розташовують віброуючі трубочаті або пластинчаті нагрівачі, що підігріваються циркулюючими в них димовими газами. В зоні охолодження зерна в нижній частині сушарки в труби подають холодну воду. Висушене зерно вивантажується з нижньої частини бункеру. Випарена під час сушіння зерна волога виводиться через жалюзійні решітки та паропроводи.

Нами запропонована схема вібраційної зерносушарки шахтного типу. Зерно по віброуючому транспортеру попадає у верхню частину нагрівальної камери, в якій розташовані віброуючі «гребінки», що розділяють зернини, які не розділилися на транспортері. Теплоносій проходить крізь зерно та виводиться через жалюзійні решітки. Така сушарка має вищу надійність та ефективність процесу сушіння зерна.

Висновки. Здійснено аналіз основних типів вібраційних зерносушарок і їх класифікацію. Вібраційні зерносушарки дозволяють скоротити витрати теплоносія в до 2 раз, а також до 60 % зменшити потужність електроприводу, що дозволяє застосовувати не дуже потужні відновлювальні джерела енергії. Розроблено схему надійної та економічної шахтної вібраційної зерносушарки, що для сушіння зерна використовує енергію відновлювальних джерел енергії: сонячних електричних енергосистем і колекторів, вітроенергетичних установок, теплових насосів та інших, а в його процесі сушіння та переміщення застосовуються сучасні вібраційні технології.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кобилянський С. О. *Підвищення енергоефективності процесу сушки зернових культур за рахунок використання відновлювальних джерел енергії*. Матеріали конференції «L Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2021)», Вінниця, 2021. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2021/paper/view/12866/10804>.
2. Бондар О. Сушільне та очисне обладнання для зерна. *Agroexpert: практичний посібник аграрія*. 2009. № 11(16). С. 102–105.
3. Кобилянський С. О. *Підвищення ефективності процесів сушіння злакових культур з використанням ресурсозберігаючих технологій*. Матеріали конференції «XLVIII Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2019)», Вінниця, 2019. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/index/pages/view/zbirn2018>.
4. Ратушняк Г. С., Джеджула В. В., Анохіна К. В. *Енергозберігаючі відновлювальні джерела теплопостачання: навчальний посібник*. Вінниця: ВНТУ, 2010. 170 с.
5. Химич Г. М., Кушевський М. О. Вібрація як джерело динамічних навантажень. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2014 (209). № 1. С. 36–40. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_tekh_2014_1_8.
6. Потураєв В. Н., Круш І. И., Червоненко А. Г. и др. Динамика существенно-нелинейных вибротранспортных систем для перемещения больших масс сыпучих грузов. *Известия вузов. Горный журнал*. 1974. № 12. С. 95–98.
7. Пазюк О. Д., Паламарчук І. П., Пазюк В. М. Вібраційні зерносушарки як спосіб інтенсифікації та підвищення економічності процесу сушіння зерна. *Вібрація в техніці та технологіях*. 2010. № 4(60). С. 115–123.
8. Ярошенко Л. В. Нові сільськогосподарські вібраційні машини з вертикальним приводним валом. *Вибрації в техніці та технологіях*. 2002. № 4(25). С. 97–105.

Кобилянський Євгеній Олександрович – аспірант кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: jen4yen@gmail.com.

INCREASING ENERGY EFFICIENCY GRAIN DRYER WORKS

Summary

The need for the use in modern technological processes of drying and storage of grain crops of modern renewable energy sources: solar electric power systems and collectors, wind turbines, heat pumps and others, as well as vibration technologies.

Key words: *drying of grain crops; renewable energy sources; wind power plants; heat pumps; solar collectors; vibration technologies.*

**О.П. Дєдов,
М.М. Ручинський,
А.Т. Свідерський,
С.В. Орищенко,
О.С. Дьяченко**

ОЦІНКА КОНСТРУКЦІЙ ТА ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ РІЗНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна

Анотація.

В роботі наведені результати дослідження вібраційних машин технологічного призначення. Розглянуто комплексний підхід до вирішення питання моделювання складних динамічних систем зі змінними характеристиками пружних елементів при реалізації робочого процесу. Досліджений рух таких систем та визначені параметри, які забезпечують енергоощадний та енергоефективний режим реалізації технологічного процесу. Встановлені закономірності дозволили сформулювати основні положення розрахунку подібного класу машин.

Ключові слова: вібраційна машина, дискретні та континуальні моделі, критерії, режими, параметри, частоти і форми коливань

Загальною та характерною особливістю вібраційних машин є дія на оброблюваний матеріал, внаслідок чого матеріал змінює свої властивості, забезпечуючи таким чином відповідний технологічний процес.

Не дивлячись на різні фізичні властивості вібромашин і оброблюваних середовищ, вони підпорядковані єдиному вібраційному процесу і загалом у математичному описі є системами складної структури. Визначення фізичних і математичних моделей таких систем зазвичай здійснюється окремо для машин вібраційної дії і оброблюваних середовищ. Металокострукції машин моделюють твердими тілами із зосередженими навантаженнями. Середовища, які обробляються, моделюють залежно від властивостей, що виявляються при вібраційній дії: пружних, пружно-пластичних, в'язко-пластичних. У роботі висувається наукова ідея, у відповідності до якої математична модель вібраційної системи «машина – середовище» має визначатися на основі врахування внутрішньої структури вказаних підсистем як єдиної, не дивлячись на різну їх фізичну природу і будову.

Дослідженню руху динамічних систем присвячено багато робіт, що являють собою аналіз і синтез механічних віброударних систем. Найбільш загальними є припущення щодо моделі системи „вібромашина – оброблювальне середовище”, яка представляється дискретною. Лише в останніх роботах висвітлені спроби урахуванням розподілу параметрів і характеристик конструкції машин на при дослідженні робочих. Так, в роботі [1] запропонований підхід моделювання динамічних систем розподіленими параметрами. Наведена методика врахування не тільки пружних, а і дисипативних властивостей оброблювального в процесі коливань середовища. В роботі [2] досліджений процес руху формуютьуючої конструкції вібраційної установки із складним характером руху. Дослідження та визначення напружень і деформацій у часі підтвердили гіпотезу про суттєвий вплив внутрішніх властивостей системи на технологічний процес. Виявлено принципово новий результат, який полягає в тому, що перехідний процес передбачено враховувати при визначенні параметрів та місць розташування вібраторів. В роботі [3] приводяться дослідження вібраційних і ударно-вібраційних машин для формування бетонних виробів. Для вібраційних систем з передачею енергії з просторовим напрямком у вертикальній та горизонтальній площинах запропоновано принципово нову конструкцію установкою. Для дослідження вібраційних установок створені 3D моделі, на яких виконаний ряд досліджень.

Встановлені та запропоновані енергоефективні режими роботи вібраційних установок на основі застосування поліфазних режимів коливань та врахування внутрішніх властивостей розрахункових моделей, дозволили сформулювати передумови для розрахунку та створення нового класу вібраційних установок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ivan Nazarenko, Viktor Gaidaichuk, Oleg Dedov, Oleksandr Diachenko. Determination of stresses and strains in the shaping structure under spatial load. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol 6, No 7 (96). P. 13–18.
2. Ivan Nazarenko, Oleg Dedov, Anatoly Svidersky, Serhii Oryshchenko. Experimental studies of forming design at dynamic load. Technology audit and production reserves. 2018. Vol 6, No 1(44). P. 8–13.
3. Ivan Nazarenko, Anatoly Svidersky, Alexandr Kostenyuk, Oleg Dedov, Nikolai Kyzminec, Volodymyr Slipetskyi. Determination of the workflow of energy-saving vibration unit with polyphase spectrum of vibrations / Eastern European Journal of Enterprise Technologies 1/7 (103) 2020, P. 43–49

Дедов Олег Павлович – докт. техн. наук., професор кафедри машин і обладнання технологічних процесів, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, e-mail: dedovvcbk@ukr.net.

Ручинський Микола Миколайович – канд. техн. наук., професор кафедри машин і обладнання технологічних процесів, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, e-mail: ruchynsky@ukr.net.

Свідерський Анатолій тофілійович – канд. техн. наук., професор кафедри машин і обладнання технологічних процесів, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, e-mail: tolyasv@ukr.net.

Орищенко Сергій Вікторович – канд. техн. наук., доцент кафедри машин і обладнання технологічних процесів, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, e-mail: osbm2010@gmail.com.

Дяченко Олександр Сергійович – канд. техн. наук., асистент кафедри машин і обладнання технологічних процесів, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, e-mail: sanyadrg@gmail.com.

ASSESSMENT OF STRUCTURES AND PARAMETERS OF VIBRATION EQUIPMENT FOR VARIOUS TECHNOLOGICAL PURPOSES

Abstract. The paper presents the results of the study of vibration machines for technological purposes. The complex approach to the decision of a question of modeling of difficult dynamic systems with variable characteristics of elastic elements at realization of working process is considered. The movement of such systems is studied and the parameters that provide energy-saving and energy-efficient mode of implementation of the technological process are determined. The established patterns allowed to form the main provisions of the calculation of this class of technological machines.

Keywords: vibration machine, discrete and continuous models, criteria, modes, parameters, frequencies and forms of oscillations.

Dedov Oleg P. – Dr. tech. Science, Professor of the Department of Machines and Equipment of Technological Processes, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, e-mail: dedovvcbk@ukr.net.

Ruchynskiy Mykola M. – PhD, Professor Department of Machinery and Equipment of Technological Processes, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, e-mail: ruchynsky@ukr.net.

Svidersky Anatoly T. – PhD, Professor Department of Machinery and Equipment of Technological Processes, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, e-mail: tolyasv@ukr.net.

Oryshchenko Serhii V. – PhD, Associate Professor Department of Machinery and Equipment of Technological Processes, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, e-mail: osbm2010@gmail.com.

Diachenko Oleksandr S. – PhD, Assistant Department of Machinery and Equipment of Technological Processes, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, e-mail: sanyadrg@gmail.com.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН ДЛЯ ФОРМУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ ВИРОБІВ

¹Київський національний університет будівництва і архітектури

²Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Анотація

Досліджено конструктивні та технологічні параметри вібраційної техніки для формування малогабаритних виробів.

Ключові слова: вібраційні машини, критерії, параметри, вироби.

Малогабаритною вібраційною технікою прийнято називати вібромашини вантажопідйомністю до 300 кг, які застосовуються для виробництва дрібноштучних виробів типу тротуарних плиток, блоків, бетонної цегли, фігурних елементів мощення. За конструктивною схемою цей клас машин відноситься, як правило до одномасових вібромайданчиків із гармонійним, зарезонансним режимом роботи[1]. Характерною конструкцією є стандартна віброплошадка СМЖ-539, що складається із нерухомої рами, яка спирається на фундамент. На нерухомій рамі на пружних металевих опорах утримується рухома рама, знизу до якої прикріплено маятниковий вібратор, потужністю 250 Вт. За паспортними даними вібромайданчик здійснює вертикально направлені коливання з частотою 50 Гц (314 рад/с) і амплітудою коливань 0,2...0,5 мм. В роботі здійснено дослідження конструктивні та технологічні параметри біля 20 типів вібраційної техніки для формування малогабаритних виробів різних виробників.

Для оцінки параметрів вибрані три ключові критерії: загальний енергетичний, масовий і енергетичний на ущільнення суміші. Загальний енергетичний визначає відношення потужності P до маси віброустановки m_m : $k_1 = \frac{P}{m_m}$. Конструктивне рішення оцінювався співвідношенням маси машини m_m до маси бетонної суміші m_6 : $k_2 = \frac{m_m}{m_6}$. Це є відношення маси вібромашини до маси суміші. За ним визначалася чи правильним є співвідношення маси машини до максимальної вантажопідйомності машини. Затрати енергії на ущільнення визначаються відношенням потужності P до маси бетонної суміші m_6 : $k_3 = \frac{P}{m_6}$.

Використовуючи дані, що отримані в результаті аналізу були здійснені розрахунки за вище наведеними критеріями було побудовано серію гістограм. У якості прикладу на рисунку наведені гістограми зміни критерія k_1 в залежності від типу вібромайданчика. Аналіз засвідчив, що числові значення критеріїв коливаються в доволі широких межах. Так, наприклад, критерій k_1 коливається в межах від 1,8 до $k_1=10$, тобто різниця складає 5,56 рази. За масовим критерієм k_2 теж мають місце різні значення від $k_2=1$ до $k_2=2$, тобто в 2 рази. Енергія на ущільнення також має різні значення – від $k_3=3,5$ до $k_3=13,0$. Такий стан конструктивних і технологічних рішень свідчить про некоректний вибір розрахункових моделей. Варто також відзначити, що невиясненим є важливий аспект роботи машини в реалізації того чи іншого типу коливань (колові чи направлені); викликає сумнів відсутності вибору типу вібратора, рішення установки опор, забезпечення віброізоляції при установці тих чи інших металевих опор Цілков очевидно той факт, що форма коливань є одним із найважливіших характеристик, яку варто знати, оскільки від неї суттєво залежить ефект ущільнення.

Таким чином існуючі конструкції вібромайданчиків не в повній мірі відповідають сучасним умовам і не забезпечують сталій режим роботи вібромайданчика. Розрахункові залежності відрізняються між собою в зв'язку із відсутністю загально прийнятої розрахункової моделі. Виконаними дослідженнями

виявлено, що перехідні режими впливають на загальні характеристики вібростеми «вібростема – оброблюване середовище». Для вирішення даної проблеми сформульовано та вирішено задача розробки методів розрахунку то вдосконалення конструкції вібромайданчика зі сталими параметрами вібрації для формування виробництва дрібноштучних виробів типу тротуарних плиток, блоків, бетонної цегли, фігурних елементів мощення на основі дослідження перехідних і сталих режимів з урахуванням взаємодії системи «привід – робочий орган – форма з бетонною сумішшю».

Обґрунтована розрахункова модель вібраційної системи, в якій робочий орган представляється дискретною моделлю, а оброблюване середовище – континуальною моделлю. Складені рівняння руху вібраційної системи яка на відміну традиційних підходів враховує вплив енергії на загальний рух в тому числі і перехідних зонах. Отримані аналітичні залежності для визначення основних параметрів вібростеми в різних режимах їх роботи. Виявлено, що процес контролю за зміною параметрів на всіх етапах руху вібростеми може бути реалізований шляхом фіксації фазочастотної характеристики та отримання фазових кутів в установлених межах. Створені наукові передумови для розробки конструктивної схеми вібромайданчика з керованим режимом ефективної роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем: Навчальний посібник (2-е видання), К.: КНУБА, 2007. – 252с.

Назаренко Іван Іванович, д.т.н., професор, завідувач кафедри машин і обладнання технологічних процесів Київського національного університету будівництва і архітектури, м.Київ, ii_nazar@ukr.net.

Нестеренко Микола Миколайович, к.т.н., доцент кафедри будівельних машин і обладнання Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», nesterenkonikola@gmail.com.

PARAMETERS OF VIBRATION MACHINES FOR FORMATION OF SMALL PRODUCTS

Abstract

The constructive and technological parameters of vibration equipment for the formation of small products have been studied.

Key words: vibrating machines, criteria, parameters, products

Nazarenko Ivan I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Machines and Equipment of Technological Processes, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, ii_nazar@ukr.net.

Nesterenko Mykola M., Ph.D., Associate Professor of Construction Machinery and Equipment of the National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», nesterenkonikola@gmail.com.

ЕНЕРГЕТИКА ДВОМАСОВИХ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН

¹Київський національний університет будівництва і архітектури

²Одеська державна академія будівництва і архітектури

Анотація

Досліджено режими, параметри та енергетику двомасових вібраційних машин з класичним гармонійним рухом мас та з нелінійним рухом мас.

Ключові слова: двомасові вібраційні машини, енергетика, режими, параметри.

Прагнення використати ефективний резонансний режим спонукало інженерів і вчених до створення двомасових вібраційних машин [1] оскільки одномасова резонансна машина не задовольняє умовам віброізоляції її від фундаменту. В роботі розглянуто дві схеми [2], класична з гармонійним рухом мас (рис.1,а) та приведена з нелінійним рухом мас (рис. 1, б).

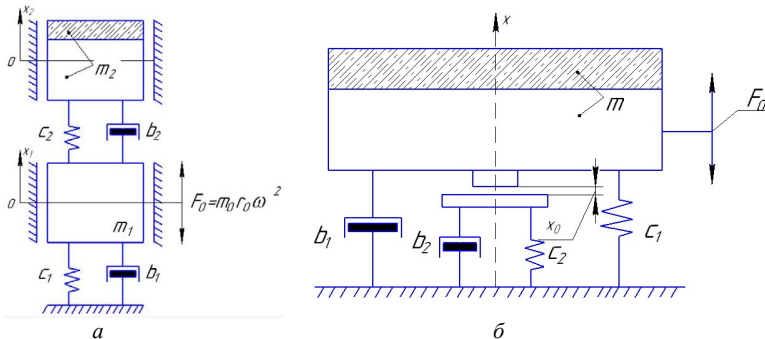


Рис.1 – Розрахункові схеми вібраційних машин

Енергетика таких систем розглядалася на аналізі руху подібних динамічних систем [1]. Виявлені наступні режими роботи двомасових вібросистем (рис. 1, а).

1. Рух мас m_1 , і m_2 відсутній для відцентрових вібраторів, коли змушуюча сила дорівнює нулю

2. За умови, що жорсткість c_2 дорівнює інерційному члену другої маси $m_2\omega^2$, маса m_1 , не коливатиметься, т, тобто вся енергія за такого режиму цілковито переходить на масу m_2 . Режим може бути використаний для передачі енергії від робочого органу (маса m_1), до маси форми з бетонною сумішшю (маса m_2).

3. Співвідношення амплітуд коливань двох мас повністю визначається різницею жорсткості c_2 і інерційного члена другої маси $m_2\omega^2$, що поділена на жорсткість c_2 . Амплітуди коливань x_{01} і x_{02} мас m_1 та m_2 матимуть максимальне значення (резонанс) при умові рівності між собою пружно – інерційних параметрів верхньої та нижньої мас. Як слідує із аналізу, синхронність коливань мас забезпечуються у випадку рівності частот коливань ω_{01} і ω_{02} , а

синфазність – при рівності кутів фазових кутів руху мас m_1 та m_2 .

Досліджені режими з нелінійним рухом мас (рис.1,б) засвідчили, що при заданих частоті ударів і масі робочого органу ефективність ударно-вібраційної машини визначається ударною швидкістю. При цьому в розрахункових схемах використано дискретне представлення конструкцій робочого органу машин, бетонна суміш континуальною. В рівняннях руху розподілені параметри бетонної суміші представлені теж дискретному виді за методикою роботи [1]. Такий підхід спростив вихідну розрахункову схему при збереженні впливу хвильових явищ, що мають місце в бетонній суміші. Оскільки машина є резонансною, максимальна (резонансна) ударна швидкість досягається лише при конкретних значеннях визначальних параметрів. При будь-яких змінах параметрів системи максимум безрозмірної швидкості досягається при фазовому куті $\varphi_{\max} = 270^\circ$. Значення фазового кута φ_{\max} зменшується зі збільшенням часу з обмежувачем τ_y , тобто часу, який у свою чергу росте зі зменшенням C_2 . Досліджено енергію, що розсіюється в середовищі A_c , енергію на коливання машини A_m і на тертя у вузлах машини A_{mp} .

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

1. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем: Навчальний посібник (2-е видання), К.: КНУБА, 2007. – 252с.
2. Ivan Nazarenko, Volodimir Slipetskeyy. Study of Dynamics and Operating Parameters Two- Masses Resonant Vibration Machines for Sealing Mortars/ Teka Lublin-Rzeszow 2019 Vol19 №1 page 101-106.

Назаренко Іван Іванович, д.т.н., професор, завідувач кафедри машин і обладнання технологічних процесів Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Київ, ii_nazar@ukr.net.

Запrivода Андрій Віталійович, к.т.н., доцент кафедри архітектурних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Київ, andzap87@gmail.com

Бондаренко Андрій Єгорович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри машинобудування Одеської державної академії будівництва і архітектури, м. Одеса, bondarenkoae@ogasa.org.ua

Сліпєцький Володимир Володимирович, аспірант кафедри машин і обладнання технологічних процесів Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Київ, slipetskiyv@gmail.com

ENERGY OF TWOMASS VIBRATION MACHINES

Abstract

The modes, parameters and energy of two-mass vibrating machines with classical harmonic mass motion and with nonlinear mass motion are studied.

Keywords: two-mass vibrating machines, energy, modes, parameters.

Nazarenko Ivan I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Machines and Equipment of Technological Processes, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, ii_nazar@ukr.net.

Zaprivoda Andriy V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Architectural Structures, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, andzap87@gmail.com

Bondarenko Andrey E., Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Mechanical Engineering of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, bondarenkoae@ogasa.org.ua

Slipetsky Volodymyr V., post-graduate student of the Department of Machines and Equipment of Technological Processes of Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, slipetskiyv@gmail.com

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИМОГ ДО СИРОВИНИ ТА ІСНУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БРИКЕТІВ ТА ПЕЛЕТ З ПОДРІБНЕНИХ ДЕРЕВИННИХ ВІДХОДІВ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проаналізовано існуючі технології виробництва брикетів та пелет з деревних відходів і особливості конструкції устаткування, використовуваного для їх виробництва. Вказані основні технологічні показники сировини і режими пресування, що впливають на якість виготовлення і тепловою здатність одержуваної продукції.

Ключові слова: Пелети, аналіз, брикети, енергія, обладнання, подрібнення, сировина, вимоги, технологія.

В умовах постійного зростання цін на енергоносії гостро постало питання запровадження технології енергозбереження, чи використання альтернативних екологічно чистих джерел енергії.

Деревообробна промисловість накопичує велику кількість відходів у вигляді тріски, тирси, стружки тощо, які у більшості випадків не використовуються, і негативно впливають на екологію навколишнього середовища – забруднені водоймища, ліси, лісопарки тощо. Крім того, щорічне прорідження та обрізка лісових, паркових, придорожніх насаджень спонукає до пошуку розв’язання проблеми утилізації утворених відходів. Саме тому бережне відношення до природних ресурсів, екології навколишнього середовища та перехід на безвідходне виробництво є однією з головних інженерних задач.

Одним з перспективних напрямків раціонального використання цієї сировини є виробництво з неї гранул чи брикетів та їх подальше використання для отримання теплової енергії. Для цього використовують різне за устаткуванням обладнання: мобільне – у вигляді додаткових змінних пристроїв базової машини (наприклад трактора); стаціонарне – у вигляді технологічної лінії деревообробного виробництва.

Після щорічного прорідження або обрізки лісових, паркових, придорожніх насаджень, на першому етапі переробки потрібно провести їх первинне подрібнення до фракції 10...20 мм безпосередньо на місця зачистки. Це полегшить їх транспортування до місця подальшої переробки [1, 2]. Це зменшить витрати на транспортування, оскільки об’єм попередньо подрібненої сировини займатиме значно менше місця у порівнянні зі звичайним навантаженням гілля на транспортні засоби. Для цього потрібно передбачити мобільні пересувні машини, які оснащені навісним обладнанням для подрібнення деревини. Ці машини прості за своєю конструкцією, менш вибагливі під час експлуатації і потребують невеликих затрат за їх доглядом. Крім того, є можливість їх кріплення до будь-якого якої базової машини, яка має вал відбору потужності, що дозволяє без використання додаткового обладнання експлуатувати їх в межах міста, паркових та придорожніх зонах [3]. Виготовленням навісних мобільних подрібнювачів займаються закордонні та вітчизняні виробники, конструктивні та технологічні особливості яких майже однакові і різняться лише назвами їх маркувань. До найбільш поширених належать Wallenstein BX102 (Швеція), Cippo 25 Caravaggi, (Італія), RM 800.5 Хеммель-Україна (Україна), Coromat 160 Rabaud (Франція), NJ-260G Junkkari (Фінляндія), TW 125 (Україна), МК-120 TP (Україна) та інші [4].

Попередньо подрібнена сировина (щепи), крім крупної фракції, має ще й різну вологість, яка становить від 20 до 70 %. Це не дозволяє проводити безпосереднє брикетування та отримання пелет. Тому наступним етапом є висушування щепи до вологості 6...8 %, для чого застосовуються барабанні чи стрічкові сушарки. Сушарки стрічкового типу дорожчі, але безпечніші. За типом сушильного реагенту вони поділяються на сушарки, що працюють на топкових газах, гарячому

повітрі і водяній парі, а за типом виду палива – на газові чи на деревинних відходах. Ефективність їх використання потрібно оцінювати відповідними економічними розрахунками.

Третім етапом є остаточне подрібнення щепи до розмірів фракції 2 ... 5 мм. Зазначена величина подрібненої щепи як і її вологість в межах 6 ... 8 % забезпечує якісне брикетування. Невідповідність цим вимогам ускладнить процес брикетування та знизить якість горіння, а також зовнішній вигляд брикетів, що вплине на їх реалізацію [5]. Зокрема, за вологості сировини більше 10 ... 15 % під час пресування брикети будуть «розірвані» внутрішнім тиском, який створюється рідиною, що виникає при стисненні подрібненої маси. Для вторинного подрібнення переважно застосовуються молоткові подрібнювачі типу RM 800.7, які відзначаються простою експлуатації та конструкції.

Четвертим етапом виготовлення брикетів та пелет є їх пресування, який полягає в ущільненні матеріалу під високим тиском. При цьому від сили тертя виділяється температура, за рахунок якої в деревині відбувається виділення лігніну, що є сполучною речовиною для формування брикету. Чим вище зусилля пресування і вище температура сировини, тим краще гранули за якістю. Але слід зазначити, що за збільшення температури пресування понад 120°C відбуваються незворотні процеси, які призводять до погіршення якості продукції. Тому найбільш ефективною в зоні пресування сировини є температура в межах 100 °C [6]. Для виробництва брикетів застосовують поршневі і шнекові преси, а для виготовлення пелет – прес з круглою чи плоскою матрицею [7]. Пресове обладнання для брикетування має широкий спектр фірм виробників, а саме: CFNielsen (Данія), UPM (Литва), Vogna (Швеція), Pawert-SPM AG (Швейцарія), DI-PIU (Італія) тощо.

Аналіз технологічного циклу та обладнання для переробки деревинних матеріалів показав, що розробникам такої продукції слід зосередитись на проектуванні обладнання з високою питомою потужністю, що зменшить габарити, металомісткість та підвищить питомий тиск під час виготовлення брикетів [8]. Тому для проектування ефективного обладнання щодо переробки та виготовлення брикетів і пелет стандартів RUF, NESTRO, Pini Kay доцільним є використання в них гідроприводу, який забезпечить зазначені технологічні вимоги та конструктивні параметри.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лотош В. Е. Переработка отходов природопользования. – Екатеринбург: Полиграфист, 2007. – 503 с.
 2. Гомонай М. В. Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы: монография. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 68 с
 3. http://pidruchniki.com/73012/ekologiya/tehnologiy_virobnitstva_tverdogo_paliva_biomasi
 4. http://hemmel.com.ua/ru/production/rm_71
 5. Daniela S. Effective specific heat of wood briquettes / S. Daniela / PRO LIGNO. – 2017. – Vol. 13 № 4 2017 pp. 133-141
 6. Indra K., Julius J., Sumarno Effect Of Tapioca Adhesives On Combustion Characteristics Briquettes Of Durian Waste And Wood Powder / international journal of scientific & technology research volume 8, issue 04, april 2019 ISSN 2277-8616
 7. <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/2344/>
 8. Поліщук Л.К., Миськов В.П. Аналіз технологічних процесів та обладнання для переробки деревинних матеріалів / Л.К. Поліщук, В.П. Миськов // Вісник машинобудування та транспорту. – 2017. – №1(5). – С. 83–89
- Поліщук Леонід Клавдійович** — доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: leo.polishchuk@gmail.com;
- Гулевич Русалан Михайлович** — аспірант, факультет Галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: goruslan98@gmail.com;

ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL REQUIREMENTS FOR RAW MATERIALS AND EXISTING EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF BRIQUETTES AND PELLETS FROM CRUSHED WOOD WASTE

Abstract

The existing technologies of production of briquettes and pellets from wood waste and features of constructions of the equipment used for their production are analyzed. The basic technological indicators of raw materials and modes of pressing influencing quality of manufacturing and calorific value of the received production are specified.

Key words: Pellets, analysis, briquettes, energy, equipment, grinding, raw materials, requirements, technology.

Polishchuk Leonid Klavdievich - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Industrial Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, e-mail: leo.polishchuk@gmail.com;

Hulevich Rusalan Mikhailovich - postgraduate student, Faculty of Industrial Engineering, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, e-mail: goruslan98@gmail.com;

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ПРАВКИ ТОВСТИХ ЛИСТІВ З ВИСОКОМІЦНИХ МАРОК СТАЛІ

¹ Донбаська державна машинобудівна академія (м. Краматорськ, Україна)

Анотація. Одним з основних завдань визначення технологічних параметрів листопрямильної машини (ЛПМ) є визначення максимального перекриття роликів. У відомих роботах по дослідженню виправлення листового металопрокату перекриття роликів задаються на основі опитних даних, що може бути застосовано для правки листів з матеріалу з границею текучості до 800 МПа, а для матеріалів з більшою високою границею текучості вимагає додаткових досліджень. Метою даної роботи є встановлення критеріїв, що впливають на максимально допустиме перекриття робочих роликів ЛПМ і встановлення залежностей для найбільш раціонального налаштування робочих роликів. В рамках роботи було розроблено алгоритм математичної моделі, що дозволяє визначити необхідні для виправлення поздовжньої кривизни технологічні налаштування ЛПМ в залежності від відомих параметрів оброблюваного металу, геометричних параметрів ЛПМ, а також допустимого значення залишкової кривизни листа після правки. На прикладі реалізації розробленої скінченно-елементної моделі процесу правки листів ЛПМ 2850 конструкції НКМЗ було встановлено, що домінуючим впливом при правці листів товщиною менше 6 мм є умова захоплення, а при великих товщинах - умова міцності роликів. При зниженні границі текучості матеріалу або ширини листів це співвідношення буде перерозподілено в сторону умови захоплення.

Ключові слова: листопрямильна машина, правка листів, скінченно-елементна модель, робочі ролики, технологічні налаштування, умова захоплення, умова міцності, якість правки

Виправлення листів є одним з важливих етапів отримання якісної металопродукції. Підвищення вимог до геометричних характеристик листопрямильної продукції визначає розвиток листопрямильних машин з точки зору підвищення ефективності процесу і розширення їх можливостей для реалізації правки листів з високоміцних марок сталей.

При моделюванні правки істотну роль відіграють прийняті граничні умови, до яких відносяться умови тертя, особливості знакозмінної пружно-пластичної деформації і граничні значення обтиснень. В якості методів моделювання правки використовуються чисельні [1] і скінченно-елементні моделі [2] або їх комбінації [3].

Метою даної роботи є визначення технологічних можливостей листопрямильної машини (ЛПМ) шляхом знаходження максимально можливого перекриття робочих роликів в залежності від оброблюваного сортаменту.

При вирішенні поставлених завдань в якості цільової функції була використана чисельна математична модель процесу правки [3], а також її програмна реалізація, яка дозволяє визначити енергословні параметри і кривизну листа після правки в залежності від індивідуального налаштування роликів ЛПМ. Також в роботі була використана скінченно-елементна модель правки листів для визначення силових параметрів процесу і виконання умов захоплення.

В рамках роботи було розроблено алгоритм математичної моделі, що дозволяє визначити необхідні для виправлення поздовжньої кривизни технологічні налаштування ЛПМ, який зводиться до визначення координат кожного з рухомих роликів в залежності від відомих параметрів оброблюваного металу, геометричних параметрів ЛПМ, а також допустимого значення залишкової кривизни листа після правки.

Основними факторами, що впливають на максимальне перекриття роликів є: визначення найбільш раціонального закону для індивідуального налаштування роликів за умовою забезпечення мінімальної результуючої кривизни листів не вище необхідної стандартами на якість листа; визначення мінімального перекриття роликів для забезпечення необхідного проникнення пластичної деформації по товщині листа; забезпечення умов захоплення листа

робочими роликками ЛПМ; забезпечення силових параметрів процесу нижче допустимих відповідно до технічної характеристики ЛПМ.

Розроблена методика передбачає успішну правку листа заданого типорозміру якщо виконується умова забезпечення необхідної якості при дотриманні умов захоплення, умов міцності роликів і необхідного рівня проникнення пластичної деформації по товщині листа.

В результаті реалізації запропонованої методики були отримані розрахункові залежності На ЛПМ 2850 конструкції НКМЗ, що показують граничні можливості ЛПМ при максимально можливих для даної товщини межах плинності і ширині. З аналізу отриманих залежностей можна зробити висновок про вплив на граничне перекриття роликів умов захоплення при товщині менше 6 мм і умови міцності при великій товщині прокату. При межах плинності менших максимально допустимих або ширині листа менше максимальної (в даному випадку - 2600 мм) залежність за умовою міцності матиме інший вигляд і при певних умовах обмежуючим фактором може бути умова захоплення. Дані залежності можуть бути використані в якості граничних умов при визначенні технологічних параметрів ЛПМ, а також при проектуванні ЛПМ нових конструкцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 J.-B. Lee and S.-S. Kang, "Numerical Modeling of Roller Leveler for Thick Plate Leveling," *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, vol. 19, no. 3, pp. 425–430, 2018. <https://doi.org/10.1007/s12541-018-0051-x>
- 2 N. Mathieu, R. Dimitriou, A. Parrico, M. Potier-Ferry and H. Zahrouni, "Flatness defects after bridle rolls: a numerical analysis of levelling," *International Journal of Material Forming*, vol. 6, no. 2, pp. 255–266, 2011. <https://doi.org/10.1007/s12289-011-1083-2>
- 3 A. V. Barabash, E. Yu. Gavril'chenko, E. P. Gribkov and O. E. Markov, "Straightening of Sheet with Correction of Waviness," *Steel in Translation*, vol. 44, no. 12, pp. 916–920, 2014. <https://doi.org/10.3103/S096709121412002X>

Грибов Едуард Петрович, д-р техн. наук, доцент, завідувач кафедри «Автоматизовані металургійні машини та обладнання», Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, gribkov.eduard@gmail.com

Коваленко Андрій Костянтинівич, асистент кафедри «Комп'ютерні інформаційні технології», Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, and2group@gmail.com

Гурковська Світлана Сергіївна, канд. техн. наук, доцент кафедри «Комп'ютерні інформаційні технології», Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, n-s18@ukr.net

Technological modes research of the high-strength steel thick sheet straightening

Abstract. *One of the main tasks to determine the technological settings of the sheet levelling machine is to identify the maximum roll overlap. In the well-known works on the study of sheet metal-roll leveling, the overlaps are set on the basis of experimental data, that is applicable for the leveling sheets from material with the 800 MPa yield strength. But for materials with a higher yield strength additional research is required. The purpose of this work is to establish criteria affecting the maximum allowable overlap for the working rolls by the leveler and to determine the dependencies for the most rational working rolls adjustment. Within the framework of studies, an algorithm of a mathematical model was developed that allows to determine the leveler technological settings necessary for correcting the longitudinal curvature and comes down to determining the aligning coordinates for each of the movable rolls depending on the known characteristics of the metal being processed, the leveler geometric parameters, and the permissible value of the sheet residual curvature after leveling. Using the example of implementing the developed finite element model of the sheet leveling process at the leveler 2850 of NKMZ (Ukraine), it was found that the pickup condition has a dominant influence when leveling sheets with a thickness of less than 6 mm, and with larger thicknesses the condition of the rolls strength is prevailing. With a decrease in the yield strength of the material or the width of the sheets, this ratio will be redistributed towards the pickup condition.*

Keywords: Sheet Straightening Machine, Sheet Leveling, Finite Element Model, Working Rolls, Technological Settings, Capture Condition, Strength Condition, Leveling Quality

Gribkov Eduard, DSc, Assoc. Prof., Head of the Department "Automated Metallurgical Machines and Equipment", Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, gribkov.eduard@gmail.com

Kovalenko Andrii, Assistant of the Department "Computer Information Technologies", Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, and2group@gmail.com

Hurkovskaya Svetlana, PhD, Assoc. Prof., Assoc. Prof. of the Department "Computer Information Technologies", Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, n-s18@ukr.net

МОДЕЛЮВАННЯ ІНСОЛЯЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЕЛІОСИСТЕМИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі на основі розробленої математичної моделі визначено проєктні характеристики альтернативних систем енергоспоживання на базі використання геліоустановки в системі гарячого водопостачання виробничих процесів і побутових потреб.

Ключові слова: сонячний колектор, геліосистема, інсоляційні параметри, сонячна радіація, поглинальна здатність.

Сонячний колектор – це пристрій для збору теплової енергії Сонця (геліоустановка), яку переноситься видимим світлом і ближнім інфрачервоним випромінюванням. На відміну від сонячних батарей, які виробляють електрику, сонячний колектор нагріває матеріал-теплоносія (вода, повітря, олива або антифриз). Теплоносій за допомогою подачі насосної станції циркулює через змійовик накопичувального резервуара і віддає тепло воді, яку можна використовувати для будь-яких комунальних потреб споживачів.

Розрахунок інтенсивності сонячної радіації проводиться за формулою Дафі, Бекмена:

$$S = (H_b R_b + H_d) \cdot (\tau \alpha), \quad (1)$$

де H_b , H_d – коефіцієнти прямої і розсіяної складових сонячної радіації на горизонтальній поверхні, (Вт·ч)/м².

Наведена поглинальна здатність скла для сонячної радіації:

$$(\tau \alpha) = \frac{\tau \alpha}{1 - (1 - \alpha) \rho_d}, \quad (2)$$

де $\rho_d=0,16; 0,24; 0,29; 0,32$ – коефіцієнт дифузної відбивної здатності сонячної радіації для системи покриттів з одного, двох, трьох і чотирьох шарів скла, відповідно; $\alpha=0,94 \div 0,95$ – коефіцієнт спрямованої поглинальної здатності абсорбційного шару матеріалу.

Коефіцієнт пропускну здатності скла для сонячної радіації:

$$\tau = \tau_r \cdot \tau_a; \quad (3)$$

де $\tau_r = \frac{1 - \rho}{1 + \rho}$ – коефіцієнт пропускну здатності сонячної радіації без урахування поглинання для одного шару абсорбційного матеріалу;

Таким чином, інтенсивність сонячної радіації, яка визначається формулою (1) з урахуванням залежностей (2) – (3) являє собою функцію часу року n , часу доби t і кута нахилу b сонячного колектора:

$$S = S(n, \tau, \beta). \quad (5)$$

При розрахунку оптимального значення кута нахилу β розглядається усереднене значення [1...3] за часом інтенсивності сонячної радіації за період використання системи гарячого водопостачання (протягом року квітень - жовтень і протягом доби з 6 години ранку до 19 години вечора).

$$S_{cp}(\beta) = \frac{1}{7 \cdot 14} \sum_{i=1}^7 \sum_{k=1}^{14} S(i, k, \beta), \quad (6)$$

де $i=7$ – кількість місяців року (квітень – жовтень); $k=14$ – кількість годин доби (від 6 до 19 годин).

Для умов міста Одеси ($\varphi=46,5$ градусів північної широти) коефіцієнти прямої $H_b=7100$ Вт·год/м² і розсіяної $H_d=1200$ Вт·год/м² складових сонячної радіації на горизонтальній поверхні визначалися по метеорологічним даним. Результати розрахунків середніх значень сонячної інсоляції (6) в залежності від кута нахилу колектора $\beta=0^{\circ}\dots50^{\circ}$ представлені на рис. 1.

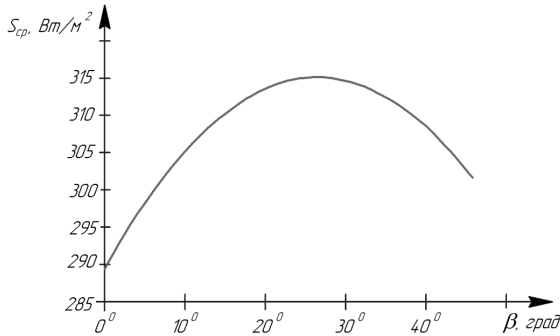


Рис. 1 – Діаграма залежності середньої інтенсивності сонячної радіації від кута нахилу приймальної пластини сонячного колектора

найбільше значення.

Для даного кута нахилу $\beta^* = 27,5^{\circ}$ інтенсивність сонячної радіації для площини приймальної пластини колектора за весь період експлуатації системи гарячого водопостачання (квітень – жовтень з 6 ранку до 19 години вечора) має найбільше значення.

Діаграму $S_{cp} = S(\beta)$ на рис. 1 можна інтерполювати [4] за допомогою функції виду:

$$S = \exp((a + cx + ex^2)/(1 + bx + dx^2 + fx^3)) \quad (7)$$

де $a=5,667$; $b=0,0018$; $c=0,01732$; $d=-0,0001$; $e=-0,0010$; $f=-1,31 \cdot 10^{-7}$ – коефіцієнти інтерполяції, які визначаються одним із відомих методів і засобів комп'ютерного моделювання [5].

З цієї залежності знаходиться оптимальне значення кута нахилу сонячного колектора $\beta^* = 27,5$, при якому середня сонячна інсоляція має

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Іскович–Лотоцький Р. Д. Моделювання робочих процесів гідроімпульсного привода з однокаскадним клапаном пульсатором / Р. Д. Іскович–Лотоцький, Я. В. Іванчук, Я. П. Веселовський // Вибірці в техніці та технологіях. – Вінниця, 2017. – № 3(86). – С. 10–19.
2. Іскович–Лотоцький Р. Д. Застосування гібридного моделювання при розробці установок для утилізації відходів. / Р. Д. Іскович–Лотоцький, Я. В. Іванчук, Д. В. Тесовський, Я. П. Веселовський // Технологічні комплекси. Науковий журнал – Луцьк, 2012. – № 1,2 (5, 6). – С. 122 – 126.
3. Іскович–Лотоцький Р. Д. Підвищення ефективності розвантаження матеріалів під дією періодичних ударних імпульсів / Р. Д. Іскович–Лотоцький, Я. В. Іванчук // Вибірці в техніці і технологіях. – 2008. – №2(51). – С. 8 – 11.
4. Іскович–Лотоцький Р.Д. Дослідження динаміки процесу роботи універсального гідравлічного віброудраного приводу для розвантаження транспортних засобів / Р. Д. Іскович–Лотоцький, Я. В. Іванчук // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямом «Інженерна механіка»)– Луцьк, 2007. – № 20. – С. 184 – 187.

Іскович-Лотоцький Ростислав Дмитрович – докт. техн. наук, професор кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: islord@gmail.com.

Іванчук Ярослав Володимирович – докт. техн. наук, професор кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ivanchuck@ukr.net.

Манзілівський Олександр Дмитрович – канд. техн. наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: manzhilevskyy@gmail.com.

SIMULATION OF HELIOSYSTEM INSOLATION PARAMETERS

Abstract

The original constructive scheme of the pneumatic shock device, which is used in the mining industry, construction, etc., is developed. The mathematical model of the drive for this device is also developed and done its research.

Keywords: solar collector, solar system, insolation parameters, solar radiation, absorption capacity

Rostislav Iskovich-Lototsky D. – Dr. Techn. Sc., Prof., Professor of Industrial Engineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: islord@gmail.com.

Ivanchuck Yaroslav V. – Dr. Techn. Sc., Prof., Professor of Computer Science Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ivanchuck@ukr.net.

Manzhilevskyy Alexander D. – Cand. Techn. Sc., the Associate of Industrial Engineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: manzhilevskyy@gmail.com.

ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАТРОННИХ МОДУЛІВ ДЛЯ ПОЛІРУВАННЯ СКЛАДНОПРОФІЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ

Херсонський національний технічний університет;

Анотація

Запропоновано комплекс програм для програмно-математичного аналізу і спрямованого синтезу маніпуляторів на основі мехатронного модуля біглайд, що можуть бути використані для полірувальних операцій у машинобудівній і автомобільній галузях.

Ключові слова: паралельна кінематика, полірування, проектування.

Вступ

Велике значення в долі промислових дій займають оздоблювальні (фінішні) операції, такі як поверхневе зміцнення, нанесення покриттів, зварювання, фарбування, полірування, для яких варто використовувати «легкі» маніпулятори з багатьма ступенями вільності. Однак при збільшенні функціональності маніпулятора та кількості керованих «осей» зростає кількість виконавчих ланок, що потребує забезпечення жорсткості за рахунок збільшення поперечних перетинів та маси ланок.

Метою роботи є створення програмно-математичного середовища проектування з заданими кінематичними, енерго-силовими і технологічними функціями маніпуляторів на основі просторового розташування приводів для оздоблювальних операцій у машинобудуванні.

Результати дослідження

Для комп'ютерного розв'язку задач кінематики та моделювання роботи просторових маніпуляторів пропонується створення ієрархічно зв'язаної моделі в середовищі 3D Studio max з використанням математичного зв'язку усіх ланок і їх складових, який програмується на мові Maxscript. Дослідження виконано на ієрархічно зв'язаній CAD моделі що включає такі елементи як NaprPoint01A, NaprPoint02A, NaprPoint01B, NaprPoint02B, OporaA, Opora B, RuhomaPlatforma, SharnirA, SharnirB, ShtangaA, ShtangaB (рис. 1, а).

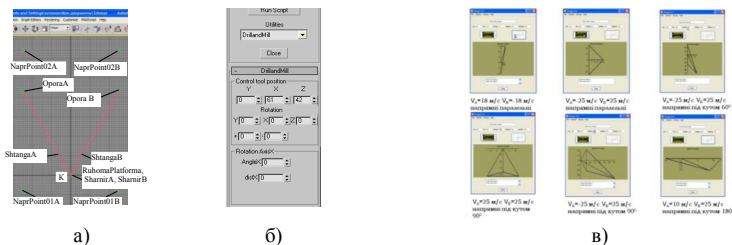


Рис. 1. CAD модель маніпулятора у 3D Studio max, інтерфейс плагіну DrillandMill (б), результати моделювання швидкостей у програмі Tangle (в)

В результаті моделювання процесу відтворення маніпулятором біглайд виконано кінематичне порівняння різних компоновань за законами керування приводних ланок. Запропоновано комплекс програм для програмно-математичного аналізу і спрямованого

синтезу маніпуляторів на основі мехатронного модуля біглайд. Автоматизованого проектування і програмування здійснюється авторськими програмами Toolsglide, Tangle, ToolsResponse, ToolsApps і плагіном DrillandMill. На основі векторного аналізу, створено програмне забезпечення Tangle [3, 4].

Комплекс програм Toolsglide і TAngle представляє собою модулі САЕ системи з усього автоматизованого комплексу проектування, програмування маніпуляторів з МПС. Для передачі законів переміщення інструментів виконавчого органу, ланок і приводів маніпулятора до системи керування запропоновано використовувати розроблені авторами плагіни DrillandMill у 3DsMax як САМ програми.

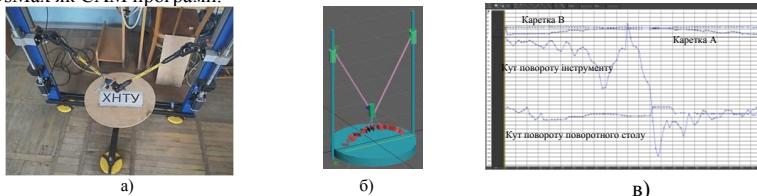


Рис. 2. Виготовлений дослідний зразок маніпулятора для полірувальних операцій (а), вікно моделювання DrillandMill (б), закони переміщення ланок маніпулятора (в)

САМ модуль створює ієрархічну 3D – модель маніпулятора біглайд і програмно-керована кодом MaxScript з можливістю визначення закономірностей керування приводами по вхідній траєкторії робочого органу і передачі їх безпосередньо через програму Math3 на розподільчу плату та крокові двигуни маніпулятора.

Висновки

Визначено компоновку маніпулятора біглайд з поворотним столом, яка має меншу реверсивність і перепад швидкостей для відтворення плоского тексту у порівнянні з хрестовим столом. Застосування поворотного столу дозволяє уникнути зіткнень між штангами і заготовкою при обробці опуклих траєкторій з декількома геометричними екстремумами за рахунок обертання дільниці у зеркальному вигляді до інструменту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Merlet J. P. Parallel robots / J. P. Merlet – Kluwer Academic Publishers, 2000. – 372 p.
2. Кузнецов Ю.М. Компонки верстатів з механізмами паралельної структури: Монографія / Ю.М. Кузнецов, Д.О. Дмитрієв, Г.Ю. Діневич; під ред. Ю.М. Кузнецова. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. - 456 с.
3. Свідчення про реєстрацію авторського права на твір «Комп'ютерна програма Toolsglide» №66227, від 21.06.2016 р. Автори: Русанов С.А., Дмитрієв Д.О., Кеба П.В., Кузнецов Ю.М.
4. Комп'ютерна програма «Tangle» Свідчення про реєстрацію авторського права на твір №76042 від 19.01.2018. співавтори: Русанов С.А., Дмитрієв Д.О., Омельчук А.А.

Лещук Євгеній Володимирович — студент групи 41М, факультет інженерії та транспорту, Херсонський національний технічний університет

Дмитрієв Дмитро Олексійович — докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри кафедри автоматизації, робототехніки і мехатроніки, Херсонський національний технічний університет, Херсон, e-mail: dmitr_da@ukr.net

Determination of the quantitative content of liquefied gas components

Abstract

A set of programs for software mathematical analysis and directional synthesis of manipulators based on the megatron module of the biglide, which can be used for polishing operations in the machine-building and automotive industries, is proposed.

Keywords: parallel kinematics, polishing, design.

Leschuk Yevhenii Volodymyrovych - student of group 41M, Faculty of Engineering and Transport, Kherson National Technical University

Dmitriyev Dmitry Alekseevich - Dr. tech. Sciences, Professor, Head of the Department of Automation, Robotics and Mechatronics, Kherson National Technical University, Kherson, e-mail: dmitr_da@ukr.net

ANALYSIS OF THE TRANSFER PHENOMENON IN THE INTENSIFICATION OF WORKING PROCESSES IN THE CONTINUOUS MEDIUM

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract *The paper considers and analyzes the methods of intensification of work processes with the use of the apparatus of transfer phenomena, in particular on the example of processes in film flows of gravitational motion. Rational choice of transfer coefficients depending on operating conditions and properties of materials allows analyzing the efficiency of the process. Also, the increase in intensity can be obtained through the use of hydrodynamic and ultrasonic cavitation or profiling of contact surfaces. The considered methods can be applied to Newtonian and abnormally viscous liquids.*

Keywords: transfer phenomena, nonlinear transfer phenomena, transfer coefficients.

In the technological processes associated with the intensification of mass and heat transfer, in the apparatus for evaporation of liquids, in the purification of liquids and gases, currents in thin liquid layers are increasingly used [1]. Intensification of transfer processes in hydraulic and heat exchange systems is associated with the solution of many problems, including the rational choice of their coefficients in the gradient transfer equations [1-3].

As is known, the theory of the transfer phenomena in different media is based on the Boltzmann equation. As an example, consider the intensification of transfer processes in the film flows of gravitational motion in thin liquid films on flat surfaces presented by well-known scientists as, Alekseenko A.V., Nakoryakov V.E., Pokusayev B.M., Shkadov V.Y., Malyusov V.A., Zhivaikin L.Y., Vorontsov E.G., Kapitsa P.L., Levich V.G., Kholpanov L.P., Tananayko Y.M., Fulford G.D., Boyadzhiev H., Beshkov V., Shulman Z.P.

Also, the analysis and selection of appropriate contact surfaces and roughness require careful consideration of factors influencing the wear resistance of materials, which depend on the chemical composition, microstructure and properties of the material selected as the basis for heat transfer in energy transfer processes. Depending on the operational and physicochemical conditions and properties of materials, there is a need for a rational choice of transfer coefficients. Given that such coefficients - viscosity, thermal conductivity, diffusion are dimensional values - their choice is associated with the actual processes of intensification following the data of physical phenomena.

Mass transfer, Fick-Nernst diffusion law is determined by a known dependence [3]:

$$q_s = -D \times \text{grad } C,$$

where D – diffusion coefficient, C – the concentration of molecules in the substance.

The diffusion coefficient is calculated by the following dependence [3]:

$$D = D_0 e^{-\frac{W}{kt}}$$

where D_0 – longitudinal oscillation frequency, W - activation energy, kt - the average energy of chaotic motion

For example, the diffusion coefficient may have the following values depending on the respective media (Table 1).

The viscosity coefficient is related to the rheological properties of the medium and must be determined according to the medium, gas-gas, liquid-liquid, gas-liquid. It should also be noted that it is important to choose the contact surface in the environment under consideration. To increase the intensity of the transfer phenomena, several types of contact surfaces can be used. Due to this, the intensification

of transfer processes may be associated with the presence of hydrodynamic and ultrasonic cavitation, accompanied by wave, sound and pulsation processes in the media. It is shown how the efficiency of heat and mass transfer processes increases during the formation of the liquid film [1-3].

Table 1
Diffusion coefficients for different media

Environment	$D, \text{m}^2/\text{c}$
Molecules in gases	1×10^{-4}
Molecules in solutions	1×10^{-9}
Ions in solutions	1×10^{-8}
Colloidal particles	1×10^{-10}
Atoms in solids	1×10^{-12}

These processes are described quite deeply in the classical literature in solving problems of mixing, destruction of media and improving heat transfer conditions [4-5]. However, the increase in the intensity of the transfer processes, in this case, can be obtained by contact of a thin liquid layer with the surface. Such an increase in efficiency can be realized if the surface is made profiled and described by a given function such as a sine wave or an Archimedean, Schauburger spiral. Then the hydraulic problem will be related to the determination of the liquid layer, both for stable and unstable flow.

In this paper, we consider the flow for two cases when the fluid is anomalous-viscous (i.e. the viscosity is not a constant value) and for the case of a Newtonian fluid. The corresponding equations of motion of the liquid are made and recommendations for determining the velocity field under different conditions of contact of the liquid with the gaseous medium are given.

REFERENCES

1. Kovalenko V.F., Jahno O.M. O nekotorykh zakonomernostjakh techenija zhidkostnyh plenok na konicheskih poverhnostjakh//Gidravlika i gidrotehnika – K. – 1998 – vyp. 59 – s.27-32.
2. Kafarov V. V. Osnovy massopredachi: sistemy gaz - zhidkost', par - zhidkost', zhidkost' – zhidkost' / V. V. Kafarov. – M.: Vysshaja shkola, 1979. – 440 s
3. Shorin S.N. Teploperedacha. / S.N.Shorin. – M: Vysshaja shkola, 1964. – 491 s.
4. Nochnichenko I.V. Informatsiino-enerhetychni pidkhid do vyrisshennia zadach hidrodynamiky ta mekhanotroniky v protsesakh perenosu enerhii. / Nochnichenko I.V., Yakhno O.M. // Mechanics and Advanced Technologies – №3 (87). – 2019. – s.38-48. doi: 10.20535/2521-1943.2020.88.195505.
5. Nochnichenko I.V. Zastosuvannia yavyshcha perenosu ta informatsiinoi entropii do analizu povedinky mahnitoreolohichnogo dempera / Nochnichenko I.V., Yakhno O.M. // Naukovi visti NTUU «KPI»: naukovo-tehnichnyi zhurnal. – № 4 (120). – 2018. – s.54-62. doi: 10.20535/1810-0546.2018.4.141241.

Nochnichenko Ihor Victorovych, PhD. Techn. Sc., Ass. Prof., National technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, igornoch@gmail.com

Jakhno Oleg, Prof. Dr. Eng., National technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, oleg.yakhno@gmail.com

Kostiuk Dmytro Victorovych, PhD. Techn. Sc., Senior Lecturer National technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, kostiukdv@ukr.net

Murashchenko Alona Mykolayivna, PhD. Techn. Sc., Senior Lecturer National technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, a_kirya@i.ua

АНАЛІЗ ЯВИЩА ПЕРЕНОСУ ПРИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ У СУЦЬЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Анотація В роботі розглянуто та проаналізовано способи інтенсифікації робочих процесів з застосуванням апарату явищ переносу, зокрема на прикладі процесів в плієкових течіях гравітаційного руху. Раціональний вибір коефіцієнтів переносу в залежності від умов експлуатації та властивостей матеріалів дозволяє аналізувати ефективність процесу. Також підвищення інтенсивності може бути отримане за рахунок використання гідродинамічної та ультразвукової кавітації або профілювання поверхонь контакту. Розглянуті способи можуть бути застосовані для ньютонівських та аномально в'язких рідин.

Ключові слова: явища переносу, нелінійні явища переносу, коефіцієнти переносу.

Ночніченко Ігор Вікторович, к.т.н., доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, igornoch@gmail.com
Яхно Олег Михайлович, д.т.н., професор., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, oleg.yakhno@gmail.com
Костюк Дмитро Вікторович, к.т.н., ст.викладач, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, kostiukdy@ukr.net
Мураценко Альона Миколаївна, к.т.н., ст.викладач, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, a_kiryu@i.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РІВНЕМ РІДИНИ

¹ Національний університет «Запорізька політехніка»

Анотація

Розроблено лабораторний стенд для дослідження мікропроцесорних систем керування рівнем рідини з урахуванням особливостей пуску та нелінійності характеристики насосної установки. Підтверджено адекватність запропонованої фізичної і комп'ютерної моделей, що дає підстави для її використання при синтезі та дослідженні систем автоматичного керування рівнем рідини. Використання лабораторного стенду в сукупності з адекватною йому імітаційною моделлю дозволяє знизити трудомісткість розробки систем керування для практичних застосувань.

Ключові слова: електропривод, мікропроцесор, система керування, рівень рідини.

Вступ

Алгоритм функціонування регулятора рівня рідини в резервуарі повинен бути достатньо гнучким і містити наступні завдання автоматизації: наповнення або злив до заданого рівня; підтримання рівня рідини; індикація рівня рідини; робота в режимах ручного і автоматичного управління. Отже, ідентифікація об'єкта керування з метою підвищення показників якості системи автоматичного керування є актуальною задачею, що має науковий інтерес та практичне значення [1-2].

Результати дослідження

Для дослідження особливостей пуску та нелінійності характеристики насосної установки розроблено лабораторний стенд, який складається з мікропроцесорного регулятора МІК-127 [3], двох ємностей (TANK1 і TANK2), автомобільного насоса склоомивача з двигуном постійного струму номінальною напругою живлення 12 В, gain керуючого сигналу (G), manual control unit (MCU) та level sensor (LS).

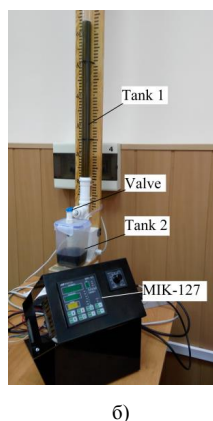
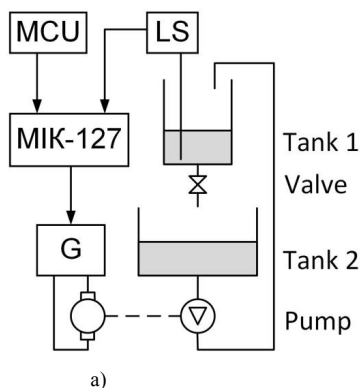


Рис. 1 – Структурна схема (а) та фото (б) лабораторного стенду для автоматичного керування рівнем рідини.

Структурна схема лабораторного стенду наведена на рисунку 1. Смістю 1 є прозора труба довжиною 110 см та внутрішнім діаметром 2.5 см. Рівень рідини вимірюється гідростатичним методом за допомогою сенсору MPX2010DP [4], що являє собою перетворювач диференційного тиску від 0 до 10 кПа в електричний сигнал 0-25 мВ при живленні напругою 10В. За результатами експериментів створена комп'ютерна модель об'єкта керування у Matlab/Simulink. Для підтвердження адекватності розробленої комп'ютерної моделі об'єкта керування фізичною об'єктом (лабораторному стенду) проведено експеримент, в ході якого при закритому крані зливу рідини протягом певного часу встановлювався фіксований сигнал керування. Після чого кран зливу рідини відкривався. Результати комп'ютерного моделювання і осцилограми фізичного експерименту, отримані за допомогою цифрового осцилографа OWON PSD 5022S підтвердили адекватність розробленої моделі, що дає підстави для використання її при синтезі та дослідженні систем автоматичного керування рівнем рідини.

Висновки

Розроблений лабораторний стенд дозволяє досліджувати алгоритми керування рівнем рідини з урахуванням особливостей пуску та нелінійності характеристики насосної установки. Використання лабораторного стенда з адекватною йому імітаційною моделлю, що є комплексним інструментом з розробки, налагодження та оцінки ефективності систем керування рівнем рідини, дозволяє знизити трудомісткість розробки систем керування для практичних застосувань. Подальші дослідження будуть направлені на розробку системи керування, що поєднує стійкість при пуску та високу швидкодію в усталеному режимі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Назарова О. С. Ідентифікація кутової швидкості при завадах в оптичній системі енкадера / О.С. Назарова, В.В. Осадчий, І. А. Мелешко, М. О. Олейніков // Вісник НТУ «ХПІ» - Харків, 2019. – С.65-69. <http://doi.org/10.20998/2079-8024.2019.16.12>
2. V. Osadchy and O. Nazarova, "Laboratory Stand for Investigation of Liquid Level Microprocessor Control Systems," 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP), Kremenchuk, Ukraine, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/PAEP49887.2020.9240868.
3. Programmable controller MIK-127 http://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=266&category_id=115&option=com_virtuemart&Itemid=71
4. 10 kPa On-Chip Temperature Compensated and Calibrated Silicon Pressure Sensors <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MPX2010.pdf>

Назарова Олена Сергіївна — канд. техн. наук, доцент кафедри електропривода і автоматизації промислових установок НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, e-mail: nazarova16@gmail.com

Осадчий Володимир Володимирович — канд. техн. наук, доцент кафедри електропривода і автоматизації промислових установок НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, e-mail: w.osadchy@gmail.com.

Купченко Олександр Сергійович — студент кафедри електропривода і автоматизації промислових установок НУ «Запорізька політехніка», Запоріжжя, e-mail: hallcat2107@gmail.com

Research of fluid level microprocessor control systems

Abstract

The laboratory stand for research of microprocessor control systems of liquid level taking into account features of start-up and nonlinearity of the characteristic of pump installation is developed. The adequacy of the proposed physical and computer models is confirmed, which gives grounds for its use in the synthesis and study of automatic liquid level control systems. The use of a laboratory stand in conjunction with an adequate simulation model reduces the complexity of developing control systems for practical applications.

Keywords: electric drive, microprocessor, control system, fluid level.

Nazarova Olena S. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of electric drive and automation of industrial equipment, Zaporizhzhia Polytechnic National University

Osadchy Volodymyr V. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Department of electric drive and automation of industrial equipment, Zaporizhzhia Polytechnic National University

Kupchenko Oleksandr S. — student of Department of electric drive and automation of industrial equipment, Zaporizhzhia Polytechnic National University.

АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ

¹ Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Анотація

В даній роботі розглянуто питання автоматизації систем керування промислових роботів. Проведено модернізацію системи керування промисловим роботом-маніпулятором ПР5-2-13.4.3. Заплановано та програмно реалізовано перспективи подальшої модернізації системи керування робота-маніпулятора з застосуванням цифрового акселерометра

Ключові слова: робот, маніпулятор, автоматизація, система керування, мікроконтролер, акселерометр, обробка тиском

Автоматизація виробничих процесів дає можливість планувати та виконувати технологічний процес без участі людини, значно зменшити час на виробництво продукції і підвищити якість виконуваних робіт. Це досягається за рахунок можливості безперервної роботи та виконанню різних виробничих операцій за менший час [1]. Тому автоматизація систем керування промислових роботів є актуальним завданням.

По системі керування промислові роботи можливо класифікувати на програмні, адаптивні та інтелектуальні [2].

Промисловий робот ПР5-2-13.4.3 є універсальними, надлегкими, простими в обслуговуванні та призначений як допоміжне обладнання для використання в складі робото-технічних комплексів виробництва деталей обробкою тиском. Керування промисловим роботом ПР5-2-13.4.3 здійснювалося мікроконтролером МКП-1. Програма керування вводилася в пристрій мікроконтролера шляхом послідовного набору команд на клавіатурі пульта управління. Але, мікроконтролер МКП-1 морально та технічно застарілий процесор.

Для модернізації системи керування робота-маніпулятора ПР5-2-13.4.3 була розроблена та реалізована на практиці у вигляді пульта схема системи керування – рис. 1. Пульт складається з мікроконтролера на процесорі Atmega328, блока стабілізації напруги, блока вибору режиму роботи, комутуючого блоку та блока комутуючих перемикачів, блока індикації.

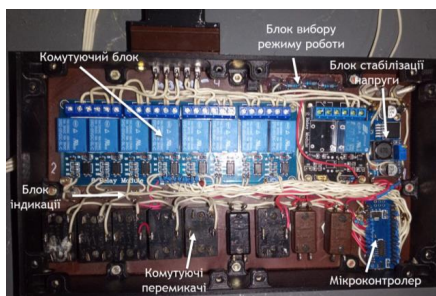
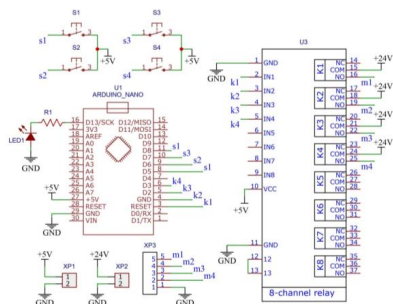


Рис. 1. Принципіальна схема системи керування маніпулятором та розміщення елементів в пульті керування

Система автоматизованого керування роботом-маніпулятором ПР5-2-13.4.3 складається з робота-маніпулятора, пульта керування та комп'ютера з установленим необхідним програмним забезпеченням.

Наразі реалізовані такі режими роботи системи керування роботом-маніпулятором: керування через послідовний порт комп'ютера (з клавіатури); пряме керування через тумблери; вибір попередньо запрограмованого алгоритму роботи робота-маніпулятора.

Зараз також знаходиться в розробці адаптивний режим. Тобто оператор може навчити виконанню певних операцій робота-маніпулятора шляхом одиночного запису в EEPROM алгоритму виконання певної операції з подальшим автоматичним її відтворенням.

В перспективах подальшої модернізації системи керування маніпулятора ПР5-2-13.4.3 заплановано та програмно реалізовано введення акселерометра ADXL345, який буде закріплений на зовнішній частині долоні. Це дасть змогу рухом долоні керувати роботом-маніпулятором. Розроблена модель Simulink для керування роботом-маніпулятором, в якій організовано шість підсистем.

Наразі планується відтворення таких команд долонею: згинання долоні, що призводить до спрацювання захватного пристрою; підняття долоні вгору, поворот долоні на 180° кутуом своєї осі, що призводить до спрацювання лінійних модулів переміщень; переміщення долоні ліктьовим суглобом на 90°, що призводить до спрацювання модуля кутуових переміщень.

Отже, в даній роботі запропоновано підхід до модернізації системи керування промислового робота-маніпулятора ПР5-2-13.4.3, що є актуальним завданням. Заміна застарілої системи керування на мікроконтролері МКП-1, на сучасну дала можливість організувати керування промисловим роботом не тільки з програмної консолі, але і з мобільних пристроїв бездротовим шляхом, швидкість обробки інформації стала вищою та взаємозв'язок з іншими системами, що використовуються на виробництві став більш гнучкий.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Robotic Manipulators and Vehicles / Rigatos, Geras., Busawon, Kr. // Springer International Publishing, 2018. – P.734.
2. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / Andrew Y. C. Nee // Springer London, 2015. – P.3491.

Чухліб Віталій Леонідович – доктор техн. наук., професор, завідувач кафедри «Комп'ютерне моделювання та інтегровані технології обробки тиском», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, e-mail: profdnepro@gmail.com

Губський Сергій Олександрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри «Комп'ютерне моделювання та інтегровані технології обробки тиском», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, e-mail: gubskiyso@gmail.com

Макаров Данііл Ігорович – студент групи МІТ-М220н, кафедра «Комп'ютерне моделювання та інтегровані технології обробки тиском», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, e-mail: D@makaroff.com.ua

Automation of the control system of industrial robots

Abstract

In this work questions of automation of control systems of industrial robots are considered. Modernization of control system of the industrial PR5-2-13.4.3 robotic manipulator is carried out. It is planned and is programmatically implemented further modernization of control system of the robotic manipulator using the digital accelerometer

Keywords: robot, manipulator, automation, control system, microcontroller, accelerometer, processing of pressure.

Chukhlib Vitalii L. – Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Head of Department "Computer Modeling and Integrated Forming Technologies", National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, - mail: profdnepro@gmail.com

Gubskiy Sergii O. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Department "Computer Modeling and Integrated Forming Technologies", National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, - mail: gubskiyso@gmail.com

Makarov Daniil I. – student of the MIT-M220n group, Department "Computer Modeling and Integrated Forming Technologies", National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, - mail: D@makaroff.com.ua

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ РОЗРОБЛЕНИХ КОМПОНОВОК ПОРТАТИВНИХ ВЕРСТАТІВ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ РЕМОНТУ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ДЕТАЛЕЙ ТУРБОАГРЕГАТИВ

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"^{1,3,4}
АТ "Турбоатом"²

Анотація

Синтез компоновок і відпрацювання раціональних конструкцій уніфікованих вузлів і агрегатів портативних мобільних металорізальних верстатів для реалізації ремонту під час модернізації турбоагрегатів в умовах електростанцій дозволяє виконати систематизацію розробок для подальшої типізації та уніфікації. В результаті дослідження було створений каталог портативних верстатів, який висвітлює досвід їх розробки для вирішення завдань з технологічного забезпечення механічної обробки великогабаритних деталей турбоагрегатів під час ремонту і модернізації та може бути використаний надалі для вибору прототипів та поповнення новими конструкціями.

Ключові слова: механічна обробка, портативний верстат, компоновка, синтез, систематизація.

Актуальність. Недоцільність, а іноді і технічна неможливість демонтажу великогабаритних деталей турбоагрегатів унеможливило їх поточний ремонт в умовах заводу. У цьому випадку ефективним і єдино можливим є використання мобільного портативного технологічного обладнання для механічної обробки відновлених і приднувальних поверхонь недемонтусмих великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів. Мобільні верстати дозволяють виконувати ті ж роботи, що й стаціонарні, з двома лише відмінностями: не виріб доставляється до верстата, а верстат доставляється до оброблюваного виробу; не виріб монтується на верстаті, а верстат монтується безпосередньо на оброблюваному виробі, який виконує функцію несучої системи верстата. Мобільність створює унікальні можливості економії часу і коштів при ремонті важкого обладнання, габаритних виробів. Мобільні верстати дозволяють виконувати операції механічної обробки в дуже обмеженому просторі.

Мета. В даній роботі розглядається систематизація компоновок портативних мобільних металорізальних верстатів агрегатно-модульної конструкції. Метою є створення каталогу портативних верстатів, який може бути використаний надалі для вибору прототипів та поповнення новими конструкціями.

Результати досліджень. З використанням розроблених силових агрегатів виконано синтез компоновок мобільних верстатів та надано технологічні рекомендації по реалізації операцій механічної обробки недемонтусмих деталей гідроагрегатів з використанням цих верстатів. Для виконання різноманітних технічних задач по обробці деталей по місцю їх роботи виникають проблеми з точки зору робочого простору при виконанні робіт металорізальним обладнанням. Під подібні задачі портативні мобільні верстати компонується по декільком параметрам: габарити верстата в системі компоновки, достатня жорсткість системи, ергономічність та безпека роботи, якість забезпечення обробки заданих параметрів. В даній роботі проведено систематизацію компоновок розроблених в АО «Турбоатом» портативних мобільних металорізальних верстатів агрегатно-модульної конструкції [1, 2]. Далі (рис.1) приведено приклади деяких портативних верстатів. Результати досліджень і рекомендації внесено у створений каталог по різноманітним задачам ремонту та модернізації турбоагрегатів Середньодніпровської, Кременчуцької, Канівської, Лардж ГЕС, Київської ГАЕС та Южно-Української АЕС. В якості класифікаційних ознак використовується кількість

формотворчих рухів, положення шпindelного вузла у просторі, вид обробки, структурна формула компоновки.

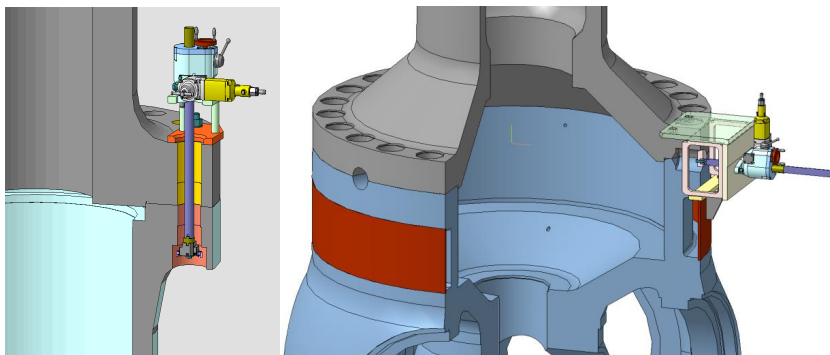


Рисунок 1 – Портативні верстати для обробки турбоагрегатів в умовах станції

Систематизація, типізація та уніфікація є і надалі буде залишатися одним з головних напрямів дослідження в верстатобудуванні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Компоновки мобильных станков для ремонта недемонтируемых деталей и узлов турбоагрегатов /А.А. Пермяков, М.Г. Ищенко, Д.К. Шепелев //Резание и инструменты в технологических системах. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2018. –Вып. 88. С.166-171..
2. Обработка великогабаритных деталей турбоагрегатів з використанням портативних верстатів /А.А. Пермяков, Г.И. Ищенко, М.Г.Ищенко //Modern engineering and innovative technologies, Germany. – Вып.15. – 2021. – С.17-26. (ISSN 2567-5273)

Пермяков Олександр Анатолійович, професор, доктор технічних наук, завідувач кафедри “ТММВ”, НТУ “ХПІ”, м. Харків, perm_a@i.ua

Ищенко Михайло Григорович, головний технолог АТ «Турбоатом», м. Харків, mikelmik@i.ua
Руденко Олексій Олексійович, аспірант кафедри “ТММВ”, НТУ “ХПІ”, м. Харків, technoxmt@gmail.com

Шепелев Дмитро Костянтинович, аспірант кафедри “ТММВ”, НТУ “ХПІ”, м. Харків, dimashepelev1994@gmail.com

SYSTEMATIZATION OF THE DEVELOPED LAYOUTS OF PORTABLE MACHINE TOOLS OF MODULAR DESIGN FOR THE REPAIR OF LARGE-SIZED PARTS OF TURBINE UNITS

Abstract

Synthesis of configurations and testing of rational designs of unified units and aggregates of portable mobile metal-cutting machines for repairs during the modernization of turbines in power plants allows to systematize the development for further typing and unification. As a result of the study, a catalog of portable machines was created, which highlights the experience of their development to solve problems of technological processing of large parts of turbines during repair and modernization and can be used later to select prototypes and add new designs

Key words: machining, portable machine, layout, synthesis, systematization.

Permyakov Alexander, Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department “KMIT”, NTU “KhPI”, Kharkiv, perm_a@i.ua

Ishchenko Mykhailo, Head of technological department, JSC “Turboatom” Kharkiv, mikelmik@i.ua
Rudenko Alexei, graduate student of the department “ТММВ”, NTU “KhPI”, Kharkiv, duvansky.technoxmt@gmail.com

Shepelev Dmitry, graduate student of the department “ТММВ”, NTU “KhPI”, Kharkiv, duvansky.dimashepelev1994@gmail.com

IDENTIFICATION OF EIGENFREQUENCY OF A MOVABLE INVERTED PENDULUM

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Abstract. *In the work, an underactuated dynamical system (a movable inverted pendulum) has been studied. The main goal of the investigation (detection of the value of its eigenfrequency) has been achieved by providing an analysis of the graphical dependencies of inverted pendulum movement. They have been recorded during control procedure of the movable inverted pendulum. A detailed explanation of the procedure is given in the work. Obtained results may be used for the development of a mathematical model of the dynamical system.*

Keywords: dynamical system, control, eigenfrequency, experimental data.

The inverted pendulum is a well-known dynamical underactuated system [1], which might be described with nonlinear differential equations. Investigation of its dynamics allows to synthesize new approaches and method in control theory, particularly, for nonlinear systems. It, in turn, leads to practical outcomes – new algorithms of control electromechanical systems (quadrotors and other UAVs, self-balancing hoverboard scooters, mobile robots, hoisting machines, etc.).

One of the problems that appear during an investigation of movable inverted pendulum control is connected with determination of its parameters (masses, moments of inertia, coefficients of stiffness of the elements, geometrical parameters, etc.). Their values influence the character of the system movement. Little variations in lengths, masses, and their positions may greatly affect the deviation of the system movement from the desired law of motion. Thus, there is a need to detect the parameters of the dynamical system as they are, in a direct manner.

One of the possible approaches in this direction is connected with determination of eigenfrequency (natural frequency) of the system oscillations. This value is an important, as it causes the pattern the system oscillates. It includes a few parameters (mass, stiffness, length of the rod, etc.). Knowing the eigenfrequency and some parameters brings the opportunity of determinate other ones. In the current investigation, we have studied the dynamics of the movable inverted pendulum (fig. 1).

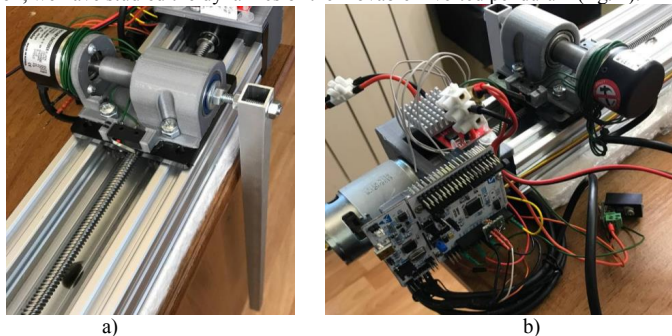


Fig. 1. Overall view of the movable inverted pendulum (the lab installation): a) the cart and the rod; b) electric motor and microcontroller

In order to detect the eigenfrequency of the system the cart, which carries the pivot, has been moved along the guide bars. This movement „pumps” an energy to the oscillation system and the rod oscillates. The angle of the rod deviation and the cart position were being recorded (fig. 2).

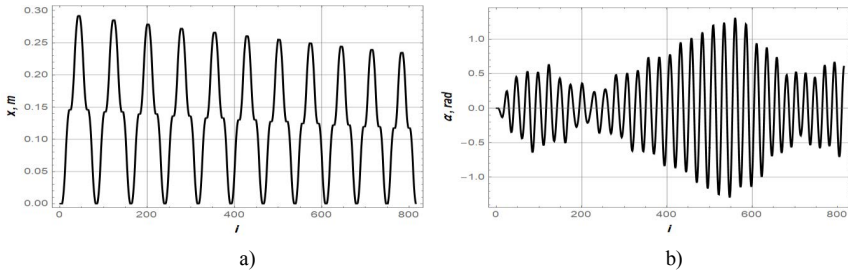


Fig. 2. Experimental data: a) the cart position; b) the angle of the rod deviation

Indicator „ t ” in fig. 2 shows the current number of the measurement. The duration of time between neighbor measurement is 0.05 s. From fig. 2 we may directly find the period of oscillations. It equals $T=1.2$ s. Thus, the eigenfrequency is $f=T^{-1}=0.83$ Hz.

The main goal of the determination of the eigenfrequency is connected with the calculation of the inertial features of the rod. In further studies, its value will give the complete mathematical model of the movable inverted pendulum and will provide the opportunity to develop new control algorithms.

REFERENCES

1. Inverted pendulum. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Inverted_pendulum (date of access 06.05.2021)

Romasevych Yuriy Oleksandrovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Design of Machines and Equipment Department, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, romasevichyuriy@ukr.net

Loveikin Viatcheslav Serhiyovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Design of Machines and Equipment Department, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, lovvs@ukr.net

Zarivnyi Oleksandr Yuriiovych, Master of Design of Machines and Equipment Department, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, alex-zar@ukr.net

ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСНОЇ ЧАСТОТИ КОЛИВАНЬ ОБЕРНЕНОГО МАЯТНИКА З РУХОМОЮ ТОЧКОЮ ПІДВІСУ

Анотація. У роботі досліджена малоприводна динамічна система (обернений маятник з рухомою точкою підвісу). Основна мета дослідження (виявлення значення власної частоти коливань системи) була досягнута шляхом аналізу графічних залежностей руху оберненого маятника. Вони були зафіксовані при виконанні керування рухом перевернутого маятника. Детальне пояснення процедури наведено у роботі. Отримані результати можуть бути використані для розробки математичної моделі динамічної системи.

Ключові слова: динамічна система, керування, власна частота, експериментальні дані.

Ромасевич Юрій Олександрович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри конструювання машин і обладнання, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, romasevichyuriy@ukr.net

Ловеїкін Вячеслав Сергійович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри конструювання машин і обладнання, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, lovvs@ukr.net

Зарівний Олександр Юрійович, магістр кафедри конструювання машин і обладнання, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, alex-zar@ukr.net

EXPERIMENTAL STUDY OF THE INFLUENCE OF NITROGEN ADDITION IN THE FLUID FLOW ON HYDRODYNAMIC LUMINESCENCE DURING CAVITATION

NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract

The article presents the results of the study of cavitation processes in technological equipment related to analytical phenomena that are accompanied by cavitation. One of the important factors accompanying cavitation processes is hydrodynamic luminescence.

For the practical study of the mechanisms of hydrodynamic luminescence, an experimental stand based on a hydrodynamic cavitator was developed and manufactured. This stand allows to investigate the flow characteristics of the cavitator, to observe and make photo and video fixation of the phenomenon of hydrodynamic luminescence in the flow of liquid or gas-liquid mixture, for which an ejector mixer was used.

Based on the results of processing and analysis of experimental studies, a conceptual model of the stages of origin and development of the cavitation process and the accompanying effects is built.

Keywords: luminescence, cavitator, cavitation, sonoluminescence, hydrodynamic luminescence, triboluminescence, throttle, ejector, gas-liquid mixture, visualization of liquid flow, point temperature, viscosity, cavitation number, liquid flow rate, spectroscopy.

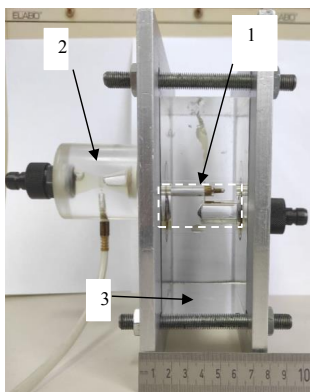


Fig.1. Research model design
(1 - Reactor, 2 - Venturi tube, 3 - case)

The overwhelming majority of the results of experimental and theoretical works indicate that the processes of hydrodynamic luminescence are of an electrical nature of origin, but there are also a number of works in which weighty arguments are given in favor of the thermal theory of origin. [1,2]

It is especially important to understand the ongoing processes for multicomponent media, which include oil and oil products obtained from it (hydraulic oils), and multiphase media, gas-liquid and solid-liquid. [3].

To experimentally study hydrodynamic luminescence in a gas-liquid medium and study the effect of adding nitrogen to a liquid flow, we used a model of a cavitator in the form of a transparent Plexiglas cylinder (Fig. 1). [7] Nitrogen was added to the working fluid in the Venturi tube at the inlet of the hydraulic system.

The experiments were performed using mineral oil as a working fluid at an inlet pressure of up to 4 MPa and a flow rate of up to 10^{-5} m³/s.

The digital magnification of the image of the glowing flash showed that in its conditional center of symmetry the color of the light radiation is pure white, and on the periphery it is bright blue and resembles an electric discharge (Fig. 2) [4-6].

As a result of the experiment, it was found that without nitrogen saturation, luminescence occurred at a pressure drop of 2 MPa, while using a gas mixture (with a predominant nitrogen content) it was possible to achieve luminescence even at a pressure drop of 1 MPa.

According to our observations, as the flow velocity increases in the narrowing region, first cavitation occurs, then, with a further increase in the flow velocity, single sparks begin to appear, then a flickering flame, and from a certain moment there is a "breakdown" and a stable glow.

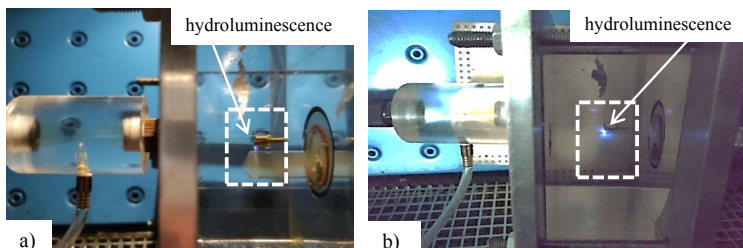


Fig.2. a) without saturation, b) with nitrogen saturation

REFERENCES

1. Herzenstein SJ, Monakhov AA Electrification and glow of a liquid in a coaxial channel with dielectric walls. *Izv. RAS. Mechanics of liquid and gas.* 2009. № 3. P.114-119.
2. Koldomasov AI Plasma formation in a cavitating dielectric fluid. *Journal of Technical Physics.* 1991. T. 61, № 2. S. 188-190.
3. Frenkel, Y. I., "Electrical phenomena connected with cavitation caused by ultrasonic oscillations in a liquid" *Russ. J. Phys. Chem.* 14 (1940): pp 305–308.
4. Nochnichenko I.V., Luhovskyi O.F., Kostiyuk D.V. (2019) Study of hydrodynamic luminescence in a cavitation liquid medium // *Naukovo-tehnichnyi zhurnal «Problemy tertia ta znoshuvannia» # 3(84).* – S.57-62 doi:10.18372/0370-2197.3(84).13853.(Index Copernicus - ISSN: 0370-2197).
5. I. Nochnichenko, O. Luhovskyi, D. Kostiyuk, O. Jakhno Research of the Influence of Hydraulic Orifice Material on the Hydrodynamic Cavitation Processes Accompanied by Luminescence, *International Scientific-Technical Conference on Hydraulic and Pneumatic Drives and Control, 2020, Springer Cham,* pp. 293-300.
6. Ihor V. Nochnichenko; Alexandr F. Luhovskyi; Oleg M. Jakhno; Dmytro V. Kostiyuk; Pawel Komada; Ainur Kozbakova (2019) Experimental research of hydrodynamic luminescence in the cavitating flow of mineral oil, *Proc. SPIE 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments, Vol. 1117615 (6 November 2019);* doi: 10.1117/12.2536946. PDF: 8 pages (Scopus -ISSN: 2577-5421).
7. Кривошеєв В.С., Костюк Д.В., Ночніченко І.В. Інновації молоді в машинобудуванні – 2020. - №2, С. 283-286.

Vladyslav Kryvosheiev - Engineer of DMSN, NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, kryvosheievvlad@gmail.com

Ihor Nochnichenko – Ph.D., NTUU "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, igornoch@gmail.com

Експериментальне дослідження впливу додавання азоту в потік рідини на гідродинамічну люмінесценцію при кавітації

Анотація

У статті представлені результати дослідження кавітаційних процесів у технологічному обладнанні пов'язаних з аналітичними явищами, що супроводжуються під час кавітації. Одним з важливих факторів, що супроводжують кавітаційні процеси являється гідродинамічна люмінесценція.

Для практичного вивчення механізму виникнення гідродинамічної люмінесценції був розроблений і виготовлений експериментальний стенд на основі гідродинамічного кавітатора. Даний стенд дозволяє досліджувати витратну характеристику кавітатора, спостерігати і робити фото- і відео фіксацію явища гідролюмінесценції в потоці рідини або газо-рідинній суміші, для отримання якої використовувався ежекторний змішувач.

За результатами обробки і аналізу проведених експериментальних досліджень побудована концептуальна модель етапів виникнення і розвитку процесу кавітації і суттєвих цьому ефектів.

Ключові слова: люмінесценція, кавітатор, кавітація, сонолюмінесценція, гідролюмінесценція, триболомінесценція, дросель, ежектор, газо-рідинне середовище, візуалізація потоку рідини, точкава температура, в'язкість, кавітаційне число, швидкість потоку рідини, спектроскопія.

Кривошеєв Владислав Євгенійович – інженер ДМСП, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, kryvosheievvlad@gmail.com

Ночніченко Ігор Вікторович – к.т.н., доц., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, igornoch@gmail.com

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ У ПНЕВМОГІДРАВЛІЧНОМУ АМОРТИЗАТОРІ

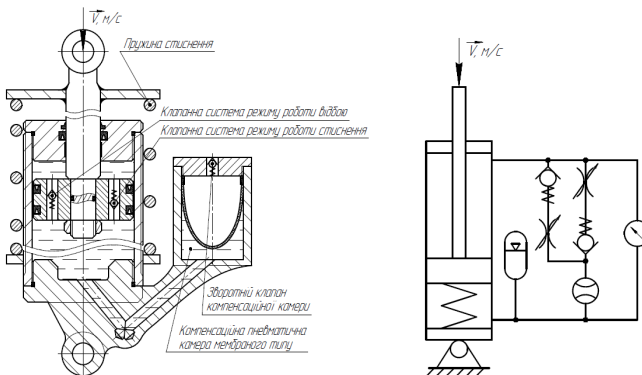
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Анотація. В статті представлена математична модель пневмо-гідралічного амортизатора промислового призначення. Розроблена модель в середовищі MATLAB Simscape імітує два режими роботи: «відбій» та «стиснення», містить механічну та гідравлічну частину, також враховує реологічні властивості рідини та змінні умови експлуатації. Побудована модель перевірено на коректність та адекватність шляхом співставлення значень моделювання з розрахунком та фізичним експериментом.

Ключові слова: амортизатор механічних коливань, дроселів, математичне моделювання, перепад тиску, силова характеристика, явище переносу.

Амортизатор механічних коливань є типовим гідроприводом, що застосовується для гасіння вібрацій та шкідливих коливань, що виникають при роботі шарнірних механізмів та ефективно працює у певному діапазоні частот [1-2]. Ефективним рішенням при моделюванні робочих процесів у середовищі MATLAB Simscape є застосування підходу явища переносу [3].

За результатами роботи [4-5] відомо, що найбільший вплив на ефективність роботи амортизатора має коефіцієнт витрати потоку, який визначає швидкість потоку рідини у клапанних системах стиснення та відбою. Корегування геометричних та реологічних параметрів дозволяє змінювати значення даного коефіцієнта, а як наслідок, впливати на перепади тиску та силову характеристику амортизатора. Тому відповідно до схеми (рис.1) складено модель (рис.2) з вхідним сигналом – швидкістю руху поршня, а вихідним – перепадом тиску між поршневою та штоковою порожнинами амортизатора механічних коливань.



Наведено результати моделювання (рис.3) за синусоїдального вхідного сигналу частотою 0,5 Гц та амплітудою 0,14 м/с. Наведено наступні основні параметри об'єкта: робоча рідина ISO VG 32, робоча температура – 50 °С, хід поршня – 90 мм, діаметр поршня – 32 мм, діаметр штока – 10 мм, об'єм компенсаційної камери – 13,6 см³, площа дроселів – 15,5 мм²; застосовується клапанна реалізація режимів роботи «відбою» та «стиснення».

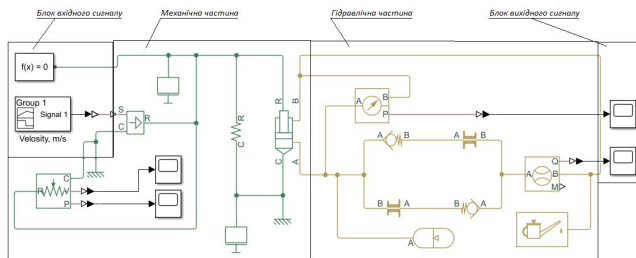


Рис.2 – Модель амортизатора механічних коливань у середовищі MATLAB Simscape

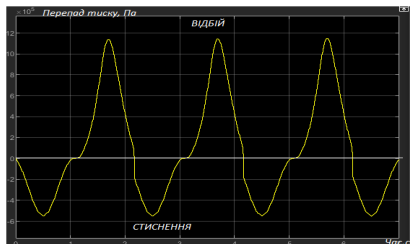


Рис.3 – Результати моделювання гідралічного демпфера

Висновок: побудовано та перевірено на коректність модель в MATLAB Simscape, що було адаптовано під поставлені вимоги, пов'язані з впливом явища переносу. При режимах роботи «стиснення» та «відбою» виявлено притаманні перехідні процеси (рис.3), виділено конструктивні параметри та коефіцієнти переносу, що впливають на силуво характеристику.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Руппель А.А., Саганьков А.А., Корытов М.С. Моделирование гидравлических систем в matlab: учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2009.
2. Дербаремдкер А.Д. Амортизаторы транспортных машин. [2 изд. перераб. и доп.] / А.Д. Дербаремдкер. — М.: Машиностроение, 1985 г. —200 с.
3. Ночніченко І.В., Яно О.М. Інформаційно-енергетичний підхід до вирішення задач гідродинаміки та механотроніки в процесах переносу енергії/ Mechanics and Advanced Technologies #3 (87), 2019. – стр.38-48. doi: 10.20535/2521-1943.2020.88.195505.
4. Довгополий М.М. Ночніченко І.В. Застосування явища переносу при побудові магнітореологічного демпфера протеза колінного суглоба людини/ XIX ММНТК «Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво» -2020.11.25 – С-54-57.

Довгополий Михайло Михайлович – студ., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, mdov99@gmail.com

Луговський Олександр Федорович – д.т.н., проф., зав. кафедри Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки, к.т.н., доц., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, atoll-sonic@ukr.net

Ночніченко Ігор Вікторович – к.т.н., доц., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, igornoch@gmail.com

Mathematical modeling of processes of the shock absorber

Abstract. The article presents a model of industrial pneumatic-hydraulic shock absorber. The model created in MATLAB Simscape imitated two work regimes: “stretching” and “compression”. The model includes mechanical and hydraulic systems, and considers rheological properties of liquid and variable conditions. The model was approved by mathematical calculations and experiments.

Keywords: shock absorber, throttle, mathematical modeling, pressure drop, force characteristic, transfer phenomenon

Dovhopolyi Mykhailo – student National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, mdov99@gmail.com

Luhovskiyi Oleksandr – PhD. Techn. Sc., Prof., National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, atoll-sonic@ukr.net

Nochnichenko Ihor – PhD. Techn. Sc., Ass. Prof., National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, igornoch@gmail.com

РОЗРАХУНКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ КЛИНОПАСОВИХ ВАРІАТОРІВ МОЛОТИЛЬНОГО БАРАБАНА ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка

Анотація

У цій роботі проаналізовані принципи взаємодії варіаторного паса зі шківом при зміні передавального числа. Розглянуто та надано методичні рекомендації з оцінки та прогнозування довговічності деталей, що втрачають працездатність через зношування. Розглянуто методику визначення діючих навантажень на варіатор молотильного барабана та способи забезпечення довговічності пасів варіатора за рахунок вибору профілю конусної поверхні шківів, що забезпечує належний контакт паса з шківом під час експлуатації.

Ключові слова: клинопасових варіатор, навантаження, надійність, пас, шків, довговічність, граничний стан, зернозбиральний комбайн.

Сучасний рівень розвитку сільськогосподарської техніки характеризується постійно зростаючими вимогами до надійності машин. Очевидно, що забезпечення необхідного рівня надійності машин неможливо без пошуку рішень, що дозволяють підвищити працездатність ресурсоопределяючих елементів конструкції. При проектуванні варіаторів, модернізації серийно виготовлених, плануванні та проведенні сервісного обслуговування фахівці повинні мати інформацію про довговічність елементів конструкції, що дозволяє розробляти необхідні конструкторсько - технологічні та організаційні заходи, виконувати розрахунки їх техніко-економічної ефективності.

Аналіз умов експлуатації і характерних дефектів машин та обладнання сільськогосподарського виробництва свідчить про незадовільну якість виготовлених деталей. У зв'язку з цим необхідність виявлення видів і причин відмов варіаторів при їх виготовленні, ремонті та під час експлуатації є актуальною.

Надійність варіаторів багато в чому визначається їх технічним станом. У зв'язку з цим важливо знати динаміку накопичення пошкоджень деталей варіаторів, види ушкоджень, характеристику кожного ушкодження, в загальному їх числі, а також методику визначення діючих навантажень на варіатор молотильного барабана з використанням зв'язку осьової сили зі швидкісним і силовим режимом роботи.

Аналіз існуючих джерел різних проблем, що виникають при експлуатації визначає шляхи вдосконалення варіаторів.

Параметричними відмовами варіаторів можна вважати граничний знос шківів і пасів, який призводить до неприпустимого ковзання. При настанні граничного стану деталей і sprzęжень варіатора, їх подальша експлуатація повинна бути припинена, щоб уникнути аварійної поломки або різкого погіршення технічних характеристик[1].

У гідрокерованих варіаторах зернозбиральних комбайнів необхідне натягнення гілок паса створюється осьовим впливом пружин, кулачків або натискних пристроїв гідравлічного типу. Тому для забезпечення працездатності варіатора і його розрахунку необхідно визначити осьові сили. Особливо важливо це для систем з автоматичним регулюванням, що використовують зв'язок осьової сили зі швидкісним і силовим режимами роботи варіатора.

У роботі проаналізовані принципи взаємодії варіаторного паса зі шківом при зміні передавального числа. Розглянуто та надано методичні рекомендації з оцінки та прогнозування довговічності деталей, що втрачають працездатність через зношування.[2].

Розглянуто методику визначення діючих навантажень на варіатор молотильного барабана та способи забезпечення довговічності пасів варіатора за рахунок вибору профілю конусної поверхні шківів, що забезпечує належний контакт паса з шківом під час експлуатації[3].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кухтов В.Г. Лисенко С.В. «Класифікація відмов і оцінка надійності деталей варіаторів зернозбиральних комбайнів». Науковий журнал. «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». № 6. 2016 р., стор. 18 - 23. Харків. ХНТУСГ
2. Кухтов В.Г. Лисенко С.В., Куліш А.В., Подзолков А.Ю. «Показники забезпечення ресурсу варіаторів зернозбиральних комбайнів», Вісник ХНТУСГ., випуск 163, 2015р., с.12 – 18.
3. Кухтов В.Г., Лисенко С.В., Самарін А.С. Розрахункові дослідження навантажень клинопасових варіаторів. Матеріали 4-ї Всеукраїнської науково – практичної конференції. Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування. СЕУТТО-2013. С.184 – 189. м. Херсон. 2013.

Лисенко Сергій Володимирович, старший викладач, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м Харків, Україна, E-mail: sevoli@ukr.net

Сметана Артем Юрійович, студент, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, м Харків, Україна, E-mail: mr.templey@gmail.com.

CALCULATED RESEARCH OF PERFORMANCE INDICATORS OF V-BELT VARIATORS OF THE THROWING DRUM OF GRAIN HARVESTERS

Abstract

This paper analyzes the principles of interaction of the variator belt with the pulley when changing the gear ratio. Methodical recommendations on estimation and forecasting of durability of the details which lose working capacity due to wear are considered and given. The method of determining the effective loads on the threshing drum variator and methods of ensuring the durability of the variator belts by choosing the profile of the conical surface of the pulleys, which ensures proper contact of the belt with the pulley during operation.

Keywords: V-belt variator, load, reliability, belt, pulley, durability, limit condition, combine harvester.

Lysenko Serhiy Volodymyrovych, Senior Lecturer, Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine, E-mail: sevoli@ukr.net

Smetana Artem Yuriyovych, student, Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine, E-mail: mr.templey@gmail.com.

ДО РОЗРАХУНКУ РОБОЧОГО ЦИКЛУ РІЗУЧОГО ОРГАНУ СТРУННОГО РІЗАЛЬНОГО АВТОМАТА ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЦЕГЛИ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

З'ясовано етапи робочого циклу різучого органу різального автомата для виробництва цегли. Запропоновано варіант удосконалення ланки формування цегли виробничої лінії шляхом заміни механічної конструкції на автоматизований пристрій, побудований по принципу мехатронної системи. Визначено час робочого циклу різучого органу різального автомата для формування цегли при усталеному режимі роботи насоса змінної продуктивності.

Ключові слова: робочий цикл, різучий орган, різальний автомат, формування цегли.

Вступ

Струнні різальні автомати є найбільш поширеними засобами для формування заготовок цегли пластичним методом. Завдяки різноманітності своєї конструкції вони можуть мати різну продуктивність та якість виготовленої продукції. Однією з найважливіших характеристик продуктивності такого різального автомата є робочий цикл його різучого органу.

Метою роботи є розроблення автоматизованого пристрою, що забезпечить максимальну швидкість робочого циклу різучого органу струнного різального автомата.

Результати дослідження

Робочий цикл ($t_{ц}$) різучого органу різального автомата для формування цегли складається з трьох етапів, які постійно послідовно повторюються: час підводу різучого органу до глиняного бруса ($t_{під}$), час різання глиняного бруса ($t_{різ}$) та час повернення різучого органу у вихідне положення ($t_{пов}$) [1].

$$t_{ц} = t_{під} + t_{різ} + t_{пов} \quad (1)$$

Рух елементів різучого органу при цьому супроводжується складними динамічними явищами, які впливають на продуктивність та якість виготовленої продукції.

Ефективним варіантом вирішення такої задачі є удосконалення ланки існуючого різального автомата [2] за принципом мехатронної системи [3] на основі гідравтоматики. Гідравлічна схема автоматизованого пристрою представлена на рис. 1.

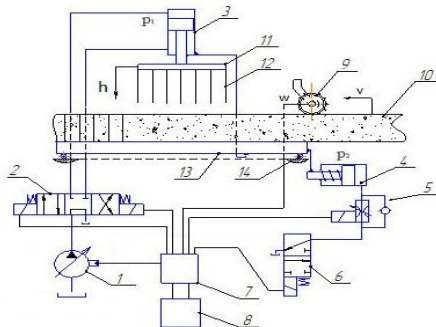


Рис. 1. Гідравлічна схема автоматизованого пристрою для формування заготовок цегли

Пристрій складається з таких елементів: 1 - насос змінної продуктивності з дистанційним керуванням; 2 - основний 3-х позиційний 4-х лінійний розподільник з електромагнітним керуванням; 3 - гідроциліндр основного робочого руху; 4 - гідроциліндр допоміжний; 5 - регулятор потоку з пропорційним керуванням та зворотнім клапаном; 6 - 2-х позиційний 3-х лінійний розподільник з електромагнітним керуванням; 7 - контролер; 8 - автономний блок живлення; 9 - датчик руху; 10 - глиняний брус; 11 - траверса; 12 - різальні елементи; 13 - рухома основа; 14 - опори кочення.

Однією з основних вимог до розробленого автоматизованого пристрою є досягнення максимальної швидкості робочого циклу ріжучого органу. Поставлена задача вирішувалась за допомогою математичного моделювання, де використовувалися загальні принципи побудови нелінійних математичних моделей [4].

Висновки

В результаті проведеного дослідження, при усталеному режимі роботи насоса змінної продуктивності, було виявлено, що робочий цикл ріжучого органу відбувається за час 0,78 с.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Булига Ю. В., Слабкий А. В. Основи інструментального виробництва / Електронний навчальний посібник, Вінниця 2018. — 152 с.
2. Пурдик В.П., Сапожник В.Г. Адаптивний гідропривод обладнання для формування заготовок цегли. Матеріали XXII міжнарод. наук.техн. конф. «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці» Черкаси-Київ, 23-26 травня 2017р., с.123-124.
3. Козлов Л.Г. Про можливість покращення динамічних характеристик мехатронного привода мобільної машини./ «Гідро- та пневмоприводи машин – сучасні досягнення та застосування». II Міжнародна науково-технічна конференція 15-16 листопада 2016 р.: збірник тез доповідей. – Вінниця: Т.П. Барановська, 2016. – с. 122-116.
4. Попов Д.Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем/ Д.Н.Попов.-М.: Машиностроение, 1976. – 424 с.

Перепелиця В'ячеслав Ігорович — аспірант кафедри «Технологій та автоматизації машинобудування», Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: pvi_92@ukr.net.

TO CALCULATION OF THE WORKING CYCLE OF THE CUTTING BODY OF A STRING CUTTING MACHINE FOR BRIDGE FORMATION

Abstract

The stages of the working cycle of the cutting body of the cutting machine for brick production are clarified. A variant of improving the link of brick formation of the production line by replacing the mechanical structure with an automated device built on the principle of mechatronic system is proposed. The time of the working cycle of the cutting body of the cutting machine for forming bricks at the set mode of operation of the pump of variable productivity is determined.

Keywords: working cycle, cutting body, cutting machine, brick formation.

Perpelitsya Vyacheslav Ihorovich - PHD student of the department of «Machine-building technology and Automation», Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: pvi_92@ukr.net.

ІМІТАЦІЙНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО РЕГУЛЯТОРА НА ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКСІАЛЬНО- ПОРШНЕВОГО РЕГУЛЬОВАНОГО НАСОСА

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблена математична модель системи пропорційного електрогідравлічного керування регульованого аксіально-поршневого насоса. Для імітаційного моделювання системи керування в програмному пакеті MATLAB Simulink розроблена відповідна обчислювальна структура. Досліджено вплив параметрів регулятора на динамічні характеристики регульованого насоса.

Ключові слова: пропорційне електрогідравлічне керування, регульований аксіально-поршневий насос, регулятор насоса, математична модель.

Регульовані гідронасоси з пропорційним електрогідравлічним керуванням від мікроконтролерів інтенсивно розвиваються [1-5]. При проєктуванні та розробці таких систем керування на передній план висувається необхідність визначення впливу параметрів регулятора на динамічні характеристики насоса. Дану задачу можна вирішити шляхом математичного моделювання.

Таким чином, метою роботи є дослідження динамічних процесів в системі пропорційного електрогідравлічного керування (ЕГК) регульованого аксіально-поршневого насоса (АПН), розробка обчислювальної структури для числового імітаційного дослідження в програмному середовищі MATLAB Simulink і проведення самого імітаційного дослідження для визначення раціональних конструктивних параметрів регулятора.

На рис. 1 показана розрахункова схема системи пропорційного ЕГК робочого об'єму регульованого АПН [6].

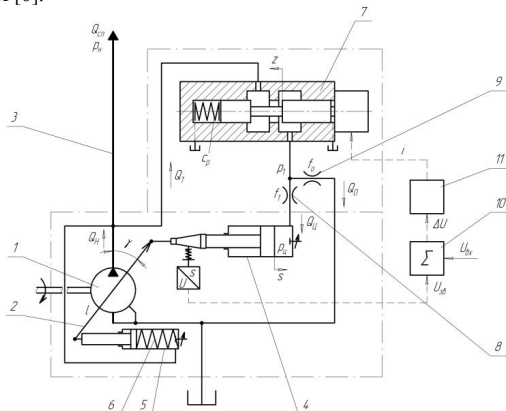


Рис. 1. Розрахункова схема системи пропорційного електрогідравлічного керування регульованого АПН

В даній схемі регулювання робочого об'єму АПН 1 здійснюється шляхом зміни кута нахилу планшайби 2, яка знаходиться під впливом дії циліндрів керування 4, 5 і пружини 6. Порожнина підпружиненого циліндра 5 меншого діаметра з'єднана з лінією нагнітання насоса.

Комутація порожнини циліндра 4 більшого діаметра поршня (керуюча порожнина) залежить від положення золотника пропорційного електрогідравлічного регулятора 7, який керує потоком з лінії нагнітання насоса через дросель 8 в керуючу порожнину. На зливі з циліндра керування 4 встановлений дросель 9. Суматор 11 порівнює сигнал керування U_{ax} та сигнал зворотного зв'язку U_{ze} від датчика зворотного зв'язку, який контролює поточну величину робочого об'єму (кут нахилу планшайби насоса) і формує сигнал відхилення ΔU , який надходить до підсилювача 11 і далі на вхід електромагніта регулятора 7.

Згідно з розробленою розрахунковою схемою і прийнятими припущеннями розроблено математичну модель системи керування регульованого АПН, яка включає рівняння нерозривності потоків для відповідних ділянок гідросистеми; рівняння моментів, що діють на планшайбу регульованого АПН; рівняння сил, що діють на золотник пропорційного електрогідравлічного регулятора; рівняння сил, що діють на циліндр керування положенням планшайби регульованого АПН; рівняння струму в електричному колі електромагніта регулятора та рівняння зворотного зв'язку.

Для імітаційного моделювання системи керування регульованого АПН в програмному середовищі MATLAB Simulink розроблена відповідна обчислювальна структура. За результатами імітаційного моделювання визначені раціональні конструктивні параметри регулятора, які забезпечують стійку роботу і задані динамічні характеристики регульованого АПН в широкому діапазоні функціонування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Каталоги Bosch Rexroth [Електронний ресурс] / Bosch Rexroth // – Режим доступу : <https://www.boschrexroth.com/ics/Vornavigation/VorNavi.cfm>.
2. Каталог «Насосы и моторы». HY02-8001/RU [Електронний ресурс] / Parker Hannifin // – Режим доступу : http://parker-hannifin.ru/up/catalog/parker_pumps_and_motors_HY02-8001.pdf.
3. Репінський С. В. Керування регульованих насосів в гідроприводах, чутливих до навантаження : монографія / С. В. Репінський, Л. Г. Козлов, Ю. А. Буренніков. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 199 с. – ISBN 978-966-641-673-8.
4. Буренніков Ю. А. Огляд електрогідравлічних систем керування насосами змінної продуктивності / Ю. А. Буренніков, Л. Г. Козлов, С. В. Репінський // Вісник Хмельницького національного університету. Серія «Технічні науки». – 2016. – № 2(235). – С. 202–206.
5. Буренніков Ю. А. Система керування аксіально-поршневого регульованого насоса з профільованим вікном золотника комбінованого регулятора подачі / Ю. А. Буренніков, Л. Г. Козлов, С. В. Репінський // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Машинобудування». – 2012. – № 64. – С. 113–118.
6. Репінський С. В. Математична модель пропорційної електрогідравлічної системи керування регульованим насосом / С. В. Репінський, Д. О. Лозинський, М. П. Кучеренко, О. О. Ланова // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – № 2. – С. 105–109.

Репінський Сергій Володимирович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: repinskyisv@gmail.com;

Губницький Владислав Юрійович – аспірант кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: iim.15b.gubnitskyi@gmail.com.

SIMULATION STUDY OF THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF AN ELECTROHYDRAULIC REGULATOR ON THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF AN AXIAL-PISTON VARIABLE PUMP

Abstract

A mathematical model of a proportional electrohydraulic control system of an adjustable axial piston pump has been developed. A corresponding computational structure has been developed for the simulation of the control system in the MATLAB Simulink software package. The influence of the parameters of the regulator on the dynamic characteristics of the variable pump is investigated.

Keywords: electrohydraulic proportional control, variable displacement axial-piston pump, pump regulator, mathematical model.

Repinskyi Serhii V. – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Hubnitskyi Vladyslav Yu. – Post-Graduate Student the Chair of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗИ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ ДЕЗИНТЕГРАТОРОВ С КЛЮЧЕВЫМИ ПАРАМЕТРАМИ КУСКОВ ГОРНОЙ МАССЫ

Институт геотехнической механики НАН Украины им. Н.С. Полякова

Аннотация

Проанализированы основные факторы, влияющие на выполнение целевого назначения дезинтеграторов. Установлено первостепенное значение влияния параметров формы деталей на уровень напряжений при их разрушении. Созданы предпосылки для реализации режимов «коррекции» формы для производства кубовидного щебня.

Ключевые слова: дезинтегратор, горная масса, щебень.

Результаты исследований

Под целевой функцией дезинтеграторов будем понимать их способность производить куски заданного размера в определенном количестве, затрачивая определенное количество энергии, с учетом заданной степени дробления или исходного размера кусков.

Затраты энергии в данном случае будут зависеть от конфигурации рабочего органа, физико-механических свойств дробимого материала, а также в немалой степени от геометрической конфигурации самих кусков.

Уровень напряжений для разрушения некоторой среднестатистической частицы будет в общем случае определяться выражением:

$$\sigma = f(k_m, k_{pf}, d_{cp}, k_l), \quad (1)$$

где k_m – коэффициент, учитывающий свойства дробимого материала; k_{pf} – коэффициент, определяющий конфигурацию силового поля, зависящую от конструкции и принципа действия дезинтегратора; d_{cp} – усредненный диаметр частицы; k_l – коэффициент длины частицы, показывающий отношение длины частицы к ее толщине [1].

Если задаться определенным материалом и определенным средним размером частицы, то уровень разрушающих напряжений будет определяться соотношением типа силового поля и формы частицы.

Тип силового поля зависит от таких факторов, является ли дезинтегратор квазистатическим или ударным, рабочие поверхности являются гладкими или имеют выступы для раскалывания и изгиба частиц, используется ли вибрация, как быстро удаляется готовая фракция материала и т.п. [2].

Фактор влияния формы дробимых частиц на эффективность работы дезинтеграторов обычно недооценивают, или вовсе не учитывают, считая, что при прочих равных условиях не определяет конфигурация силового поля.

Однако в последнее время все большее значение приобретает производство кубовидных материалов, например, строительного щебня и песка с формой частиц, близкой к изометрической, как таких, что повышают прочность изготовленных на их основе твердеющих смесей. Здесь задача по уменьшению количества зерен вытянутой формы решается либо переходом к инерционному силовому полю, либо разрушением в толстом слое материала, либо селективным разрушением преимущественно неизометрических частиц, так называемому «исправлению» формы [3].

В результате проведения аналитических расчетов, установлено, что практически не зависимо от типа силового поля, вклад влияния формы частиц на уровень разрушающих напряжений изменяется до 4-6 раз при изменении коэффициента длины частицы в 3 раза, т.е. это разница между чисто изометрической частицей и лещадной частицей.

Таким образом, существуют аналитические предпосылки для реализации режимов исправления формы щебня с целью улучшения его потребительских свойств, в том числе с использованием валковых дробилок [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надутый В.П. Рациональная параметризация формы кусков мелкозернистых материалов при расчетах эффективности их разрушения в дезинтеграторах / В.П. Надутый, А.А. Титов, А.Р. Горохова // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. – Дніпро: ІТМ НАНУ, 2020. – Вип. 150. – С. 46-53.
2. Ревнивцев В.И. Вибрационная дезинтеграция твердых материалов / В.И. Ревнивцев, Г.А. Денисов, Л.П. Зарогатский, В.Я. Туркин. – М.: Недра, 1992. – 430 с.
3. Tytov O.O. (2019). Analysis of Mining Rocks Disintegration Conditions in Crushers Having the Wave Profile of Rolls, *Modernization and Engineering Development of Resource-Saving Technologies in Mineral Mining and Processing, Multi-authored monograph*, Petrosani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, p. 366-380.
4. Пат. на винахід № 122015 UA, МПК В02С 4/02 (2006.01), В02С 4/08 (2006.01), В02С 4/28 (2006.01). Валкова дробарка / В.П. Надутый, О.О. Титов; власник:Национальний технічний університет «Дніпровська політехніка». – а 2018 08853; заявл. 20.08.2018; опубл. 25.08.2020, Бюл. № 16.

Надутый Владимир Петрович — д.т.н., профессор, зав. отдела Механики машин и процессов переработки минерального сырья, Институт геотехнической механики НАН Украины им. Н.С. Полякова, Днепр, e-mail: nadutyvp@gmail.com

Титов Александр Александрович — к.т.н., доцент, науч. сотр. отдела Механики машин и процессов переработки минерального сырья, Институт геотехнической механики НАН Украины им. Н.С. Полякова, Днепр, e-mail: alexitovalex77@gmail.com

Сухарев Виталий Витальевич — к.т.н., старший науч. сотр. отдела механики машин и процессов переработки минерального сырья, Институт геотехнической механики НАН Украины им. Н.С. Полякова, Днепр, e-mail: agnivik@ukr.net

Estimation of interrelation between the target function of disintegrators and the key parameters of rock mass pieces

Abstract

The main factors, influencing the fulfillment of target function of disintegrators, are analyzed. The primary significance of the pieces shape parameters influence on the level of stresses for their destruction is set. The preconditions of realization of the shape "correction" modes are formed for the production of cuboid crushed stone.

Keywords: disintegrator, rock mass, crushed stone.

Nadutyi Volodymyr P. — Dr. Eng., Professor, Head of Department of Mechanics of Mineral Processing Machines and Processes, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of NAS of Ukraine, Dnipro, email: nadutyvp@gmail.com

Tytov Oleksandr O. — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor, Researcher of Department of Mechanics of Mineral Processing Machines and Processes, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of NAS of Ukraine, Dnipro, e-mail: alexitovalex77@gmail.com

Sukhariev Vitaliy V. — Cand. Sc. (Eng), Senior Researcher of Department of Mechanics of Mineral Processing Machines and Processes, Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of NAS of Ukraine, Dnipro, e-mail: agnivik@ukr.net

AUTOMATED TECHNOLOGICAL PROJECTION OF CLASSIFICATION PROCESSES OF DRY DISPERSIVE MATERIALS

Vinnytsia National Agrarian University

Abstract

Processes of classification of dry and damp dispersive materials are wide spread in metallurgy, construction, agriculture, in chemical, food, processing industry and in other branches. Therefore, constructors and technologists pay a lot of attention to rationalization of these processes and equipment for their realization in direction of increase of productivity and quality of classification, reliability of machines, decrease of power-consuming. In last decades in Ukraine with development of small and middle farming enterprises there is tendency of increase of variety of grain raw material by kinds, grades, humidity, sizes, mass, density and volume of particles. All this should consider food and processing enterprises which often work in quite intensive regime in period of harvest. So, in last time there become more strong demands to efficiency of technological preparation of processes classification for selection of most rational method, equipment and regimes of processing with consideration of parameters of raw materials and demands of further technological processes (grinding, mixing, heating, cooking, frying etc). In connection with this, there will be useful a method of automated technological projection of classification processes of dry dispersive materials, proposed in this article. The method can be used as a base for elaboration of a computer program of automated analysis and synthesis of rational technological processes of classification of grain raw materials.

Keywords: automated technological projection, classification, dry dispersive materials, equipment.

All necessary information for automated technological projection of classification processes can be presented in two main databases: the database with information about production task (DB1) and the database with information about available equipment for classification (DB2) [1].

In DB1 are collected data about kind of processed raw material (for example, M1 – wheat, M2 – barley; M3 – rye; M4 – peas, ...), its grade (G1, G2, G3, ...), maximal and minimal ratios of length to diameter for particles of raw material (L_{\max}/D_{\max} , L_{\min}/D_{\min}), maximal and minimal humidity (H_{\max} , H_{\min}), mass (M_{\max} , M_{\min}), density (De_{\max} , De_{\min}), volume (V_{\max} , V_{\min}) and form (FS – spherical, FO – oblong) of particles, general mass (M_G) and volume (V_G) of processed material, time (T) for fulfilment of production task, the number of classes (ranges) of separation (N_C), admissible expenses (E_G) for realization of the classification process [2 – 4].

In DB2 are collected data about productivity of machines for classification [5] in kg/s or in m^3/s : rotary screens (PS_{R1} , PS_{R2} , ...), vibrating screens (PS_{SV1} , PS_{SV2} , ...), gyratory screens (PS_{G1} , PS_{G2} , ...), double-deck screens (PS_{DD1} , PS_{DD2} , ...), electromagnetic vibrating screens (PS_{EV1} , PS_{EV2} , ...), grain cleaners (PG_{C1} , PG_{C2} , ...), centrifugal separators (PS_{SC1} , PS_{SC2} , ...), winnowing machines (P_{WM1} , P_{WM2} , ...), hydraulic separators (PS_{SH1} , PS_{SH2} , ...), electric classifiers (PC_{E1} , PC_{E2} , ...); parameters of particles of raw material (see above), which can classify each kind of machines: PS_{R1} (L_{\max}/D_{\max} , L_{\min}/D_{\min} , H_{\max} , H_{\min} , M_{\max} , M_{\min} , De_{\max} , De_{\min} , V_{\max} , V_{\min} , FS or FO, N_C), PS_{R2} (L_{\max}/D_{\max} , L_{\min}/D_{\min} , H_{\max} , H_{\min} , M_{\max} , M_{\min} , De_{\max} , De_{\min} , V_{\max} , V_{\min} , FS or FO, N_C), ...; specific operational expenses for each kind of machines in $\text{€}/\text{kg}$ or in $\text{€}/\text{m}^3$ (OE_{E-PSR1} , OE_{E-PSR2} , ... , OE_{E-PSV1} , OE_{E-PSV2} , ... , OE_{E-PSR1} , OE_{E-PSR2} , ...).

At the first stage the technological projection with consideration of information of DB1 there is realized selection of possible methods of classification of processed material [5, 6]: mechanical (M), pneumatical (P), hydraulic (H), electric (E), electromagnetic (EM).

At the second stage of the projection there is carried out selection of appropriate machines for realization of given classification process at the base of comparison of geometrical and structural-mechanical parameters of the processed material from the DB1 and DB2. First of all, there should be selected the machines that provide fulfilment of all number of classes of separation (N_C). If the machines, that realize all these stages are absent there is need to select equipment for fulfilment of maximal N_C .

At the third stage amidst of machines, selected at the previous stage there determined an equipment that provides a necessary productivity of the working process. For these machines should be fulfilled conditions

$$P_i \geq \frac{M_G}{T} \text{ or } P_i \geq \frac{V_G}{T}, \quad (1)$$

where P_i – mass or volumetric productivity of i -machine, selected after the second stage.

In course of the fourth stage there is fulfilled a ranking of the equipment that was selected at previous stage the most energy-effective machines. Herewith there are used conditions

$$O_i \leq \frac{E_G}{M_G} \text{ or } O_i \leq \frac{E_G}{V_G}, \quad (2)$$

where O_i – specific operational expenses of i -machine, selected after the third stage.

Amidst the machines, which satisfied to conditions (1, 2) there is picked out the most rational variant.

At the base of the proposed method there can be elaborated a computer program of automated synthesis and analysis of technological classification processes of dry dispersive materials.

REFERENCES

1. Sevostianov I., Kravets S., Pidlypna M. Use of critical synthesis and analysis for modernization of objects of machine building production. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, 2020. №2 (109) . С. 88 – 96.
2. Севостьянов І. В. Рациональна послідовність проектування технологічних процесів складання. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*, 2015. №1. С. 1 – 5.
3. Севостьянов І. В. Автоматизація проектування технологічних процесів механічної обробки та складання. *Вісник машинобудування та транспорту*, 2018. №1 (7). С. 112 - 120.
4. Севостьянов І. В. Процеси та обладнання для віброударного фільтрування вологих дисперсних середовищ : монографія. Вінниця : ВНАУ, 2021. 184 с. ISBN 978-966-949-795-6.
5. Черевко О.І. Процеси та апарати харчових виробництв / О.І. Черевко, А.М. Поперечний. – Х.: Світ книг, 2014. – 495 с.
6. Sevostianov I., Pidlypna M. Model of optimization of functioning of modern polygraphic and publishing complexes. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, 2020. №4 (111). С. 90 – 99.

Sevostyanov Ivan – Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Head of the Department of “Technological Processes and Equipment of Processing and Food Productions”, Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, e-mail: ivansev70@gmail.com.

АВТОМАТИЗОВАНЕ ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСІВ КЛАСИФІКАЦІЇ СУХИХ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ

Анотація

Процеси класифікації сухих та вологих дисперсних матеріалів широко розповсюджені в металургії, будівництві, сільському господарстві, хімічній, харчовій, переробній промисловості та в інших галузях. Тому конструктори та технологи приділяють багато уваги раціоналізації цих процесів та обладнання для їх реалізації у напрямку підвищення продуктивності та якості класифікації, надійності машин, зменшення енергоємності. В останні десятиліття в Україні з розвитком малих та середніх фермерських підприємств спостерігається тенденція збільшення різноманітності зернової сировини за видами, сортами, вологістю, розмірами, масою, цільністю та об'ємом частинок. Все це слід враховувати харчовим та переробним підприємствам, які в період збору врожаю часто працюють у досить інтенсивному режимі. Отже, останнім часом стають все більш жорсткими вимоги до ефективності технологічної підготовки процесів класифікації для вибору найбільш раціонального методу, обладнання та режимів обробки з урахуванням параметрів сировини та вимог подальших технологічних процесів (подрібнення, перемішування, нагрівання, приготування, смаження тощо). У зв'язку з цим, буде корисним, запропонований у цій статті метод автоматизованого технологічного проектування процесів класифікації сухих дисперсних матеріалів. Даний метод може послужити основою для розробки комп'ютерної програми автоматизованого аналізу та синтезу раціональних технологічних процесів класифікації зернової сировини.

Ключові слова: автоматизоване технологічне проектування, класифікація, сухі дисперсні матеріали, обладнання.

Севостьянов Иван Вячеславович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв», Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, e-mail: ivansev70@gmail.com.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХОПЛЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ З РОЗШИРЕНИМИ ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

Національний університет харчових технологій (НУХТ)

Анотація. В роботі розглядається конструкція універсального механічного захоплювального пристрою на засадах біоніки з розширеними функціональними можливостями для захоплення та утримання складних по формі пакованих об'єктів та можливості регулювання зусилля притискання утримуючих елементів.

Ключові слова: біоніка, захоплювальний пристрій, пакування.

Способи захоплення об'єктів живими організмами (тваринами та людиною) покладені в основу функціонування нового покоління захоплювальних пристроїв. Було запропоновано нову конструкцію механічного захоплювального пристрою на засадах біоніки для робототехнічних комплексів групового пакування з подальшим їх інтегруванням в індустрію 4.0 (рис.1)[1]. Відмінною рисою таких захоплювальних пристроїв є їх універсальність щодо захоплення та утримання складних по формі пакованих об'єктів та можливість регулювання зусилля притискання утримуючих елементів. Були досліджені функціональні характеристики захоплювального пристрою, щодо відтворення робочою поверхнею пальців контуру твірної поверхні різних об'єктів з можливістю додаткового їх фіксування шляхом згинання кінцівок пальців на торцях об'єкту (рис. 1).

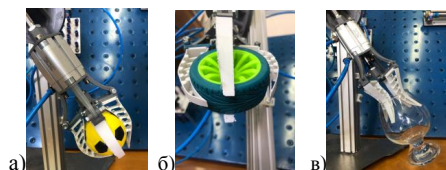


Рис.1. Дослідження характеристик захоплення штучних об'єктів : а) круглої форми б) циліндричної форми ; в) складної форми.

Було досліджено довговічність та якість конструктивних елементів захоплювального пристрою, виготовлених з різних полімерних матеріалів. За результатами експериментальних випробувань була визначена залежність кількості циклів роботи захоплювального пальця до руйнування як функції сили, що прикладається пальцем до об'єкту (рис. 2).

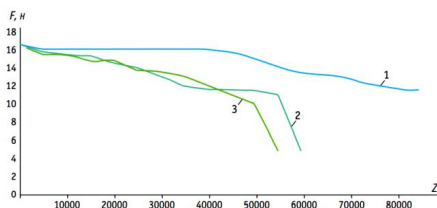


Рис.2. Результати експериментальних досліджень кількості циклів роботи захоплювального пальця до руйнування як функції сили, що прикладається пальцем до об'єкту для матеріалів: 1 - PET; 2 - ABS flex, 3 - Elastan.

Встановлено, що зразки пальців, виготовлені з матеріалу Elastan витримує 40000 до руйнування. Зразки пальців, виготовлені з матеріалу ABS flex дозволяють працювати стабільно до 55000 циклів. Зразки пальців, виготовлені з матеріалу PET характеризуються найбільшими функціональними можливостями Надрукований палець показав можливість стабільної роботи до 80000 циклів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Якимчук М.В. Функціонально модульне проектування машин: моногр. / О.М. Гавва, М.В. Якимчук, Л.О. Кривопляс-Володіна [та ін.]// – К: Видавництво «Сталь», 2015. – 547 с.
2. Пакувальне обладнання : підручник / О.М. Гавва, А.П. Беспалько, А.І. Волчко, О.О. Кохан. – К. : ІАЦ Упаковка, 2010. – 746 с.

Якимчук Микола Володимирович — доктор технічних наук, професор, професор кафедри мехатроніки та пакувальної техніки, Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, e-mail: mykolaiaakymchuk.2016@gmail.com

Данюк Дмитро Валерійович — студент, Національний університет харчових технологій (НУХТ), м. Київ, e-mail: 7.d.boss7@gmail.com

Research of the capture device with expanding functionality advanced functional possibilities

Abstract. The paper considers the design of the mechanical gripping device based on the basis of bionic with advanced functionality for capturing and holding difficult or shaped form of packed objects and the ability to adjust the clamping force of the retaining elements.

Keywords: bionic, gripping device, packaging.

Mykola Iakymchuk — Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Mechatronics and Packaging Technology, National University of Food Technologies (NUFT), Kyiv e-mail: mykolaiaakymchuk.2016@gmail.com

Daniuk Dmytro — student, National University of Food Technologies (NUFT), Kyiv e-mail: 7.d.boss7@gmail.com

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ЩОДО СТВОРЕННЯ ВОДНЕВОЇ СТАНЦІЇ

НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Анотація. У представленій роботі розглянуто комплексний підхід щодо створення водневої станції. Запропонований апарат виробляє водень з морських водойм, що далі застосовується в енергетиці. Описано принцип роботи механізму, його переваги та недоліки, можливі модернізаційні заходи. Також було побудовано графік залежності виділеного газу від сили струму, враховуючи тип реагенту: солона вода або із додаванням розчину натрій карбонату.

Ключові слова: воднева енергетика, відновлювані джерела енергії, електроліз, феромагнітна рідина.

Упродовж довгого часу людство намагається вдосконалити різноманітні методи, направлені на розв'язання передових проблем у світі. Однією з таких глобальних задач є модернізація технологій у енергетичній сфері. Нині існує досить багато пропозицій щодо

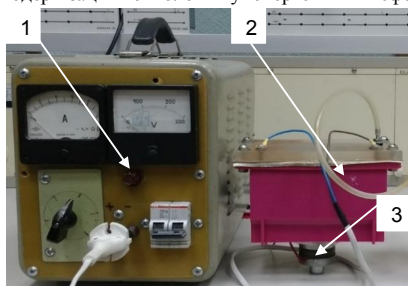


Рис. 1. Загальний вигляд експериментально-дослідної установки: 1 – блок живлення, 2 – електролізер, 3 – ультразвуковий випромінювач.

продукування відновлюваних джерел енергії: сонячна та вітрова вже активно застосовуються як у людських житлах, так і в промисловості. Не менш перспективним видом такого типу ресурсу є водень. Саме тому велика кількість дослідників зараз працюють над створенням нових або покращенням вже заснованих методів з утворення водневого газу.

Земля складається близько на 70% з морів і океанів. Природні, а саме водні, ресурси планети часто занедбують, але рідше використовують для власної потреби без шкідливого впливу на навколишнє середовище. Запропонований нами технологія базується на добуванні водню з солоної води шляхом електролізу. Така технологія дозволить виробляти «зелену» енергію, застосування якій

можна знайти на багатьох підприємствах: машинобудування, паливна, металургія, хімічна, автомобільна та багато інших.

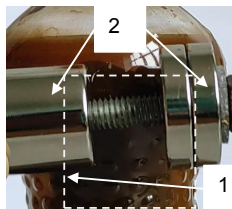


Рис. 2. Виявлена феромагнітна рідина, виділена протягом експерименту: 1 – рідина, що намагнічується, 2 – неодимовий магніт.

Створений прототип водневої станції був розроблений і перевірений на можливість отримання водневої суміші. Вигляд моделі представлений на рис. 1. Спершу морська вода проходить очисну стадію та дещо опріснюється. Завдяки електролітичному способу згодом її піддають дії струму протягом близько півгодини. Унаслідок цього процесу виділяється газ H_2 із деякими домішками, зокрема хлоровмісними. Окрім типових викидів, було виявлено також невідому текучу речовину, що має таку властивість як намагнічування, яка показана на рис. 2. Проводячи дослідження, було з'ясовано, що при додаванні розчину Na_2CO_3 у солону воду об'єм виділеного газу було більшим за однакової дії сили струму: рис. 3. Температура також

впливає на результат, зокрема час процесу та продуктивність генерації газу. Зайві продукти також є негативними для роботи системи. Наприклад, ще недослідженій магнітній речовині можна знайти застосування для отримання феромагнітних рідин, а хлор, можна використати як каталізатор [1]. Енергозбереження може бути досягнуто внаслідок застосування фотопанелей.

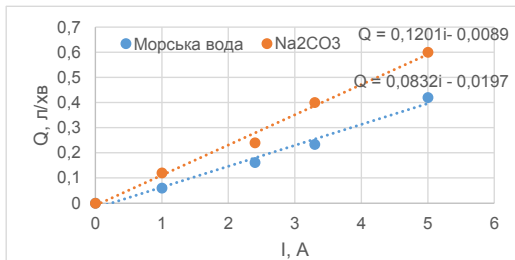


Рис.3. Залежність величини продуктивності генератора водню від сили струму при використанні солоної води та із додаванням розчину Na_2CO_3 ($t = 35^\circ\text{C}$, р пластин: 24 пл., матеріал пластин: AISI 316.

Розробка справжньої водневої станції має супроводжуватися врахуванням і контролем кожної ділянки робочого процесу. Саме тому виникає необхідність у скрупульозному дослідженні фізичних процесів поданого механізму, як-от теплообмін, масоперенос, дифузія, кавітація, барбатація, поверхневий натяг тощо. Управління такої складної системи може відбуватися завдяки штучному інтелекту, який корегує коефіцієнти переносу в залежності від режимів роботи. Ультразвукова кавітаційна

обробка збільшує продуктивність і ефективність процесу [2].

Тож, у поданій статті був розглянутий комплекс методів і підходів для виробництва водню з водних ресурсів нашої планети, їх переваги та недоліки. Результати досліджень показали, що використання солоної води з деякими розчинами, як-от карбонат натрію, є більш доцільним і раціональним. Температура суттєво впливає на хід реакції, тому виникає необхідність у визначенні деякого її граничного значення. Метод отримання відновленої енергії в такий спосіб є досить-таки перспективним у майбутньому. У подальшому планується розглянути більш детально фізичні процеси роботи механізму та їхній вплив, модернізовану інтелектуальну систему для управління процесами станції. Поглиблені дослідження дадуть можливість ефективно керувати запропонованим апаратом, що зможе забезпечити екологічно чистою енергією фактично будь-яку сферу діяльності людини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Катализатор [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://econet.ru/articles/184713-sozdan-effektivnyy-katalizator-dlya-polucheniya-vodoroda-iz-morskoy-vody>.
 2. O. Luhovskiy Increase generation efficiency of hydrogen by the means of ultrasound field and the mechatronic control system of the operation mode / I. Nochnichenko, A. Zilinskyi, V. Mironchuk// International scientific conference “UNITECH 2018”. Vol. I. – Gabrovo, Bulgaria, pp. 1-7, 2018 p.
- Пилипенко Вікторія Віталіївна**, студентка, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, wiktorius8forever@gmail.com
- Ночніченко Ігор Вікторович**, к.т.н., доц., КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ, igornoch@gmail.com
- Костюк Дмитро Вікторович**, к.т.н., ст. викл., КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ, dvkostyuk@gmail.com
- Галецький Олександр Сергійович**, к.т.н., доц., КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, halets kijos@gmail.com

Comprehensive approach to creating a hydrogen station

Abstract. The presented work considers a comprehensive approach to the creation of a hydrogen station. The proposed device produces hydrogen from marine waters, which is then used in energy. The principle of operation of the mechanism, its advantages and disadvantages, possible modernization measures are described. A graph of the dependence of the emitted gas on the current was also constructed, taking into account the type of reagent: salt water or with the addition of sodium carbonate solution.

Keywords: hydrogen energy, renewable energy sources, electrolysis, ferromagnetic liquid.
Viktorii Pylipenko, student, NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, wiktorius8forever@gmail.com
Ihor Nochnichenko, Ph.D., NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, igornoch@gmail.com
Dmytro Kostyuk, Ph.D., NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, dvkostyuk@gmail.com
Halets'kyi Oleksandr, Ph.D., NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, halets'kijos@gmail.com

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ АДАПТИВНОЇ ГІДРОСИСТЕМИ МОБІЛЬНОЇ МАШИНИ

¹Вінницький національний технічний університет (Україна)

²Яський технічний університет «George Asachi» (Румунія)

Анотація

Розроблено комплексний критерій оптимізації адаптивної гідросистеми. Проведена оптимізація та визначені параметри адаптивної гідросистеми, які забезпечують мінімізацію часу регулювання, перерегулювання та втрат потужності.

Ключові слова: мобільна машина, адаптивна гідросистема, математична модель, динамічні характеристики, оптимізація.

Тенденцією розвитку гідросистем мобільних машин є перехід на гідросистеми з електрогідравлічним керуванням. Такі гідросистеми будують на основі регульованих насосів, пропорційної гідроапаратури, датчиків та контролерів. Це дозволяє адаптувати режими роботи гідросистеми до зміни зовнішніх умов роботи машини, [3,4]. Використання гідросистем з електрогідравлічним керуванням в мобільних машинах дозволяє ефективно застосовувати мобільні машини з великою кількістю змінних робочих органів, підвищує продуктивність їх роботи та покращує якість виконуваних робіт, [1,2,6,7,8,9,10].

Авторами запропонована адаптивна гідросистема для мобільної машини, [5]. Гідросистема включає насос змінного робочого об'єму з автоматичним регулятором подачі та розподільником з електрогідравлічним пропорційним керуванням. Розподільник включає регульовані дроселі та клапани перепаду тиску.

Розглянута робота гідросистеми у випадку живлення від насоса гідромотора та гідроциліндра підключених паралельно через відповідні секції розподільника. За допомогою регульованих дроселів, що входять до складу кожної секції розподільника можна регулювати величини витрат, які поступають до гідромотора та гідроциліндра. Наявність у кожній секції клапанів перепаду тиску забезпечує стабільність швидкостей руху гідромотора та гідроциліндра і незалежність цих швидкостей від навантажень. Робочий процес в адаптивній гідросистемі в статичних і динамічних режимах визначається взаємодією регулятора насоса та клапанів перепаду тиску. Стійкість роботи гідросистеми, її швидкодія та перерегулювання визначаються параметрами регуляторів. Виявлено, що основними параметрами, які впливають на динамічні характеристики гідросистеми є: площа дроселя f_0 та коефіцієнт k_z підсилення робочого вікна регулятора насоса, площа демпфера f_2 та коефіцієнт k_y підсилення робочого вікна клапана перепаду тиску. Впливають зазначені параметри на стійкість, час регулювання та перерегулювання в гідросистемі по різному. Вибір параметрів регуляторів, що забезпечують необхідні характеристики гідросистеми виконано на основі розв'язання оптимізаційної задачі. В якості критерія оптимізації використано функціонал, який включає показники часу регулювання t_p , регулювання σ та величину втрат N_y в регуляторі насоса. Оптимізація виконана по розробленій математичній моделі за допомогою методу, розробленого І. Соболев та Р. Статніковим. В процесі оптимізації кожний з параметрів регуляторів змінювався на 3 рівнях. Всього виконано 81 дослід та визначено сполучення параметрів регуляторів, при яких критерій оптимізації має найкраще значення. При оптимальних значеннях параметрів $f_0 = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, $k_z = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $f_2 = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$, $k_y = 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ досягнуті показники роботи гідросистеми: $t_p = 1,1 \text{ с}$, $\sigma = 32 \%$, $N_y = 0,82 \text{ кВт}$, які відповідають вимогам, що висуваються до гідросистем мобільних машин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Burennikov Y. Mechatronics hydraulic drive with regulator based on artificial neural network / Burennikov Y., Kozlov L., Pylivets V., Piontkovich O. // International conference on innovative research – ICIR EUROINVENT – Romania, 2017, Web of Science
2. Kozlov L. G. Scientific foundations for designing the systems of manipulator hydraulic drives with an adaptive neural network-based controllers for mobile working machines. – Manuscript copyright. National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute» of the Ministry of Education of Ukraine, Kyiv, 2015.
3. Sidorenko V. S. Adaptive hydraulic drive with volumetric control of the tool feed of the technological machine / V. S. Sidorenko, V. I. Grishchenko, S. V. Rakulenko, M. S. Poleshkin. – Bulletin of Donetsk State Technical University. – 2017. – No. 2. – P. 88-98.
4. Kazachenko G. V. Research of auger drilling process. Part 1. Formation of mathematical model of the work flow in steady-state drilling / G. V. Kozachenko, A. V. Nagorskiy, G. A. Basalay // Mining mechanics and mechanical engineering. – 2012. No. 3. – P. 65-74.
5. Patent 144036 Ukraine, IPC E02F 9/22 F15B 13/06. Adaptive hydraulic system / L. G. Kozlov, Yu. A. Buriennikov, V. G. Piliavets, S. I. Kotyk. – No. u202002212; declared on April 03, 2020; published on August 25, 2020, Bulletin No. 16. – 5 p.
6. Strutynsky V., Hurzhii A., Kozlov L. Determination of static equilibrium conditions of a mobile terrestrial robotic complex. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu 2019, № 5. ISSN 2071-2227, E-ISSN 2223-2362
7. Oleksandr Petrov. Improvement of the Hydraulic Units Design Based on CFD Modeling / Oleksandr Petrov, Leonid Kozlov, Dmytro Lozynskiy, Oleh Piontkovich // Conference paper Part of the [Lecture Notes in Mechanical Engineering](#) ring book series (LNME) First Online: 07 June 2019.
8. Leonid G. Kozlov, Leonid K. Polishchuk, Mikola P. Korinenko, Roman M. Horbatiuk, Orazalieva S., Ussatova O. Experimental research characteristics of counterbalance valve for hydraulic drive control system of mobile machine., Przegląd Elektrotechniczny n4 (2019), p.104-109, Doi: 10.15199/48.2019.04.18
9. Leonid G. Kozlov, Volodymyr V. Bogachuk, Victor V. Bilichenko, Artem O. Tovkach, Konrad Gromaszek, Samat Sundetov. "Determining of the optimal parameters for a mechatronic hydraulic drive", Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018, 1080861 (1 October 2018), 10 pages; doi: 10.1117/12.25015280861
10. Petrov O., Slabkyi A., Vishtak I., Kozlov L.: Mathematical Modeling of the Operating Process in LS Hydraulic Drive Using MatLab GUI Tools. DSMIE 2020, Lecture Notes in Mechanical Engineering, 1-11 (2020). https://doi.org/10.1007/978-3-030-50491-5_6

Козлов Леонід Геннадійович — доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри технологій та автоматизації машинобудування Вінницького національного технічного університету.

Буренников Юрій Анатолійович — канд. техн. наук, професор, професор, кафедри технологій та автоматизації машинобудування Вінницького національного технічного університету.

Іоан Русу — доктор філософії відділ інженерії металів та промислової безпеки, технічного університету ім. "Gheorghe Asachi", м. Яси, Румунія.

Пиливець Володимир Георгійович — аспірант, кафедри технологій та автоматизації машинобудування Вінницького національного технічного університету.

Abstract

A comprehensive criterion for optimizing an adaptive hydraulic system has been developed. The optimization and parameters of the adaptive hydraulic system are determined, which ensure the minimization of regulation, overregulation and power losses.

Keywords: mobile machine, adaptive hydraulic system, mathematical model, dynamic characteristics, optimization.

Kozlov Leonid G. — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Chair of Technological Automation of Machine Engineering in Vinnytsia National Technical University.

Buriennikov Yuri A. — Cand. Sc. (Eng). Professor, Professor of the Chair of Technological Automation of Machine Engineering in Vinnytsia National Technical University.

Ioan Rusu — Associate professor, (Eng), PhD, Department of Materials Engineering and Industrial Security, Technical University "Gheorghe Asachi" from Iasi, Romania

Pylivets Volodymyr G. — Postgraduate Student of the Chair of technology for automation of machine engineering in Vinnytsia National Technical University.

ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНТРОЛЕРА ТА ПІДСИЛОВАЧА ПРОПОРЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено експериментальні дослідження роботи контролера і підсилювача електромагніта адаптивної гідросистеми. Сформовано рівняння аперіодичної ланки першого порядку, що описує роботу контролера та підсилювача електромагніта.

Ключові слова: гідросистема, контролер, електромагніт, підсилювач, пропорційне керування.

Вступ

При розробленні математичних моделей адаптивних гідросистем необхідно використати математичні описи динамічних процесів, що відбуваються в контролері та системі керування [1, 2].

Результати дослідження

На рис. 1 представлена схема установки для визначення динамічних характеристик контролера та підсилювача пропорційного електромагніту. Схема включає контролер 1, підсилювач 2 на базі LM358 DA4.1 та елементами з параметрами $R1=R3=5\text{ кОм}$, $R2=10\text{ кОм}$, $C1=0,1\text{ мкФ}$, пропорційний електромагніт 3, RC-перетворювач 4, генератор сигналів 5, аналого-цифровий перетворювач L-CARD E14-14OMD 6.

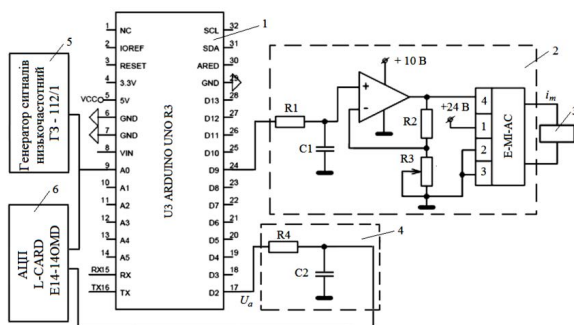


Рис. 1. Схема для визначення характеристик контролера та підсилювача електромагніта

Проведено дослідження реакції контролера на вхідний синусоїдальний сигнал при частотах до 16 Гц. Результати дослідження дозволяють зробити допущення, що при моделюванні контролера його можна розглядати як аналоговий регулятор, що вносить запізнення при передачі сигналу.

В процесі досліджень адаптивної гідросистеми підсилювач та електромагніт підключається до виходу контролера. Вихід контролера забезпечує формування сигналу керування з широтно-

імпульсною модуляцією. Частота сигналу складає 490 Гц. Амплітуда напруги становить 5 В. Підсилювач 2 пропорційного електромагніту живиться постійною напругою $U_g = 24$ В. На виході контролера формується ступінчатий сигнал з максимальним значенням напруги $U_a = 4,5$ В. Реєстрація сигналу на виході підсилювача 2 виконується за допомогою аналого-цифрового перетворювача L-card E14-14ОМ.

На основі експериментальних даних сформовано рівняння аперіодичної ланки першого порядку, що описує роботу контролера та підсилювача електромагніта:

$$T_n \frac{di_m}{dt} + i_m = k_{ng} U_a, \quad (1.1)$$

де $T_n = 0,02$ с, $k_{ng} = 0,27$ А/В.

Висновки

Проведено експериментальні дослідження та визначено динамічні характеристики роботи контролера і підсилювача електромагніта адаптивної гідросистеми. Сформовано рівняння, що описує роботу контролера та електричної частини системи керування на основі апроксимації експериментальних даних.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kozlov L. G. Scientific foundations for designing the systems of manipulator hydraulic drives with an adaptive neural network-based controllers for mobile working machines. – Manuscript copyright. – National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute» of the Ministry of Education of Ukraine, Kyiv, 2015, p. 421.

2. Leonid G. Kozlov, Volodymyr V. Bogachuk, Victor V. Bilichenko, Artem O. Tovkach, Konrad Gromaszek, Samat Sundetov "Determining of the optimal parameters for a mechatronic hydraulic drive", Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018, 1080861 (1 October 2018), 10 pages; doi: 10.1117/12.25015280861.

Козлов Леонід Геннадійович – д. т. н., професор, завідувач кафедри ТАМ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: osna2030@gmail.com

Буренников Юрій Анатолійович – к. т. н., професор кафедри ТАМ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: yu.burennikov@gmail.com

Пілявець Володимир Георгійович – інженер кафедри ТАМ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: volodymyr.pyliavets@gmail.com

Товкач Артем Олегович – інженер кафедри ТАМ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: TovkachAO@gmail.com

Проценко Дмитро Петрович – к.т.н., доцент кафедри ЕМСАПТ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: procenko.dp@vntu.edu.ua

Determination of the dynamic characteristics of the controller and amplifier of the proportional electromagnet

Abstract

Experimental researches of work of the controller and the amplifier of an electromagnet of adaptive hydraulic system are carried out. The equation of the aperiodic link of the first order is described, which describes the work of the controller and amplifier of the electromagnet.

Keywords: *hydraulic system, controller, electromagnet, amplifier, proportional control.*

Kozlov Leonid G. – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: osna2030@gmail.com

Buriennikov Yurii A. - Cand. Sc. (Eng), Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: yu.burennikov@gmail.com

Pylyavets Volodymyr G. - Engineer of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: volodymyr.pyliavets@gmail.com

Tovkach Artem O. – Engineer of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: TovkachAO@gmail.com

Protsenko Dmytro P. - Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Electromechanical Systems Automation in Industry and Transport Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: procenko.dp@vntu.edu.ua

О.В. Петров¹
Мілан Едл²
Я.А. Молчанов¹
О.О. Завальнюк¹

ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОФІЛІВ ПЛАСТИН ЛАНЦЮГОВИХ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

¹Вінницький національний технічний університет

²Західночеський університет (м. Пльзень, Чехія)

Анотація

У роботі розглядаються існуючі методи виготовлення профілів пластин ланцюгових зубчастих передач. Встановлено, що виготовлення евольвентного профілю пластини найбільшою мірою забезпечує високі експлуатаційні характеристики роботи ланцюгових передач зубчастих передач.

Ключові слова: механічна передача, ланцюг, зубчата передача, профіль пластини ланцюга.

Пріоритетними напрямками розвитку машинобудування є удосконалення та впровадження нових механізмів і передач, а також розробка методів їх виробництва. Серед різноманіття застосовуваних механічних передач особливе місце займають ланцюгові передачі з зубчастим ланцюгом. Вони застосовуються в верстатобудуванні, нафтогазовому комплексі, сільськогосподарських машинах, підйомно-транспортних пристроях, на транспорті та інших машинах [1].

Будь-яка зубчата ланцюгова передача складається з ланок, що представляють собою блок паралельно розташованих пластин, які з'єднуються за допомогою шарнірів. Форми зубів зірочок багато в чому визначають працездатність і довговічність роботи передачі. При виготовленні і формоутворенні зубів зірочок використовують методи копіювання або ділення, які відрізняються низькою продуктивністю і точністю. Підвищення якості матеріалів і впровадження нових технологій дозволило розширити сферу застосування зубчастих ланцюгів в різних галузях машинобудування, особливо там, де основними вимогами до ланцюгових передач є висока точність позиціонування, швидкість передачі, компактність і мала шумність. Неточність виготовлення зірочки, при їх високих частотах обертання, може істотно збільшити нерівномірність роботи ланцюгової передачі, ударні навантаження і шум. Тому в зарубіжних аналогах перевагу віддають зірочкам з криволінійним профілем зубів. Виготовлення таких зірочок в умовах організацій, що експлуатують ланцюгові передачі, малих підприємств, ремонтних майстерень, що мають обмежену кількість зуборізного обладнання та інструменту, є складним [2].

Одним з основних факторів, що впливають на довговічність ланцюгової передачі з зубчастою ланцюгом, є профіль робочої ділянки зуба зірочки. В даний час у вітчизняному машинобудуванні використовуються переважно зірочки з прямолінійним профілем зубів. Але прямолінійний профіль має істотний недолік: при його формоутворенні застосовується метод поділу, що характеризується низькою продуктивністю і невисоким ступенем точності [3].

Існує кілька методів виготовлення зірочок ланцюгів, в основу яких покладені принципово відмінні один від одного способи формоутворення зубів, зокрема:

- копіювання (робочі кромки інструменту відповідають профілю западини зубів зірочки);
- огинання (за допомогою верстатного зачеплення здійснюється взаємозалежний рух інструменту і заготовки).

З варіантів, які передбачають використання методу копіювання можна виконати:

- нарізання зубчастого колеса модульною дисковою фрезою, проекції різальних кромок яких відповідають формі западин зубів зірочки. Нарізування зубів зірочки проводиться в такій

послідовності: прорізається западина першого зуба, потім заготовка за допомогою ділильного пристрою повертається на кутовий крок і прорізається наступна западина, поки не будуть нарізані всі зубці зірочки. Даний спосіб має низьку продуктивність, точність і якість поверхні;

- виліток зірочки в форму, при якій внутрішня поверхня ліварної форми повторює зовнішню поверхню зірочки. Цей метод економічно доцільніший в умовах серійного і масового виробництва.

Найбільшого поширення при виготовленні зірочок методом огинання отримали:

- обробка на зубофрезерних або зубодовбальних верстатах черв'ячними фрезами або довбачем. Продуктивність такого методу досить висока, чистота поверхонь середня. Можна обробляти колеса з матеріалів з невисокою твердістю поверхні;

- накатка зубів за допомогою спеціального профільованого інструменту. Забезпечує високу продуктивність і хорошу чистоту поверхні. Застосовується для пластичних матеріалів, зазвичай на етапах чорнової обробки. Недолік методу – утворення наклепу на поверхні інструменту, ріжуча кромка якого змінює свої розміри після роботи.

Профіль зуба зірочки для ланцюгової передачі з зубчастої ланцюгом повинен відповідати наступним вимогам і забезпечити:

- вільний вхід і вихід пластин зубчастої ланцюга із зачеплення із зірочкою;
- надійність зчеплення зірочки із зубчастої ланцюгом;
- великий термін довговічності зірочок;
- максимальне зниження ударних навантажень при вході зубчастого ланцюга в зачеплення із зірочкою;
- мінімальний знос ланцюга у зачепленні пари «пластина ланцюга – зуб зірочки»;
- можливість використання найбільш продуктивного способу формування профілів зубів.

Для виконання цих вимог необхідно знайти спеціальну форму зуба, яка здатна забезпечити максимальну тривалість роботи передачі. При цьому важливим аспектом процесу формування зубів є застосування найбільш точних і продуктивних способів їх виготовлення, які передбачають застосування стандартного ріжучого інструменту.

Спроектований по евольвенті профіль зірочки спрощує завдання проектування ріжучого інструменту, який окреслений прямими лініями. Основні переваги евольвентного профілю полягають в наступному:

- нарізування евольвентних зірочок заданого кроку з будь-яким числом зубів одним інструментом;
- застосування методу огинання зубів в умовах одиничного виробництва;
- проектування для нестандартних зубчастих ланцюгів ремонтних зірок, які використовуються в зарубіжних передачах і обладнанні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Решетов Д. Н. Детали машин : учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов / Д. Н. Решетов. – 4-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1989. – 496 с.
2. Павлице В. Т. Основы конструирования та розрахунок деталей машин : підручник / В. Т. Павлице. – Львів : Афіша, 2003. – 560 с.
3. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. – Харків : НТУ «ХПІ», 2020. – 275 с.

Петров Олександр Васильович — канд. техн. наук, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: petrovov@vntu.edu.ua;

Едл Мілан — Ph.D., декан машинобудівного факультету, Західночеський університет, м. Пльзень, e-mail: edl@fst.zcu.cz;

Молчанов Ярослав Анатолійович — аспірант кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: Iim.15b.molchanov@gmail.com;

Завальнюк Ольга Олександрівна — студент групи ІПМ-186, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет м. Вінниця, e-mail: olyazavalnyuk@gmail.com.

REVIEW OF METHODS FOR MAKING PROFILES OF PLATES OF CHAIN GEARS

Abstract

The paper deals with the existing methods of making the profiles of the plates of chain gears. It has been determined that the manufacture of the involute profile of the plate to the greatest extent provides high performance characteristics of the operation of chain gears.

Key words: mechanical transmission, chain, gear transmission, chain plate profile.

Petrov Oleksandr V. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor, Department of Machine-building technology and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: petrovov@vntu.edu.ua;

Edl Milan — doc. Ing., Ph.D., FEng., dean of the Faculty of mechanical engineering, University of West Bohemia, Pilsen, e-mail: edl@fst.zcu.cz;

Molchanov Yaroslav A. — post-graduate student of the Department of Mechanical Engineering and Automation Technology, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: 1im.15b.molchanov@gmail.com;

Zavalniuk Olha O. — student of the Faculty of Machine-building and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: olyazavalnyuk@gmail.com.

РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КРАПЛЕПЕРЕНЕСЕННЯ ПРИ НАПЛАВЛЕННІ ЕЛЕКТРОДНИМИ СТІЧКАМИ З ЗАСТОСУВАННЯМ МЕХАНІЧНОГО КЕРУЮЧОГО ВПЛИВУ

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Анотація

Представлені результати проведених досліджень наплавлення під флюсом стрічковим електродом з застосуванням механічного керуючого впливу на електрод.

Ключові слова: наплавлення, стрічковий електрод, механічний вплив, краплеперенесення, пристрій.

Вступ

На даний час відсутні данні про розмір та температуру крапель електродного металу, що переносяться з торця стрічкового електроду з застосуванням механічного керуючого впливу. Відомі дослідження про краплеутворення при напавленні дрютяним електродом, однак відсутні узагальнюючі данні, які дозволять розробляти математичні моделі краплеутворення та будувати розрахункові методики на їх основі [1, 2].

Результати дослідження

В роботі запропоновано пристрій для дослідження наплавлення стрічковим електродом, який дозволяє отримати на торці електроду рідкий метал, тепломісткість якого буде практично однаковою з різних ділянок торця електроду.

Для дослідження процесу наплавлення одним та двома стрічковими електродами автором дисертаційної роботи було розроблено пристрій (рис. 1).

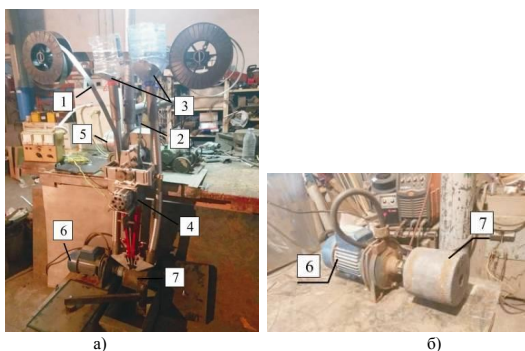


Рис. 1. Пристрій для дослідження процесу краплеперенесення при напавленні електродними стрічками із застосуванням механічного керуючого впливу: а) конструкція пристрою; б) пристрій збору крапель; 1, 2 – перший та другий стрічкові електроди; 3 – бункери з флюсом; 4 – пристрій для наплавлення одним та двома стрічковими електродами; 5, 6 – двигуни постійного струму; 7 – графітовий циліндр

Краплі електродного металу отримували при наплавленні на обертаючийся з постійною швидкістю графітовий циліндр зі змінним струмопідведенням. Швидкість обертання циліндру встановлювали таким чином, щоб лінійна швидкість точок його поверхні знаходилась в межах рекомендованого діапазону швидкості наплавлення – 10÷18 м/год. Під циліндром було розташовано приймальний лоток, дно якого було вкрито шаром глинозему для запобігання приварювання крапель до лотку. Для дослідження використовували електродні вуглецеві стрічки марок 08кп, 30ХГСА та аустенітну стрічку марки 12Х18Н10Т. Стрічкові електроди попередньо були обрізані до отримання однакового перерізу 30×0,5 мм для запобігання впливу розмірів стрічок на процес їх розплавлення.

Для наплавлення використовувався автомат самохідний типу А-874Н. Як джерело зварювального струму використовували випрямляч ВДУ-1201. Наплавлення валиків на пластини зі сталі Ст3 товщиною 20 мм виконували на зворотній полярності шириною від 22 мм до 45 мм і товщиною від 0,5 мм до 1,2 мм. При дослідженні процесу наплавлення використовувалися наступні параметри режиму: сила зварювального струму – 320÷850 А; напруга на дузі – 28÷42 В.

Висновки

Розроблено пристрій для дослідження краплеперенесення електродного металу при електродуговому наплавленні стрічковим електродом з використанням механічного керуючого впливу на електрод, що дозволяє визначати розміри і маси крапель електродного металу. Встановлено оптимальні параметри частоти коливань, при яких середній радіус та маса крапель зменшується, забезпечуючи дрібнокрапельне перенесення без коротких замикань дугового проміжку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Modelling and analysis of metal transfer in gas metal arc welding / F. Wang, W. K. Hou, S. J. Hu et al. // J. Phys. D: Applied Physics. — 2003. — 36. — P. 1–19
2. Mathematical modeling of metal active gas arc welding / T. Yamamoto, T. Ohji, F. Miyasaka, Y. Tsuji // Sci. and Technol. of Welding & Joining. — 2002. — 7, No 4. — P. 260–264.

Лаврова Олена Володимирівна — доктор техн. наук, доцент кафедри автоматизації та механізації зварювального виробництва, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м.Маріуполь
Іванов Віталій Петрович — доктор техн. наук, професор кафедри автоматизації та механізації зварювального виробництва, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м.Маріуполь
Якименко Віктор Андрійович — студент групи ТіУЗ-18П, факультет машинобудування та зварювання, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м.Маріуполь

Development of a device for studying the process of droplet transfer during surfacing with strip electrodes using mechanical control influence

Abstract

The results of the research of submerged arc surfacing with a tape electrode with the use of mechanical control action on the electrode are presented.

Keywords: surfacing, tape electrode, mechanical impact, drip transfer, device.

Lavrova Elena V. — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of Department of Automation and Mechanization of Welding Production, State Higher Educational Institution «Priazovskiy State Technical University», Mariupol, lavrova.e.v.pstu.edu@gmail.com

Ivanov Vitaliy P. — Doctor of Technical Sciences, Professor of Department of Automation and Mechanization of Welding Production, State Higher Educational Institution «Priazovskiy State Technical University», Mariupol

Yakimenko Viktor A. — student of Department of Mechanical Engineering and Welding, State Higher Educational Institution «Priazovskiy State Technical University», Mariupol

ПОЛПШЕННЯ МАСО-ГАБАРИТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ ВИГОТОВЛЕНИХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ 3D-ДРУКУ

Анотація

В роботі розглянуто один із способів зменшення маси деталей виготовлених із пластику із застосуванням технології 3D-друку шляхом їх виконання із частковим заповненням різного типу. Також виконано дослідження по визначенню маси однотипних деталей надрукованих із застосуванням різних типів шаблонів часткового заповнення та визначено їх міцність на згин.

Ключові слова: 3D-друк, часткове заповнення, шаблон заповнення, дослідження на згин, границя міцності.

Застосування технології 3D-друку дозволяє виготовляти деталі не суцільними, а пустотілими із заповненням, що сполучає стінки поверхнь деталі відрізками, які будуються у вигляді різних геометричних фігур, таких як: «зигзаг», «шестигранник», «хвиля» тощо.

Виготовлення деталей таким способом дозволяє суттєво знизити їх вагу без суттєвої втрати міцності та жорсткості, що є надзвичайно важливими характеристиками для несвільних корпусних деталей.

Авторами [1] було встановлено, що часткове заповнення матеріалом деталі фактично не впливає на границю міцності при згині. Оптимальним частковим заповненням деталі знаходиться в межах 40...50%, що дозволяє досягнути мінімального збільшення величини деформації деталі на згин у порівнянні із суцільною деталлю.

На рис. 1 показано 3D-модель елемента корпусу прототипу робота-розвідника [2], маса якої становить 61 грам, а на рис. 2 представлено візуалізацію процесу 3D-друку корпусу прототипу робота із використанням функції заповнення «Трикутник».

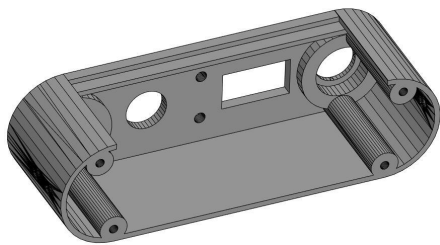


Рисунок 1 – 3D-модель корпусу прототипу робота-розвідника

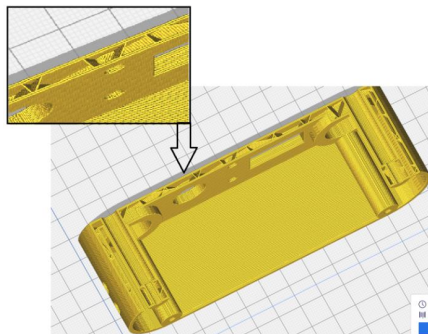


Рисунок 2 – Візуалізація процесу 3D-друку корпусу робота із використанням функції заповнення «Трикутник»

Нами було виконано дослідження для визначення маси деталі корпусу робота (рис. 1) в залежності від величини часткового заповнення деталі у відсотках. Результати наведені на рис. 3.

З рис. 3 видно, що найменша маса деталі при збереженні високої межі міцності із використанням значення заповнення в межах 40%, досягається при використанні таких типів заповнення, як: «Шестигранник», «Сітка» та «Трикутник».

Зразки деталей із заповненням 20, 40, 60 та 80% типу «Трикутник» були піддані дослідженню на згин на лабораторній установці НТЦ-13.04.20, [3]. Результати дослідження наведені на рис. 4.

Аналізуючи діаграму рис. 4 можна зробити висновок, що найбільш оптимальною величиною заповнення є 40% (маса – 47 г), при якому міцність деталі майже не відрізняється від міцності деталі виготовленої із 80% заповненням (маса – 56 г).

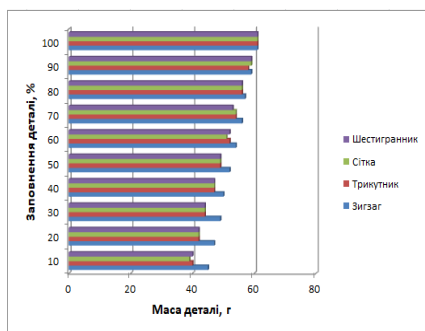


Рисунок 3 – Діаграма залежності маси деталі отриманої за допомогою 3D-друку та величини часткового заповнення деталі різного типу

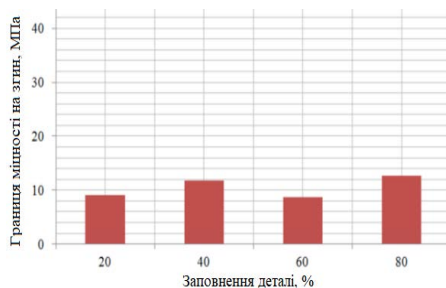


Рисунок 4 – Результати випробувань

Маса виготовленої частини корпусу робота із заповненням типу «Трикутник» становить 47 грам. Таким чином було досягнуто значне зменшення маси усього робота-розвідника, що дозволило підвищити його питому потужність та вагу обладнання на його борту, зокрема, акумуляторів. Це дає можливість суттєво підвищити час автономності роботи робота.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Балашов А.В., Черданцев А.О., Новиковский Е.А., Ананьин С.В., Белопловтов С.В. Исследование прочности изделий, полученных методом 3D-печати // Ползуновский вестник. – 2016. – № 2. – С. 61-64.
2. Малогабаритний колісний розвідувальний робот [Електронне видання] / Манжілевський О.Д., Коваль В.М. // XLIX регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області. – Вінниця : ВНТУ, 2020.
3. Обладнання автоматизованих виробництв. Частина 2. Автоматичні лінії. Гнучкі виробничі системи. Транспортно-завантажувальні пристрої : навчальний посібник / Р. Д. Іскович-Лотоцький, О. Д. Манжілевський – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 129 с.

Манжілевський Олександр Дмитрович – канд. техн. наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: manzhilevskyy@gmail.com.

Белзєцький Руслан Станіславович – канд. техн. наук, доцент кафедри інтеграції навчання з виробництвом, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: fitki.inv@gmail.com

IMPROVEMENT OF WEIGHT AND DIMENSIONAL CHARACTERISTICS OF PARTS MANUFACTURED WITH THE USE OF 3D PRINTING TECHNOLOGY

Abstract

The paper considers one of the ways to reduce the weight of parts made of plastic using 3D-printing technology by performing them with partial filling of different types. A study was also performed to determine the mass of the same type of parts printed using different types of partial filling templates and their flexural strength was determined.

Keywords: 3D printing, partial filling, filling template, bending research, tensile strength.

Manzhilevskyy Alexander D. – Cand. Techn. Sc., the Associate Professor of Industrial Engineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: manzhilevskyy@gmail.com.

Belzetsky Ruslan S. – Cand. Techn. Sc., the Associate Professor of Integration of Education with Production, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: fitki.inv@gmail.com

СТЕНД ДЛЯ СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Розглянуто існуючі моделі обертових столів для створення 3D-моделей. Розроблено конструкцію та виготовлено обертову платформу. Розроблено схему підключення електронних компонентів та програмний код для керування роботою платформи.

Ключові слова: фотограмметрія, прототипування, адитивні технології, обертовий стіл, 3D-модель.

Вступ

В сучасному світі немає жодної області, де б не використовувались 3D-моделі. Широке поширення надає можливість 3D-прототипування об'єктів зі складною поверхнею з мінімальною витратою часу. Такі об'єкти створюють в машинобудування, автомобілебудування та медицині.

Метою роботи є розроблення стенду для створення 3D-моделей реальних об'єктів.

Результати дослідження

Одним з способів створення 3D-моделей для прототипування є 3D-сканування предметів. До недавнього часу область застосування такого способу була обмеженою. Це було зумовлено високою вартістю пристроїв 3D-сканерів. Таке обладнання застосовувалося лише в інженерному виробництві і для контролю якості.

В нинішній час широкого розвитку набула методика створення 3D-моделей з використанням фотограмметрії. Це найпростіший спосіб створення 3D-моделей на основі фотозображень об'єкта. Принцип роботи стенду по створенню 3D-моделей полягає у виконанні послідовності зображень об'єкта, що обертається на платформі обертового столу, з подальшою обробкою цих зображень. У цьому випадку необхідно зробити вказану кількість фотографій, обертаючи об'єкт, встановлений на платформі. Такий спосіб дозволяє автоматизувати процес зйомки зображень, а також підвищити якість зйомки. Обертовий стіл з керуванням швидкістю обертання та кутом повороту від мікроконтролера має низку переваг, а саме, простота виготовлення, мобільність установки, а також можливість використовувати бюджетні фотокамери або сучасного мобільного телефону.

Типовий стенд для створення 3D-моделей складається з обертової платформи, основи, крокового двигуна, мікроконтролера, драйвера двигуна та елементів управління. Для закріплення камери або смартфона використовується штатив.

В залежності від розмірів та ваги прототипів для фотографування обертова платформа може бути встановлена на роликах або колесах, які розташовані по периметру основи або на центральний опорний підшипник. Нами обрано варіант з використання опорного підшипника. Такий варіант має меншу кількість деталей, менший шум при роботі обертової платформи та більшу вантажопідъемність.

Використання адитивних технологій дозволяє швидко виготовляти елементи конструкцій достатньо складної форми. Розповсюдження сучасних 3D принтерів дозволило виготовляти не тільки макетні зразки, але й повнорозмірні конструкції з пластику. Для виготовлення елементів конструкції обертового столу нами використовувався ABS пластик (див. рис.1)

В якості двигуна ми використовуємо кроковий двигун NEMA17 17HS4401.

Для управління роботою обертового столу ми використали мікроконтролер Arduino Uno.



Рис. 1. Обертова платформа, що виготовлена методом 3D друку



Рис. 2. Мікроконтролер Arduino Uno

Розроблено схему підключення елементів та програмний код управління роботою крокового двигуна. Забезпечено синхронізацію руху оберткової платформи та спрацювання камери фотоапарату або мобільного телефону.

Висновки

Розроблено стенд для створення 3D-моделей реальних об'єктів. При його використанні з'являється можливість створювати 3D-моделі без застосування спеціалізованого обладнання. Використання методики фотограмметрії на основі обробки серії фотозображень об'єкту з різних сторін дозволяє спростити та пришвидшити процес формування моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Установка для 3D-сканирования малогабаритных объектов на основе бытовой фотокамеры. Режим доступу: <http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/40610/1/TPU410720.pdf>.
2. Поворотный стол для фото 360. Режим доступу: <http://politech28.ru/blog/povorotnyj-stol-dlya-foto-360>
3. Do It Yourself Turntable For 360 Degree Product Photography. Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=2lO2VsZFAz0>.

Таранік Артем Вікторович — студент групи ППМ-186, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Котик Максим Іванович — студент групи ППМ-186, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Сухоруків Сергій Іванович — канд. техн. наук, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: suhorukov@vntu.edu.ua

STAND FOR CREATING 3D MODELS

Abstract

Existing models of rotating tables for creating 3D models are considered. The structure was developed and a rotating platform was made. The scheme of connection of electronic components and the program code for management of work of a platform are developed.

Keywords: photogrammetry, prototyping, additive technologies, rotating table, 3D model.

Taranik Artyom V. — student of the Faculty of Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Kotyk Maxim I. — student of the Faculty of Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Sukhorukov Serhiy I. – Cand. Sc. (Eng.), Ass. Prof. of the Department of Machine-Building Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: suhorukov@vntu.edu.ua

МОДЕЛЮВАННЯ МЕТАЛЕВОГО ЛИСТОВОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ ХОЛОДНОЇ ОБРОБКИ ТИСКОМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі розглянуто питання моделювання листових металевих матеріалів з урахуванням локалізації властивостей для процесів холодної пластичної деформації.

Ключові слова: локалізація властивостей, холодна пластична деформація, моделювання матеріалу

Вступ

В процесі холодного пластичного деформування металів і сплавів суттєвий вплив на можливість отримання придатних виробів мають усереднені та локальні властивості матеріалу. Дослідженнями [1] встановлено, що узагальнені характеристики матеріалу визначають лише усереднену можливість отримання виробу. Можливість отримання конкретного бездефектного виробу залежить від його локальних властивостей. При цьому, процеси холодної пластичної деформації на мікрорівні проявляють себе у вигляді пограничної та транскристалітної деформації та переміщень. В залежності від розмірів кристалів, їх будови, геометрії, взаємної орієнтації кристалографічних осей відбуваються процеси виникнення і накопичення мікропошкоджень. Зі збільшенням їх густини зростає ймовірність утворення макродефектів, руйнування, браку. З енергетичної точки зору, поява мікро- і макродефектів та пошкоджень – це робота, яка виконана накопиченою внутрішньою енергією матеріалу. Важливе значення має не тільки сумарна накопичена енергія, але й її перерозподіл в локальних об'ємах матеріалу.

Результати досліджень

Пластична деформація впливає на структуру матеріалу на різних масштабних рівнях, змінюючи розподіл та щільність дефектів, об'ємну долю та структуру вторинних фаз. Детально ці явища розглянуті в роботах [2].

При розгляді процесу деформації полікристалічних тіл необхідно приймати до уваги:

- а) неоднакову орієнтацію окремих кристалів;
- б) відмінні пружні і пластичні властивості кристалів, якщо мова йде про різні фази;
- в) наявність поверхонь поділу зерен як перешкод для руху дислокацій.

Більшість сучасних дослідників вказує на те, що необхідно виділити поверхні поділу зерен не тільки як фактор, який пов'язаний розмірами зерен та їх розорієнтацією, але і як окремий структурний елемент [3]. Це обумовлено суттєвою неоднорідністю напружено-деформованого стану в зв'язку із присутністю поверхонь поділу [4]. Пластична деформація є результатом незворотного переміщення дефектів ґратки, головним чином, дислокацій. При дії навантаження відбувається гетерогенне зародження дислокацій на зовнішніх і внутрішніх поверхнях поділу (поверхні матеріалу, поверхні зерен і фаз) [5]. Поля напружень, які виникають, накладаються на зовнішні, це може приводити до того, що і в сусідніх зернах буде досягнуте напруження, яке активує переміщення дислокацій. Пластична деформація передається в сусідні об'єми (кристаліти, що стикаються). Процес утруднюється, коли розмір зерна зменшується і зменшується кількість дислокацій, які скупчуються на поверхнях поділу зерен, зменшуються поля напружень, а головним чином, збільшується набір розорієнтувань зерен, що сумарно робить поверхні поділу більш ефективними перешкодами [6]. Таким чином, для металевих матеріалів доцільно розглядати зони з структурою або властивостями, що відрізняються. При цьому такі зони формуються з елементів, що мають постійні геометричні розміри (рисунок 1). Кожна така зона, в свою чергу може формуватись з елементів з такими ж властивостями і пропорційно розмірам зберігаючи принцип фрактальності.

Зона 1	Зона 2	Зона 1	Зона 4
Зона 4	Зона 3	Зона 2	Зона 1
Зона 2	Зона 4	Зона 1	Зона 4

Рисунок 1 – Випадковий розподіл зон з різними властивостями

В результаті такого підходу, на основі відомих властивостей окремих зон, можна змоделювати локальні зони з випадковими характеристиками, що відповідають гомогенному реальному матеріалу. Для досягнення такого ефекту необхідно володіти інформацією про взаємодію таких зон, їх кількість та реакцію на зовнішні впливи певного виду.

Кількість видів локальних зон доцільно приймати рівною кількості структурних складових, що входять до складу матеріалу. При цьому для кожної структурної складової потрібно володіти інформацією про криву текучості, поверхню граничних деформацій та інші фізико-механічні характеристики, що ускладнює розрахунки. Як альтернативний варіант для призначення властивостей локальних зон, необхідних для розрахунків, можна скористатись довідниковими даними призначивши властивості зон на основі залежності:

$$T_i = T_{i-1} + \frac{\Delta T}{n}, \quad (1)$$

де T_i – характеристика i -ої зони; T_{i-1} – характеристика $(i-1)$ -ої зони; n – кількість зон; $\Delta T = T_{max} - T_{min}$ – розкид характеристик; $T_1 = T_{min} + \frac{\Delta T}{2n}$.

Альтернативний варіант більш простий у використанні, проте не забезпечує прив'язку до характеристик структурних складових. Розсіювання значень реальних характеристик металів і сплавів може становити до 30% [7], що свідчить про різноманітні комбінації локальних властивостей одного і того ж матеріалу під час випробувань.

Висновки

1. Моделювання металевих матеріалів для процесів обробки металів тиском доцільно проводити на основі випадкового розбиття матеріалу заготовки на зони.
2. Характеристики зон визначають на основі запропонованих залежностей (1).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Савуляк В. В. Оцінка розповсюдження значення використаного ресурсу пластичності для процесів обробки тиском листових матеріалів / В. В. Савуляк, В. Г. Писаренко, Р. О. Мордач, М. О. Мордач // Наукові нотатки. - 2016. - Вип. 54. - С. 268-272. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Np_2016_54_50.
2. Панин В.Е. Системный подход к описанию деформируемого твердого тела / В.Е. Панин // Поверхностные слои и внутренние границы раздела в гетерогенных материалах / Под ред. В.Е. Панина – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. – С. 11-31.
3. Кузін О.А. Керування властивостями поверхонь конструкційних сталей і сплавів спрямованим впливом на складові їх структури: дис. ... доктора техн. наук : 05.03.06 / Кузін Олег Анатолійович. – К., 2021. – 493 с.
4. Чувельдеев В.Н. Неравновесные границы зерен в металлах. Теория и приложения / В.Н. Чувельдеев. – М.: Физмат. 2004 – 304 с.
5. Gross D. Constructing microstructures of poly- and nanocrystalline materials for numerical modeling and simulation / D. Gross, M. Li // Appl. Phys. Letters. – 2002. – V.80 – P. 746-748.
6. Козлов Э.В. Барьерное торможение дислокаций. Проблема Холла-Петча / Э.В. Козлов, А.Н. Жданов, Н.А. Конева // Физическая мезомеханика. – 2006. – Т.9. – № 3. – С. 81-92.
7. Савуляк, В., Василюшен, В., Салин, Д., Гиньковский, Я., Воронина, А. / Підвищення якості виготовлення холодною пластичною деформацією на прикладі віссиметричної деталі "Втулка"//. в *HTKP BHTV* (2021). *Факультет машинобудування та транспорту*.

Савуляк Віктор Валерійович – к.т.н., доцент, доцент кафедри технології та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vvsav81@gmail.com;

SIMULATION OF METAL SHEET MATERIAL FOR RESEARCH OF COLD PRESSURE PROCESSING

Abstract

The paper considers the modeling of sheet metal materials taking into account the localization of properties for the processes of cold plastic deformation.

Keywords: localization of properties, cold plastic deformation, material modeling

Savulyak Viktor – Ph.D., Associated Professor, Vinnytsia National Technical University, E-mail: vvsav81@gmail.com.

ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ФОРСУНОК АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Приведений короткий аналіз методів діагностування електромагнітних форсунок. Обґрунтована необхідність удосконалення методів і способів визначення технічного стану форсунок з метою автоматизації процесу діагностування. Пропонується діагностична модель електромагнітної форсунки в системі Simulink.

Ключові слова: діагностування, форсунка, моделювання, технічний стан, мехатронна система.

Система впорскування палива автомобільного двигуна є мехатронною системою, яка містить електронний блок керування, набір датчиків, що збирають інформацію про стан системи в будь-який момент часу, а також виконавчі пристрої, які керуються електронним блоком керування. Електромагнітні форсунки є основним виконавчим елементом подачі палива в системах керування двигуном. Паливо подається форсуною або у впускний колектор або безпосередньо в камеру згоряння, в залежності від конструкції системи (розподілене або безпосереднє впорскування). Технічний стан електромагнітних форсунок безпосередньо впливає на багато показників роботи двигуна. Несправності форсунок призводять до збільшення витрати палива, забруднення навколишнього середовища, падіння потужності і нестійкої роботи двигуна.

Питання достовірного і швидкого діагностування форсунок впорскування палива на сьогоднішній день вивчено недостатньо, хоча відомо багато способів визначення їх технічного стану [1, 3, 4]. В достатній мірі описані технології діагностування електричної частини форсунок. Але поки недостатньо вивчене питання діагностування механічної частини форсунок: діагностування чіткості фактичного відкриття і закриття форсунки, діагностування ступеня забруднення форсунки, діагностування ступеня зносу елементів форсунки.

Технічний стан електромагнітних форсунок характеризується певною кількістю діагностичних параметрів [1-4]. Для отримання цих параметрів застосовуються різні підходи та різне діагностичне обладнання. Одним з найбільш поширених є аналіз параметрів бортової діагностики із застосуванням сканера OBD. Такий підхід дозволяє зчитувати та аналізувати коди помилок, аналізувати збережені параметри мехатронної системи на момент виникнення несправності. Система OBD також дає можливість тестового керування виконавчими пристроями під час роботи двигуна. Електрична частина та система керування форсунки можуть бути продіагностовані із застосуванням мотор-тестера або осцилографа. Такий підхід дозволяє проаналізувати осцилограми електричних сигналів керування форсуною. Основними діагностичними параметрами електромагнітної форсунки є [2, 3, 4]: робочий тиск у порожнині сопла, рівний робочому тиску в паливній рампі; продуктивність форсунки, яка визначається пропускнуною спроможністю форсунки у відкритому стані; напруга форсунки для її надійного спрацьовування; мінімальний час паливного циклу (мінімальний час відкритого стану форсунки); внутрішній опір котушки соленоїда форсунки. Швидкодія форсунки визначається жорсткістю зворотної пружини, а також індуктивністю обмотки та масою голки форсунки.

Процес діагностування електромагнітної форсунки полягає у визначенні її параметрів та автоматизованому аналізі значень цих параметрів. З цієї метою виконано моделювання робочого процесу форсунки (діагностична модель). Таке моделювання виконане в системі Simulink, яка входить у програмний пакет Matlab [5]. Система Simulink дає можливість реалізовувати принцип візуального програмування. Набори блоків зі стандартних бібліотек Simulink дають можливість користувачу створити окремі модулі функціонування системи впорскування палива, як мехатронної системи. Модулі взаємодіють між собою, отримують вхідну інформацію, викону-

ють її обробку, аналіз та обчислення і наочно відображають результат роботи моделі.

Процес діагностування електромагнітних форсунок можна умовно розділити на дві частини: діагностування електричної (електронної) частини і діагностування механічної частини. Обидві частини діагностування повинні виконуватися паралельно у взаємозв'язку між собою. Діагностування електричної частини може бути виконане на основі аналізу електричного сигналу керування форсуною. Аналіз цього сигналу дає можливість зробити висновки про технічний стан електронного блоку керування, ланцюги керування форсунками і обмотки соленоїдів форсунок. Обмотки форсунок також можуть бути перевірені виміром її опору. Діагностування механічної частини форсунок за своєю природою є більш складним і не може бути достовірно виконане із використанням звичайних засобів діагностування. Аналіз способів діагностування електромагнітних форсунок супроводжується певними експериментальними дослідженнями.

Діагностична модель у системі Simulink умовно поділена на три частини. Кожна частина відповідає реалізації окремих діагностичних процедур, що виконуються в реальних (експериментальних) умовах. Перша частина діагностичної моделі призначена для введення і обробки вхідних даних (параметрів, які зчитуються безпосередньо із автомобільного двигуна). Основна частина виконує всі процедурні операції математичної моделі, вона є найбільш об'ємною. В цій частині реалізовані діагностичні процедури визначення технічного стану електричної та механічної частин форсунок на основі певної групи параметрів, основним з яких є коливання тиску в порожнині форсунок та в паливній рампі. Результатом роботи діагностичної моделі є підсистема прийняття рішень про технічний стан форсунок у якій виконується порівняння параметрів форсунок, що діагностується із параметром еталонної форсунок. Такий підхід дозволяє автоматизувати процес визначення технічного стану.

Запропонований підхід створення діагностичної моделі форсунок автомобільного двигуна в системі Simulink дає можливість визначити взаємозв'язок між діагностичними параметрами системи впорскування та її типовими несправностями. Моделювання діагностичних процедур та підсистема прийняття рішень є основою створення автоматизованої системи діагностування електромагнітних форсунок та системи керування двигуном в цілому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Автомобильные двигатели. Системы управления и впрыск топлива: Пер. с англ. – СПб.: ЗАО "Альфарм Паблишинг", 1999. – 338 с.
2. Автомобильный справочник BOSCH: Пер. с англ. – М.: ЗАО КЖИ "За рулем", 2002. – 896 с.
3. Браильчук А.П. Виброакустический метод экспресс-диагностики форсунок впрыска легких топлив/ А.П. Браильчук, А.А. Трифонов, Р.С. Санов. - 2006. - 4 с.
4. Васильев А. В. Математическое моделирование эксплуатационного изменения рабочих показателей электромагнитных форсунок бензиновых двигателей/ А. В. Васильев, Д. С.Березюков . - ВГТУ - Машиностроение, В4, Т12, - 2012, 4 с.
5. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК/ С.Г. Герман-Галки, – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.

Кукорудзяк Юрій Юрійович – канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів і транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: uk34@ukr.net;

Петров Микита В'ячеславович – студент групи ІТТ-19мс, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: kovalenko1vn74@gmail.com;

Diagnosis of electromagnetic injectors of the automobile engine

Abstract

A brief analysis of methods for diagnosing electromagnetic injectors is given. The necessity of improvement methods and ways definition of a injector technical condition for the purpose of automation process of diagnosing is proved. A diagnostic model of the electromagnetic injector in the Simulink system is proposed.

Keywords: diagnosing, injector, modeling, technical condition, mechatronic system.

Kukurudziak Yuri Y. – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of automobiles and transport management department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: uk34@ukr.net;

Petrov Mykita – Faculty of Mechanical Engineering and transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : kovalenko1vn74@gmail.com;

TURNING TOOL HOLDER WITH AN ORIENTED CENTER OF RIGIDITY FOR EFFECTIVE REDUCTION OF NEGATIVE SELF-OSCILLATIONS

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Abstract *The paper considers the topical issue of valuable scientific directions development for improving the lathe dynamic quality during high-performance rough turning. The given recommendation for the use of special lathes tool holder with an oriented position of the center of rigidity with confirming an experimental study results of the effectiveness use for increasing vibration resistance level.*

Keywords: vibration resistance, turning, machine tool dynamics.

Vibration resistance of machine tool during cutting process characterizes its ability to resist the occurrence of relative oscillations between cutter and machined workpiece surface, caused by the cutting process and external disturbance. So, increasing the vibration resistance of machine tool allows to increase cutting conditions with an acceptable level of relative vibrations. Loss of vibration stability during turning is mostly accompanied by the appearance and amplification of self-oscillations in lathe dynamic system due to: 1) the presence of a "coordinate links" between the elastic displacement of cutter and machined workpiece during cutting process; 2) nonlinear characteristics of the cutting force depending to the cutting speed; 3) the inertia of the cutting process. The negative consequences of appearance and amplification self-oscillations during cutting characterized by reduced stability and destruction of the cutting tool; decrease in quality of machined surface and processing accuracy; the occurrence of high-frequency noise which harmful to the human body.

Among the known methods of increasing the vibration resistance of machine tools during cutting, we can single out the following: 1) ensuring rational values of elastic parameters of the machine tools carriages elastic system, such as the orientation of the main axes of rigidity and rational ratio of the maximum and minimum rigidity coefficients 2) ensuring the condition of a positive value of the static characteristic for machine tools carriages elastic system spindles elastic system would lead to elastic displacement of cutter from the workpiece surface with decreasing value of cutting forces; 3) improving the dynamic quality indicators of machine tools dynamic system by reducing value of oscillations masses with increasing the damping ratio. Such well-known scientists as V.A. Kudinov [1], S. A. Tobias were engaged in the development of the theory of coordinate links, in whose studies it was indicated that in order to ensure the vibration resistance of the machine tools carriage elastic system rigidity parameters should be as large as possible in the cutting force action direction, and in other directions the rigidity should be less.

For existing machine tools, which, in terms of their technological capabilities, allow processing from both sides up to spindle axis, for example, a two-spindle lathe with CNC manufactured in Kyiv, model PAB-130, the increase in vibration resistance of processing is carried out by changing the position of the center of rigidity of the carriage elastic system by using additional specific tool holder.

A new design of the tool holder is proposed by author [2],[3] in which cutters triangular carbide plate is rigidly attached to elastic part of tool holders construction, and the rigid part with equipment body is installed on machine tools carriage instead of the based tool holder. The release and rigid parts of the tool holder are separated by a shaped groove in such a way that these parts remain interconnected by elastic hinges. In the design of the tool holder, the position of the coordinates of the center of stiffness of its elastic system is set due to the orientation of the axes of three interconnected elastic rotational pairs. To increase vibration resistance in the proposed design [4], the elastic elements are arranged in such a way that the axis of maximum rigidity of its elastic system in the direction of approaching the line of cutting force action.

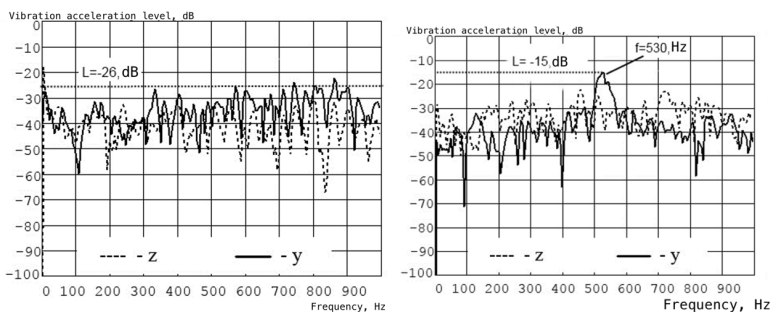


Fig.1 The vibro-acceleration level of the experimental stand carriage during machining

The experimental research of vibration level was carried out at the maximum permissible cutting conditions for roughing turning on experimental standing lathe: workpiece material - 5140 alloy steel; cutter turning - 3225 P10, workpiece diameter $D = 120$ mm; spindle speed rate $n = 160$ rpm; cutting speed $V = 60$ m/min; cutting depth $t = 5$ mm; cutting force $P = 4000$ N. The results of the study are presented in the form of graphs of the frequency response of the relative level of vibration acceleration of the cutter during processing using the base tool holder (fig. 1) and the proposed tool holder with an oriented center of rigidity.

Comparing the obtained experimental characteristics, it can be seen that when using a basic lathes tool holder during machining, the appearance of self-oscillations along the y coordinate at the frequency of the dominating potentially unstable machine tools carriage dynamic system $f = 530$ Hz is observed. The use of the proposed special tool holder under the same cutting conditions has almost halved the relative level of vibrations of the cutter tool from $L = -15$ dB to $L = -26$ dB.

REFERENCES

1. Kudinov V.A. *Dinamika stankov (Dynamics of machines)*, Moscow: Mashinostroenie, 1967, 360 p.
2. Vakulenko S.V. Lathe tool holder with the oriented position of the center of rigidity // X International congress "Machines, Technologies, Materials", vol.2, ISSN 1310-3946, - Scientific-technical union of mechanical engineering, Varna, Bulgaria 2013. p. 128-131.
3. Vakulenko S., Analysis of known design solutions of increasing turning vibration stability // Zбір artykułów naukowych recenzowanych. "Science, Research, Development Technics and Technology. #29 Gdańsk" Z 40 - Warszawa, 2020. - 72 p. - p. 30-36. ISBN: 978-83-66401-53-2.
4. Vakulenko S., Theoretical research of the cutting process dynamic characteristics // Zбір artykułów naukowych recenzowanych. "Science, Research, Development Technics and Technology. #29 Gdańsk" Z 40 - Warszawa, 2020. - 72 p. - p. 39-44. ISBN: 978-83-66401-53-2.

Vakulenko Serhii Valentynovych, Senior Lecturer, National technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, svakulenko@gmail.com
Shmagel Ivan Ivanovich, Student, National technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ivanshmagel@gmail.com

ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОСНАЩЕННЯ З ОРІЄНТОВАНИМ ЦЕНТРОМ ЖОРСТКОСТІ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ЗМЕНШЕННЯ АВТОКОЛИВАНЬ ПРИ ТОЧІННІ

Анотація В роботі розглянуто актуальне питання розвитку одного з наукових напрямків, підвищення динамічної якості токарного верстата при високопродуктивній чорновій обробці. Наведена рекомендація використання спеціального інструментального оснащення з орієнтованим положенням центра жорсткості та основні підтвердуючі результати експериментального дослідження щодо ефективності його використання для підвищення рівня вібростійкості.

Ключові слова: вібростійкість, токарна обробка, динаміка верстатів.

Вакулєнко Сергій Валентинович, ст.викладач, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, svakulenko@ukr.net
Шмагель Іван Іванович, студент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Ivanshmagel@gmail.com

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ РОБОЧОЇ РІДИНИ НА ВИТРАТНУ ХАРАКТЕРИСТИКУ КЛАПАНА ВИТРАТИ З ПРОПОРЦІЙНИМ КЕРУВАННЯМ

Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Анотація

Розглянуто метод забезпечення стабільних значень витрати рідини через пропорційний гідравлічний клапан витрати при зміні значень температури робочої рідини внаслідок змін умов, або режимів експлуатації. Запропоновано врахувати гідравлічні характеристики і пружні властивості елементів пропорційного клапану витрати, в'язкісні властивості гідравлічних рідин. Перевірку вихідних положень виконано на гідравлічному стенді. Встановлено, що зміна температури рідини впливає на витрату при стабільних значеннях сигналу керування, що пов'язано із змінами падіння тиску внаслідок змін гідравлічного опору. Запропоновано метод стабілізації характеристик клапану шляхом врахування значення температури робочої рідини в алгоритмі керування програмованого логічного контролера. Для технічної реалізації запропонованого методу необхідно додати в гідравлічну систему датчик температури і врахувати зміни властивостей рідини в алгоритмі керування клапаном.

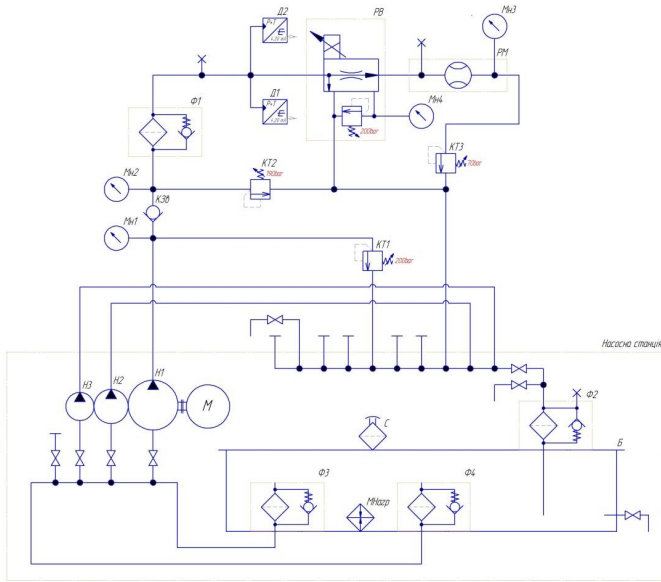
Ключові слова: *гідропривід, пропорційний клапан витрати, термостабілізація, в'язкість, енергоефективність, алгоритм керування.*

У гідро-приводі високу роль в точності позиціонування вихідної ланки грає регулююча апаратура, параметри і характеристики якої залежать від багатьох факторів. Метою даної роботи є створення методу забезпечення стабільних значень витрати рідини через пропорційний гідравлічний клапан витрати при зміні значень температури робочої рідини внаслідок змін умов, або режимів експлуатації. Запропоновано метод збереження стабільних характеристик клапану шляхом врахування значення температури робочої рідини в алгоритмі керування логічного контролера.

У роботі наведено результати дослідження трьох-лінійного клапану витрати з пропорційним електромагнітним куванням на прикладі клапану HAWE SEHD 3-3/50 FS-G 24-200 [1]. Нормативні характеристики цього клапану за даними виробника: максимальний робочий тиск – 315 бар, діапазон регулювання витрати - 0,3..50 л/хв., напруга пропорційного електромагніту – 24В [2]. За принципом дії клапан складається з регульованого дроселя, через який проходить регульований потік рідини, і переливного клапана, який встановлено паралельно до потоку регулювання. Переливний клапан забезпечує регульований злив робочої рідини з основного потоку, тим самим підтримуючи постійний перепад тиску на дроселі. Клапан має пропорційне електромагнітне керування і забезпечує певний рівень витрати відповідно до рівня сигналу, поданого на пропорційний електромагніт [3].

В основу досліджень покладено в'язкісно-температурні характеристики гідравлічного мастила та температурний діапазон експлуатації клапану або гідропривода. В'язкість суттєво збільшується з пониженням температури і знижується в міру підвищення температури, тобто в діапазоні експлуатаційних температур може відбуватись зміна в'язкості в декілька разів [4]. Індекс в'язкості гідравлічного масла класифікують за ISO класом в'язкості на основі кінематичної в'язкості масла при еталонній температурі 40°C [5].

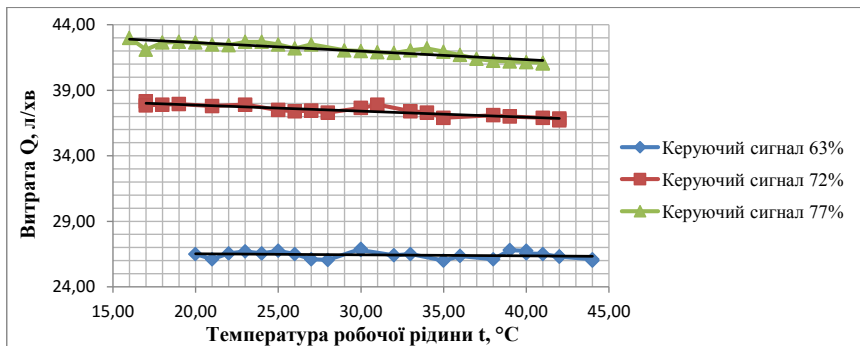
Для дослідження характеристик клапану витрати при зміні температури робочої рідини було розроблено гідравлічний випробувальний стенд (рисунок 1). Стенд містить насосну станцію з трьох-секційним шестеренним насосом Н, що приводиться в обертання електродвигуном М, запобіжними клапанами тиску КТ1 і КТ2, зворотнім клапаном КЗв та напірним Ф1, зливним Ф2 і всмоктувальними Ф3 та Ф4 фільтрами, а гідравлічний бак Б містить маслонагрівач МНагр та має об'єм 250 літрів. В експерименті використано мастило MOBIL DTE 25 (ISO 46).



«Рисунок 1 - Принципова гідравлічна схема випробувального стенду для дослідження характеристик пропорційного гідравлічного клапану витрати»

Клапан регулятор витрати РВ знаходиться в напірній лінії. Перед ним встановлено два аналогових датчика тиску і температури рідини ДТ1 і ДТ2, а одразу за клапаном розташований аналоговий витратомір РМ. Після витратоміру в лінії встановлено «підірний» переливний клапан тиску КТ3 для імітації навантаження вихідної ланки гідроприводу. Стенд обладнаний манометрами Мн1-Мн4, а датчики під'єднані до діагностичного приладу, який відображає значення витрати, температури і тиску рідини на своєму екрані.

Дослід проводився в діапазоні температур гідравлічного мастила MOBIL DTE 25 (ISO 46) від 15 до 50 °С. Керування клапаном витрати здійснено за допомогою пропорційного підсилювача та потенціометра. Результати досліду приведено на рисунку 2.



«Рисунок 2 - Залежність витрати через клапан від температури робочої рідини при стабільних значеннях сигналу керування»

На пропорційний магніт клапану було подано стабільний сигнал керування, також незмінним було налаштування клапанів тиску. За допомогою маслонагрівача встановлювалась певна температура рідини. Під час експерименту відбувалась ресестрація температури рідини, значення витрати рідини через клапан, значення сигналу керування. В результаті дослідів встановлено, що зміна температури рідини впливає на витрату при стабільних значеннях керуючого сигналу, а саме - при збільшенні температури рідини, витрата зменшується. Отримана експериментальна залежність показує, що відхилення витрати від встановленої може складати до 5% при зміні температури в діапазоні від 15 до 45 °С, а саме 41 л/хв замість встановлених 43 л/хв.

За результатами досліджень запропоновано метод підвищення точності регулювання витрати шляхом врахування температури робочої рідини в алгоритмі керування клапаном від програмованого логічного контролера. Необхідний корегуючий доданок в алгоритмі керування може бути визначений шляхом використання отриманої експериментальної залежності витрати від температури рідини при стабільному значенні сигналу керування. Для реалізації запропонованого підходу в гідравлічну систему необхідно додати датчик температури і внести зміни в алгоритм керування. Такий метод термостабілізації клапана буде корисний у промисловості, де точність витрати рідини має важливе значення, а температура рідини не є стабільною. Запропонований метод модернізації гідравлічної системи буде значно дешевший, ніж метод, при якому в систему встановлюється витратомір, і налаштування клапана відбувається завдяки зворотнього зв'язку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bosch Rexroth. Гидропривод. Основы и компоненты: учебный курс по гидравлике. Т1. 2003. 322 с.
2. Proportional, solenoid actuated flow control valves type SE and SEH [Електронний ресурс]. – 1990. – Режим доступу до ресурсу: <https://downloads.hawe.com/7/5/D75571-en.pdf>.
3. Kozlov, L.H., S.M. Lozovskyy, S.L. Kozlov. "Гидропривод з пропорційним регулюванням швидкості паралельно підключених гідротислмдрів", Вісник Хмельницького національного університету, No. 3. 2010. 38-43. Print.
4. Маслов Р. Физические свойства гидравлических масел и их влияние на эксплуатационные характеристики [Електронний ресурс] / Роман Маслов – Режим доступу до ресурсу: <http://www.expert-oil.com/articles/Fizicheskie-svoystva-gidravlicheskih-masel.html>.
5. Trofimov, V.A., O.M. Jahno, A.P. Gubarev, R.I. Solonin. Rabochie zhidkosti sistem gidroprivoda. K.: NTUU «KPI». 2009. Print.

Солдаткін Гліб Валентинович, студент, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м.Київ, soldatkin.gleb@ukr.net

Губарев Олександр Павлович, д.т.н., проф., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м.Київ, gubarev@i.ua

INFLUENCE OF THE FLUID TEMPERATURE ON THE CHARACTERISTICS OF THE PROPORTIONAL FLOW VALVE

Abstract

The purpose of this work is to create a method of providing stable values of fluid flow through a proportional hydraulic flow valve during changes in the temperature of the fluid due to changes in conditions or modes of operation. The article considers the properties of the proportional flow valve, viscous properties of hydraulic fluids, hydraulic test stand for the study of the valve, the results of the study. It is established that the change of liquid temperature affects the flow rate at stable values of the control signal. The scientific novelty of the work lies in the proposed method of stabilizing the characteristics of the valve by taking into account the value of the temperature of the working fluid in the control algorithm of the programmable logic controller. As a result, to implement the proposed method in the hydraulic system it is necessary to add a temperature sensor and make changes to the control algorithm of the controller.

Keywords: hydraulic drive, proportional control, valve, thermostabilization, flow, pressure, viscosity, energy efficiency, sensor, controller, amplifier, test stand, PLC, algorithm.

Soldatkin Hlib, student, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, soldatkin.gleb@ukr.net

Gubarev Oleksandr, doctor of technical sciences, professor, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, gubarev@i.ua

Моделювання виконавчого пристрою гідравлічного мехатронного модуля

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація

Модернізація виробництва – необхідний процес, для відповідності сучасним нормам виробництва, однак, вимагає від підприємств великих фінансових затрат. Це обумовлено наявністю в сучасних автоматизованих системах великої кількості об'єктів та елементів контролю. У статті представлений метод позиціонування гідроприводу на основі пружно-гідравлічного дозування рідини, що може являтися ергономічним та вигідним для гідравлічних систем. Основним завданням було створення математичної моделі, що дозволяє відобразити процес перетікання рідини, набору тиску в камерах, наближено до реального явища.

Ключові слова: гідропривід, дозування робочої рідини, математична модель, автоматизація, позиціонування гідравлічного приводу, стабілізація тиску, пружно-деформуючі сили рідини.

Дана робота полягала в розробці методу позиціонування гідроприводу на базі дозованой подачі робочої рідини, що дозволить зменшити кількість об'єктів контролю і керування в системі. Вказаний метод позиціонування дозволить підвищити ергономічність систем гідравлічного приводу, що є доцільним в пристроях та установках, які застосовуються в мобільних машинах, таких як: бурові машини, машини при геологічній розвідці та інших [1-3].

У відповідності до поставленого завдання було розроблено схематичне рішення системи позиціонування гідравлічного приводу дозуванням робочої рідини [4-5]. На основі даного рішення було виконано математичний опис процесу перетікання рідини із замкненої камери з тиском в 10 МПа в замкнену камеру з тиском 1 МПа (рис. 1).

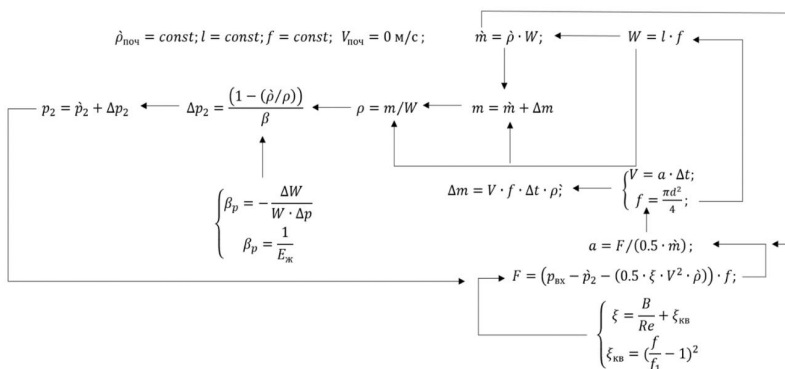


Рисунок 1 – Логіко-функціональна схема мехатронного модуля

Математичну модель мехатронного модуля побудовано з урахуванням таких припущень та спрощень: температура та в'язкість робочої рідини не змінюються та не впливають на роботу системи; дозатор абсолютно герметичний, тому зовнішні та внутрішні витоки відсутні.

Параметри, що було включено до моделі описують геометричні параметри камери, такі як її довжина та діаметр, робочу рідину із заданою початковою густиною та тиски в камерах.

Результатом моделювання стало отримання характеристики зміни тиску Δp між камерами, а також отримано час наповнення камери в залежності від її розмірів та початкового тиску.

Данні моделювання було включено до розрахунку керуючих сигналів для задання кількості імпульсів та відпрацювання системою заданого переміщення при проведенні досліджень дозатора на експериментальному стенді.

Залежності, що були отримані за допомогою створеної математичної моделі, використано для встановлення часового інтервалу наповнення та спорожнення дозаторів. Було встановлено, що загальний час подачі однієї порції робочої рідини до порожнини гідроциліндру становить 0,35 секунди. Відповідно до визначеного часу подачі однієї дози було розраховано частоту керуючих імпульсів. На основі вище сказаного було задано параметри таймерів в алгоритмі керування роботою дозатору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сердюк С. М. Ергономічні питання проектування людино-машинних систем : навчальний посібник / С. М. Сердюк. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2014. – 334 с.
2. Пинчук, В. В. Расчет и конструирование агрегатно-модульных гидроблоков управления гидроприводов технологических машин / В. В. Пинчук, В. К. Шелег. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – 270 с. : ил. – ISBN 978-985-420-923-4.
3. ДСТУ 3899-99. Дизайн і ергономіка. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1999. – 33 с.
4. Д'яконова Н. С. Позиціонування гідроприводу шляхом дозованої подачі рідини / Н. С. Д'яконова, А.Ю. Косміна, О. С. Ганпанцурова, О. П. Губарев // Тези доповідей конференції «Іновації молоді – машинобудуванню» – Київ, 2017.
5. Косміна А. Ю. Гідропривід з пружно-гідролічним дозуванням рідини / А. Ю.Косміна, Н. С. Д'яконова, О. С. Ганпанцурова, О. П. Губарев. // Вісник НТУ «ХП». – 2018. – №23.

Косміна Софія Юрївна – магістрант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, sofia.kosmina@gmail.

Ганпанцурова Оксана Сергіївна – к.т.н., доц., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, ganpanturova@ukr.net

Губарев Олександр Павлович – д.т.н., проф., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Gubarev@iua

Modelling of a mechatronic module positioning system with elastic-hydraulic fluid dosing

Abstract

Modernization of production is a necessary process to correspond to modern production standards, however, it requires large financial expenses from enterprises. This is due to the presence of a large number of objects and control elements in modern automated systems. The paper presents a method of hydraulic drive positioning based on elastic-hydraulic fluid dosing, which can be ergonomic and profitable for hydraulic systems. The main task was to build a mathematical model that allows you to reflect the process of fluid flowing, pressure dialing in the chambers, approximating to the real phenomenon.

Keywords: hydraulic drive, dosing of hydraulic fluid, mathematical model, automation, positioning of the hydraulic drive, pressure stabilization, elastic and deforming forces of the fluid.

Sofia Yurievna Kosmina - MA student, National Technical University of Ukraine "Kyiv Sikorsky Polytechnic Institute. **Kosmina Sofia** - graduate student, National Technical University of Ukraine "Kyiv Sikorsky Polytechnic Institute", Kyiv, sofia.kosmina@gmail

Ganpanturova Oksana Sergeevna - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky", Kyiv. **Igor Sikorsky National Technical University of Ukraine, Kyiv, ganpanturova@ukr.net**

Gubarev Alexander Pavlovich - PhD (technical sciences), Prof., National Technical University of Ukraine "Kiev Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky", Kiev, Ukraine. **Igor Sikorsky National Technical University of Ukraine, Kyiv, Gubarev@i.ua**

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РОБОТИ ПРОПОРЦІЙНОГО ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНОГО РОЗПОДІЛЬНИКА З НЕЗАЛЕЖНИМ КЕРУВАННЯМ ПОТОКІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконані дослідження пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків. Визначено амплітудно-частотні характеристики та можливість впливу резонансних піків на роботу розподільника.

Ключові слова: електрогідравлічний розподільник, незалежне керування амплітудно-частотні характеристики

Вступ

Розподільна апаратура є невід'ємною ланкою гідроприводів мобільних машин і має визначальний вплив на якість роботи усього приводу, а отже і на якість виконання робочих операцій.

Робота машини може бути супроводжена змінами напрямку та величини навантажень, що може потребувати змін параметрів керування у часі, тому дослідження амплітудно-частотних характеристик є досить актуальною задачею [1].

Метою роботи є дослідження роботи пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків, а саме його амплітудно-частотних характеристик.

Результати дослідження

В роботі проведені дослідження роботи пропорційного електрогідравлічного розподільника з незалежним керуванням потоків [2]. Дослідження проведені на основі математичного моделювання.

Амплітудно-частотна характеристика визначалась шляхом моделювання тиску навантаження на виході розподільника, який змінювався по гармонічному закону $p_s = p_{sa} \cdot \sin \omega t$ (рис.1).

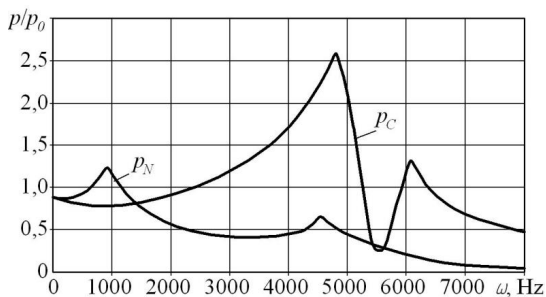


Рис. 1. Амплітудно-частотні характеристики розподільника

При моделюванні фіксувалось значення ω та безрозмірна величина A_I/A_B . В якості A_I розглядалась безрозмірна величина $A_I = p_u/p_{u0}$, де p_u – значення тиску при зміні частоти вхідного

сигналу; p_{u0} – значення тиску при статичному навантаженні ($p_S = p_{S0}$), A_B – безрозмірне значення амплітуди вхідного сигналу. В якості змінних, що визначають стан розподільника використовувалися тиски p_N (тиск в лінії нагнітання), p_C (тиск на виході розподільника).

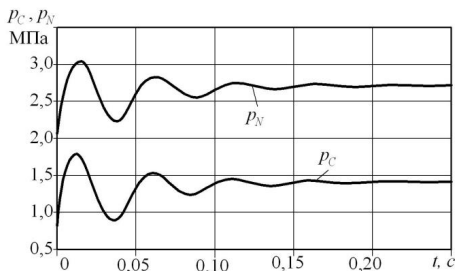


Рис. 2. Залежності $p_N(t)$ та $p_C(t)$ при стійкому режимі роботи розподільника

Висновки

На основі аналізу отриманих даних (рис. 1) визначено, що резонансні піки роботи спостерігаються при частотах (850 – 900) та (4700 – 4900) рад/с, що значно більше частот збурення в системі (до 83 Гц – рис. 2).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Жаров В. П. Моделирование и экспериментальные исследования гидромеханической системы со знакопеременной нагрузкой / В. П. Жаров, А. Т. Рыбак, Р. А. Фридрих // Вестник ДГТУ.–2006. – Т6.– № 1 (28).– С.17–24.
2. Пат. 41887 України, МПК⁸ F15B 11/00 Гідропривід з пропорційним електрогідравлічним управлінням / Л. Г. Козлов, Д. О. Лозинський; Заявник та патентовласник Вінницький нац. техн. університет.– №u200900907; заявл. 06.02.2009.; опубл. 10.06.2009, Бюл. №11.

Лозинський Дмитро Олександрович — к-т техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: lozinskiy_dmitriy@ukr.net

Котик Сергій Іванович — інженер-конструктор на виробництві ТОВ «ГРІН КУЛ», м. Вінниця, e-mail: sergii.kotik@gmail.com

Research of the operating characteristics of the proportional electro-hydraulic distributor with independent flow control

Abstract

Researches of the electro-hydraulic directional control valve with the independent control have been carried out. The amplitude-frequency characteristics have been researched. The possibility of injecting resonant peaks into the work of electro-hydraulic directional control have been researched.

Keywords: electro-hydraulic directional control valve, independent flow control, amplitude-frequency characteristics.

Lozinskiy Dmytro O. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Machine-building technologies and Automation Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: lozinskiy_dmitriy@ukr.net

Kotyk Sergiy I. — Design Engineer At The Production Of LLC "GREEN COOL", Vinnytsia, e-mail: sergii.kotik@gmail.com

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРЕНАЖЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ЕКІПАЖІВ МАШИН СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Провідні вчені в галузі будівництва тренажерів у своїх наукових роботах [1] обґрунтовано довели необхідність та актуальність проведення невідкладних заходів щодо впровадження новітніх тренажерних систем навчання у програму підготовки спеціалістів для Збройних Сил України з подальшим її інтегруванням у єдину систему навчання.

Одним із шляхів зменшення експлуатаційних витрат та збереження ресурсу машин спеціального призначення є використання тренажерних комплексів та програмного забезпечення.

Застосування тренажерних комплексів, поряд з безумовним дидактичним ефектом, дає немалий економічний ефект за рахунок відсутності витрати паливно-мастильних матеріалів, амортизаційних витрат техніки, витрат, пов'язаних з ремонтом техніки внаслідок неправильної експлуатації, утриманням центрів навчання тощо.

Ключові слова: тренажерні комплекси, машини спеціального призначення, підготовка екіпажу.

Метою використання тренажерних комплексів машин спеціального призначення є підготовка екіпажу до ефективного виконання поставленого завдання з мінімальними витратами паливо-мастильних матеріалів, моторресурсу та часу. Для цього потрібно відпрацювати усі навички механіка-водія та оператора спеціального обладнання до автоматизму в різній бойовій обстановці та кліматичних умовах.

Тому потрібно розробити програму підготовки, яка включатиме в себе базу даних, що містить структуру, опис, результати виконання та статистичні дані проходження вправ.

Вправи розвивають моторні (рухові) навички оператора, механіка-водія специфічні при керуванні та роботі із спеціальним обладнанням машин спеціального призначення. Багаторазове повторення з корекцією по результату - основний шлях в освоєнні моторних навичок [2, 3].

Дана система підготовки може працювати в наступних режимах: режим симуляції з додатковими підказками; режим симуляції без підказок; режим контролю, який допоможе визначити кількість помилок та оцінку за виконане завдання; тестовий режим дасть можливість визначити готовність екіпажу, провести опитування із знання матеріально-технічної бази конкретної машини спеціального призначення.

Витрати на один капітальний ремонт інженерної машини розгородження в середньому складають 40% його первинної вартості.

При використанні тренажерів пробіг для навчальної машини зменшується в середньому у 5 раз.

Проведений розрахунок річного економічного ефекту показує, що при застосуванні в навчанні екіпажів інженерної машини розгородження сучасних комп'ютерних комплексних тренажерів вже після першого року експлуатації отримуюмо економію.

Аналогічні значення можна отримати при аналізі витрат на підготовку екіпажів машин спеціального призначення інших типів.

За результатами проведеного дослідження розроблено рекомендації реалізації та побудови тренажерного комплексу.

Щодо реалізації тренажерного комплексу підготовки екіпажів машин спеціального призначення пропонується застосовувати структуру, яка буде містити у собі електронний блок керування та додаткові модулі: органи управління, які будуть ідентичні конкретній машині спеціального призначення; пристрої виводу даних; середовище візуалізації; автоматизовану

систему навчання; фізико-математичне моделювання; органи відтворення руху конкретної машини спеціального призначення (платформу зі шістьма степенями вільності).

Фізико-математичне моделювання тренажерного комплексу враховує основні параметри, що зустрічаються в бойовій обстановці або у мирний час під час виконання завдання екіпажом конкретної машини спеціального призначення, а саме: моделювання руху машини спеціального призначення (виконання маневрів, подолання перешкод, або інженерних загороджень, коливання кузова під час роботи маніпулятора, та ін.); моделювання зовнішніх впливів (вітер, дощ, освітленість); моделювання зіткнення і ударів, обстрілів; моделювання руху та роботи інших машин спеціального призначення.

Також до складу тренажерного комплексу входить автоматизоване робоче місце інструктора, яке включає в себе: блок апаратної обробки; монітор; засоби зв'язку; засоби введення та виведення інформації; спеціалізоване програмне забезпечення тренажерного комплексу.

В склад робочого місця входить комп'ютер, на якому встановлено спеціалізоване програмне забезпечення тренажерного комплексу екіпажу конкретної машини спеціального призначення.

Проведено розрахунок ефективності використання тренажерного комплексу при підготовці екіпажів машин спеціального призначення та встановлено, що використання тренажерного комплексу веде до: збільшення моторесурсу машин спеціального призначення, зменшення фонду оплати інструкторам; зменшення витрат на паливо-мастильні матеріали; зменшення витрат на запасні частини; зменшення витрат на поточний та капітальний ремонт; підвищення боєготовності екіпажів інженерних машин розгородження.

Також розроблені рекомендації щодо побудови та використання тренажерного комплексу при підготовці екіпажів машин спеціального призначення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бриндіков Ю.Л. Розвиток професійної готовності водіїв автотранспорту до дій в екстремальних ситуаціях: автореф. дис. канд. психол. наук. / Ю.Л.Бриндіков. – Хмельницький, 2009. - 22 с.

2. Сай І.В. Вплив рівня професійної підготовки водіїв на економічні показники експлуатації транспорту/ Сай І.В., Мовчан О.М., Стукота С.А. // Автошляховик України № 1, Київ, 2001.;

3. Шапталенко М.І., Мазуренко В.І., Гайдаманчук С.П., Поляков А.П., Сай І.В. Вплив тренажерної підготовки на час реакції водія. - Київ: Труди академії № 33, інв. № 38223, 2002.

Поляков Андрій Павлович - д.т.н., професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: poliakovap61@gmail.com.

Терещенко Олександр Петрович - к.т.н., доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: atereschenko96@gmail.com

Мороз Лариса Василівна – старший викладач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: farv@inmt.vntu.edu.ua.

EVALUATION OF EFFICIENCY OF USE OF EXERCISE COMPLEXES IN PREPARATION OF CREWS OF SPECIAL PURPOSE MACHINES

Abstract

Leading scientists in the field of simulator construction in their scientific works [1] have substantiated the need and urgency of urgent measures to implement the latest training systems in the training program for the Armed Forces of Ukraine with its further integration into a single training system.

One of the ways to reduce operating costs and save the life of special machines is the use of training systems and software.

The use of training complexes, along with the unconditional didactic effect, gives a considerable economic effect due to the lack of fuel and lubricants, depreciation costs of equipment, costs associated with the repair of equipment due to improper operation, maintenance of training centers and more.

Keywords: тренажерні комплекси, машини спеціального призначення, підготовка екіпажу.

Polakov Andriy – Dr.Sc. (Eng.), Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: poliakovap61@gmail.com.

Tereshchenko Oleksandr - Ph.D., Associate Professor of Automotive and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: atereschenko96@gmail.com

Moroz Larisa – Senior Lecturer, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, e-mail: farv@inmt.vntu.edu.ua.

КОНЦЕПЦІЯ ФОРМУВАННЯ ТИПАЖУ БАЗОВИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ШАСІ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Науково-технічний центр "Автополіпром"

Анотація

Запропонована концепція формування типажу дво-, три-, чотири- та п'ятимостових базових автомобільних шасі вантажопідйомністю 2000-15000 кг на основі застосування максимально-уніфікованих їх складових частин – керованих, керовано-тягових, тягових, тягового-керованих та тримальних мостів з незалежною підвіскою одинарних коліс, кабін водія та інших виробів.

Ключові слова: типаж, автомобільне шасі, військова техніка, колісна формула, вантажопідйомність

Основними засобами забезпечення рухомості частин і підрозділів збройних сил будь-якої держави були і залишаються колісні транспортні засоби (КТЗ) різного функціонального призначення, основною складовою частиною яких являються базові автомобільні шасі. КТЗ широко застосовуються для виконання різноманітних завдань: перевезення особового складу, транспортування озброєння та військово-технічних вантажів, буксирування причіпних систем різного призначення тощо. Автомобільні шасі різної вантажопідйомності з відповідними колісними формулами являються базовими для створення військової техніки, рухомих засобів для її обслуговування й ремонту, для монтажу спеціального обладнання тощо. Від технічної досконалості базових автомобільних шасі та військової техніки, створеної на їх основі, безпосередньо залежить рівень бойової готовності Збройних сил України.

За висновками досліджень багатьох вітчизняних авторів, зокрема [1, 2], основні проблеми наявного парку КТЗ транспортного, обслуговуючого та військового призначення пов'язані з базовими автомобільними шасі, до яких відносяться:

- наявність застарілих і зношених до 90-95 % різномісних моделей шасі кількох різних виробників – російських УАЗ, ГАЗ, Зил, "Урал", КаМАЗ та білоруського МАЗ;
- дуже малий рівень уніфікації цих шасі практично по більшості складових частин трансмісій, підвісок мостів, обладнання кабін тощо;
- різна ширина колії коліс мостів усіх типів – 1,445...2,16 м;
- різна допустима навантага на мости усіх типів – 15,4...64,7 кН;
- вісім базових сімейств - УАЗ, ГАЗ, Зил, "Урал", КаМАЗ, МАЗ та КрАЗ з кабінами капотного і безкапотного типів.

Наведені недоліки існуючого парку КТЗ дуже ускладнюють обслуговування та ремонт військової техніки, особливо під час проведення бойових операцій, оскільки необхідна величезна номенклатура запасних частин, а їх доставляння потребує значного часу.

Тому, перспективний типаж базових автомобільних шасі повинен формуватися на засадах застосування одного сімейства модульно-уніфікованих типорозмірних рядів з колісними формулами 4x2.1, 4x4.1, 6x4.1, 6x6.1, 8x4.1, 8x6.1, 8x8.1, а при потребі більшої вантажопідйомності 10x6.1, 10x8.1, 10x10.1 тощо. Створення таких базових максимально модульно-уніфікованих колісних шасі можливе на основі застосування (рис. 1):

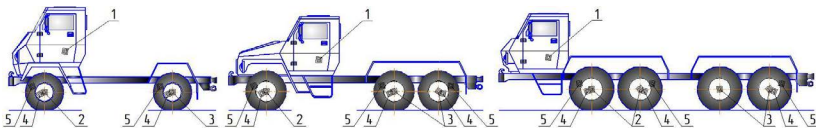


Рис. 1. Максимально уніфіковані складові частини автомобільних шасі для створення військової техніки:

1 – кабіна; 2 – керовано-тяговий міст; 3 – тяговий міст; 4 – колісний диск; 5 – пневматична шина

- модульно-уніфікованих мостів усіх типів – керованого, керовано-тягового, тягового, тягово-керованого та тримального на базі одного модуля незалежної підвіски одинарних коліс;

- уніфікованого модуля незалежної підвіски одинарних коліс, розрахованого на комплектування колісними дисками та шинами кількох типорозмірів з допустимими навантагами, наприклад, 39,4 кН, 44,1 кН та 58,9 кН, здатними забезпечити допустимі повні маси найбільш поширених КТЗ у діапазоні 6000...24000 кг;

- максимально-уніфікованих кабін трьох типів – стандартної (для КТЗ загального користування), військової та броньованої), розрахованих на розміщення водія та двох службових осіб [3].

Проектування сімейства автомобільних шасі повинно здійснюватися з умови забезпечення якомога більшого рівня уніфікації, який для різних складових частин може сягати 80-90 %.

Орієнтовний типаж базових колісних шасі з різними колісними формулами, пропонується для створення військової збройної техніки різноманітного призначення, наведений у табл. 1.

Таблиця 1 – Типаж максимально модульно-уніфікованих базових автомобільних шасі для створення військової збройної техніки

Колісна формула	4x4.1			6x6.1			8x8.1		10x10.1	
Допустима навантага на міст, кН	39,4	44,1	58,9	39,4	44,1	58,9	44,1	58,9	44,1	58,9
Повна маса, кг	6000	9000	12000	9000	13500	18000	18000	24000	22500	30000
Орієнтовна вантажопідйомність, кг	2000	3500	5000	3000	6000	9000	9000	12000	11000	15000

Орієнтовна потужність двигунів (ДВЗ – дизельних або багатопаливних), визначена з умови забезпечення питомої потужності автомобільної техніки, створених бази на пропонується колісних шасі на рівні 12,0...13,0 кВт/кг, наведена у табл. 3.

Таблиця 3 – Розрахункова потужність двигунів пропонується базових автомобільних шасі

Повна маса, кг	6000	9000	12000	13500	18000	22500	24000	30000
Питома потужність ДВЗ, кВт/кг	12,0...13,0							
Потужність ДВЗ, кг	72...91	108...117	144...156	162...176	216...234	270...293	288...312	360...390

Аналіз розрахованих потужностей ДВЗ, необхідних для пропонується типу базових колісних шасі, показує, що типаж ДВЗ може складатися з трьох максимально-уніфікованих двигунів потужністю, відповідно, чотирициліндрових – 120...180 кВт, шестициліндрових – 240...300 кВт та восьмициліндрових – 360...420 кВт (питома потужність 14,0...20,0 кВт/кг).

Пропонується концепція формування типу базових колісних шасі забезпечує значно вищий рівень уніфікації, суттєве зменшення собівартості їх виробництва, значне зменшення кількості номенклатури складових частин тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Крайник Л. В., Волошанський А. В. Формування перспективного типуажу автотехніки ЗС України в сучасних умовах. *Військово-технічний збірник*, 2011. № 1(4). С. 95-102.
2. Крайник Л. В., Грубель М. Г. Проблема оновлення автопарку Збройних Сил України та формування перспективного типуажу військової автомобільної техніки в аспекті сучасних тенденцій. *Озброєння та військова техніка*, 2018. № 1(17). С. 24-31.
3. Войтків С. В. Система модульного проектування автомобільних шасі з кабіною. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту*: Матеріали XLIX наук.-техн. конф. підрозділів ВНТУ, 18-29 травня 2020 р. : зб. наук. праць. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 3267-3269.

Войтків Станіслав Володимирович, к.т.н., Заслужений машинобудівник України, генеральний конструктор, Науково-технічний центр "Автополіпром", м. Львів, voytkivsv@ukr.net.

THE CONCEPT OF FORMING THE TYPE OF BASIC CAR CHASSIS OF MILITARY EQUIPMENT

Abstract

The concept of forming the type of wheel chassis based on the use of maximally unified modules of steered traction, traction-steered and restraining axles based on the module of independent suspension of single wheels, cabs and other components is presented.

Keywords: type, car chassis, military equipment, wheel formula, load capacity.

Voytkiv Stanislav Volodymyrovych, Cand. Sc. (Eng), general designer "Scientific and technical center "Autopoliprom", The deserved machine engineer of Ukraine, e-mail: voytkivsv@ukr.net

УКРАЇНСЬКІ БРОНЬОВАНІ АВТОМОБІЛІ

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського¹

Анотація

Проаналізовано результати відомчих випробувань бронеавтомобілів Збройних Сил України, на їх відповідність заявленим параметрам технічних завдань. Встановлено, що результати попередніх заводських, визначальних відомчих і експлуатаційних випробувань підтверджують ефективність застосування броньованих автомобілів КрАЗ в реальних умовах експлуатації.

Ключові слова: бронеавтомобіль, конструкція, випробування, порівняння, аналіз.

За останні роки машинобудівні підприємства України створили декілька видів броньованих автомобілів «Козак-2», «Барс-8», «Варта», КрАЗи «Шрек» та «Фіона» – це багатоцільові броньовані автомобілі підвищеної прохідності, які призначені для перевезення та вогневої підтримки особового складу військових підрозділів, для транспортування вантажів і обладнання до району бойових дій або евакуації з нього. Вказані автомобілі відносяться до категорії MPV (Mine Protected Vehicle) і розроблені відповідно до стандарту MRAP (Mine Resistant Ambush Protected). За заявленими виробниками характеристиками всі автомобілі відповідають стандартам НАТО STANAG (Standardization Agreement): мають балістичний захист броні – STANAG 4569 Level 2 та протимінний захист STANAG 4569 Level 2a, 2b.

Автомобілі виконані в рамній конструкції з класичною капотною компоновкою та переднім розташуванням моторного відділення. За ним знаходиться кабіна для водія та командира машини, з десантним відділенням для солдат. Корпуси автомобілів мають V-подібне днище, протимінні сидіння, що складаються, та протискокове покриття. Лобові стекла та амбразури бортів автомобілів обладнані куленепробивними склоблоками. Колеса мають централізовану систему підкачки шин, виконаних за технологією RunFlat.

Експлуатаційні показники [1] й параметри балістичного та протимінного захисту автомобілів, які заявлені виробниками та які отримані під час випробувань [1], наведені в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1 – Експлуатаційні показники бронеавтомобілів (заявлені / виміряні)

Показник	«Козак-2»	«Барс-8»	«Варта»	КрАЗ «Шрек»	КрАЗ «Фіона»
Швидкість, км/год.	95/95,9	110/144,9	100/100,3	80/93,1	80/91,7
Витрата палива, л/100 км	–/38	–/30	–/29	–/43,5	–/46,2
Запас ходу, км	500/658	–/657	600/1207	–/1149	–/1082
Кут підйому (макс.)	30°/16°*	30°/16°*	22°/16°*	30°/30°	30°/30°
Кут нахилу (макс.)	17°/17°	24°/17°	24°/17°	20°/18°	20°/18°
Глибина броду, м	0,75/–**	0,5/–**	–/–**	1,0/0,8	1,0/0,8
Кількість солдат, чол.	2+8	2+6	2+8	2+10	2+14

* – перевірялися на ухилі 16° (автомобілі КрАЗ перевірялися на ухилі 30°); ** – перевірка не проводилася

Таблиця 2 – Параметри захисту бронеавтомобілів

Захист	«Козак-2»	«Варта»	«Барс-8»	КрАЗ «Шрек»	КрАЗ «Фіона»
Балістична стійкість броньового захисту (відповідність стандарту й класу захисту)					
Корпус	ДСТУ 3975 ПЗСА-5	не відповідає	ДСТУ 3975 ПЗСА-4	EN 1522	FB6
Скло	ДСТУ 4546 СК-5	не відповідає	ДСТУ 4546 СК-4	STANAG 4569	рівень 2
Протимінна стійкість, еквівалентна кг тротилу					
Колесо	6			14	
Днище	6			7	

Визначальні відомчі випробування автомобілів за умов максимально наближених до реальної військової експлуатації проводилися комісією Міністерства оборони України. Методика випробувань була розроблена Центральним науково-дослідним інститутом озброєння та військової техніки Збройних Сил України й максимально наближена до діючих нормативних документів.

Автомобілі проходили випробування на Гончарівському полігоні Державного науково-дослідного центру Збройних Сил України (м. Чернігів). «Барс-8» проходив випробування на полігоні військової частини А2772 (м. Бердичів). Також порівняльні випробування проводилися під час навчань в Рівненській області. Ще один етап визначальних відомчих випробувань проходив на випробувальному полігоні Кременчуцького автомобільного заводу [2].

Бронеавтомобілі КраЗ «Шрек» і КраЗ «Фіона» під час заїзду по бездоріжжю показали себе кращими за прохідністю. Усі перепони полігона [2] з першого разу подолав тільки КраЗ «Шрек», у тому числі лісовий завал з колод та кам'яний завал, які інші автомобілі навіть не намагалися подолати. Усі автомобілі змогли подолати 60% підйом. «Барс-8», внаслідок своїх розмірів не зміг подолати вертикальну стінку висотою 0,4 м і подолав брід глибиною 0,5 м, тоді як інші автомобілі подолали басейн з водою глибиною 0,76 м. КраЗи переправилися через одну перешкоду глибиною 1,2 м.

За параметрами захисту екіпажу від обстрілів зі стрілецької зброї автомобілі (крім «Барс-8») відповідають по захисту корпусу національному стандарту ДСТУ 3975 клас захисту ПЗСА-5 («Козак-2» і «Варта») або European Standard EN 1522 рівень захисту FB6 (КраЗи «Шрек» і «Фіона»). А за характеристиками стелок – національному стандарту ДСТУ 4546 клас захисту СК-5 («Козак-2» і «Варта») або STANAG 4569 рівень захисту 2 (КраЗи «Шрек» і «Фіона»). За параметрами захисту від підриву на міні лідируючі позиції займають автомобілі КраЗ. Досягається це особливостями конструкції як автомобіля в цілому, так і його броньованого корпусу. Крім того автомобілі КраЗ мають найбільший кліренс, що дозволяє більш ефективно забезпечити захист екіпажу від дії мін. За параметрами прохідності такими, як передній і задній кути зливу, кліренс при повній і споряджених масах, максимальні кути підйому та крену, глибина броду, автомобілі КраЗ також займають перші місця серед бронеавтомобілів. Також автомобілі КраЗ можуть перевозити більшу кількість солдат або вантажів, ніж інші автомобілі.

Великий модельний ряд броньованих машин, які виробляються машинобудівними підприємствами України, з одної сторони, складають серйозну конкуренцію автовиробникам, стимулюючи їх підвищувати техніко-експлуатаційні характеристики, надійність і якість своєї продукції. З іншої сторони ці автомобілі виконані на різній агрегатній базі. Це погіршує показники взаємозамінності та уніфікації техніки, що може спричинити значні перепони для своєчасного та якісного проведення технічного обслуговування, ремонту та модернізації автомобілів в умовах їх експлуатації в Збройних Силах України.

ПрАТ «АвтоКраЗ» є єдиним національним виробником вантажних автомобілів з повним циклом їх виробництва від розробки та виготовлення до гарантійного та сервісного супроводу в експлуатації. Також ПрАТ «АвтоКраЗ» має службу технічного сервісу, яка забезпечує зменшення простою техніки КраЗ при проведенні ремонтних робіт і робіт з технічного обслуговування автомобілів в експлуатуючих підрозділах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Акт визначальних відомчих випробувань спеціалізованих броньованих автомобілів КраЗ «Shrek», КраЗ «Геоп», «Барс-8», «Козак-001», «Козак-2», «Козак-3», «Renault Sherpa Light Scout», «Варта». – К.: Департамент озброєння та військової техніки Міністерства оборони України, 2016. – 68 с.

2. Ведомственные испытания украинской бронетехники. URL: <http://www.autokraz.com.ua/index.php/ru/novosti-i-media/news/item/2715-na-polihoni-pat-avtokraz-proishly-vidomchi-vyprobuvannia-ukrainskoi-bronetekhniki/>.

Ціома Олександр Вікторович, студ., Єлістратов Вячеслав Олександрович, к.т.н., доц., Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, yelis@rambler.ru

UKRAINIAN ARMORED CARS

Abstract

The results of departmental tests of armored vehicles of the Armed Forces of Ukraine are analyzed, for their compliance with the stated parameters of technical tasks. It is established that the results of previous factory, determining departmental and operational tests confirm the effectiveness of the use of armored vehicles KraZ in real operating conditions/

Keywords: armored car, design, testing, comparison, analysis.

Tsioma Olexander Viktorovich, stud., Yelistratov Vyacheslav Olexandrovich, PhD(Tech.), Kremenchuk Mykhaylo Ostrohradskiy National University, Kremenchuk, yelis@rambler.ru

ОХОРОННО-СИГНАЛІЗАЦІЙНА СИСТЕМА ШВИДКОГО РОЗГОРТАННЯ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі проведено аналіз вимог до технічних параметрів сучасних охоронно-сигналізаційних систем швидкого розгортання.

Ключові слова: охоронно-сигналізаційна система, швидке розгортання, датчик, порушник, спрацювання.

Вступ

Охоронно-сигналізаційна система швидкого розгортання (ОССШР) включає сукупність електронних пристроїв та виконавчих механізмів, призначених для запобігання проникнення на територію, яка охороняється. ОССШР фіксує факт спроби несанкціонованого проникнення на територію, і передає сигнал тривоги на пульт управління, при необхідності даючи команду включення виконавчих пристроїв (сирен, прожекторів, відеокамер тощо) [1, 2].

Подібні системи (але у більш простому виконанні) також широко використовуються для полювання, кемпінгу, походів. Проте тут існують два шляхи розвитку, це дешеві аналоги звичайних охоронних сповіщувачів для використання у приміщеннях, в які вбудовано джерело живлення та які мають більш менш водонепроникний корпус, другий напрямок – це та ж сама модифікація, тільки виконана радіолобителями [3, 4].

Окремо слід зазначити, що робоча частота (915 МГц) більшості іноземних систем не відповідає, відділений для подібних систем, частоті в Україні (868 МГц, 433 МГц), особи, які використовують в Україні таку апаратуру, несуть відповідальність згідно чинного законодавства [5].

Разом із тим, для використання як у польових, так і в умовах міської забудови, підходить саме частота 433 МГц. На основі аналізу технічних характеристик датчиків, створених як за кордоном, так і в Україні, можна виділити наступні напрямки їх розвитку [1-4]:

- розширення номенклатури датчиків одного типу, які трохи відрізняються відповідно до технічного виконання;
- зниження габаритно-вагових параметрів за рахунок використання нових технологій і нової елементної бази;
- вдосконалення алгоритмів обробки сигналів;
- використання нових принципів дії;
- поєднання кілька принципів дії в одному пристрої.

Метою роботи є аналіз вимог до технічних параметрів сучасних охоронно-сигналізаційних систем швидкого розгортання.

Результати дослідження

З проведеного аналізу випливає, що для оптимізації ОССШР, які відповідають вимогам надійності виявлення та фіксації об'єктів, необхідно комплексне використання різних типів пристроїв охорони.

З вище зазначеного сформуємо перелік вимог які визначені для охоронних систем швидкого розгортання:

- висока швидкість розгортання системи;
- висока гнучкість системи захисту (розмір та форма контрольованої зони);
- надійна робота системи у випадку складного рельєфу або щільної забудови;
- висока адаптивність до несподіваних випадків як під час розгортання так і під час штатного режиму роботи;
- скритність системи у радіодіапазоні;

- захист системи від глушіння та саботажу;
- висока автономність системи;
- можливість компонування різними типами датчиків, з однаковими інформаційними характеристикам.

В свою чергу, безпосередньо для оцінки радіотехнічних приладів охорони які можуть використовуватись у системах ОССШР наведені такі критерії [6, 7]:

- швидкодія;
- ймовірність виявлення об'єкта у межах зони контролю;
- ймовірність пропуску об'єкта у межах зони контролю;
- ймовірність помилкового виявлення об'єкта у межах зони контролю;
- розмір зони контролю.

Сьогодні на ринку існує безліч систем як вітчизняного виробництва, так і закордонного. Це переважно військові системи, які або знаходяться на озброєнні, або пройшли через конверсію.

Висновки

З вище зазначеного випливає, що жодна з систем не відповідає вимогам, що стоять перед ОССШР. Усі сучасні ОССШР використовують в якості керуючого модуля мікроконтролери, що в умовах використання апаратури електромагнітних імпульсів, яка може знаходитись у порушників, приведе до виведення ОССШР із ладу. Постійний радіообмін між виносними датчиками та керуючим модулем може призвести до виявлення та глушіння приладів апаратурою радіоелектронної боротьби. Велика собівартість виготовлення апаратури, та складність у використанні не дасть можливість зробити таку ОССШР масовою та доступною. Використання у приладах датчиків одного типу призводить до великої кількості хибних спрацювань, що унеможливило коректну роботу апаратури у якості надійної ОССШР.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Петраков А. В. Защита и охрана личности, собственности, информации. Справочное пособие / А. В. Петраков. – М. : Радио и связь, 1997. – 320 с.
2. Реклама фирмы Gammat corp., MSN, Aug. 2012 – Р. 139.
3. Свирский Ю. К. Охранная сигнализация: средства обнаружения, коммуникации, управление / Ю. К. Свирский // Система безопасности. № 4, 1995. С.10-16.
4. Хант Ч. Разведка на службе Вашего предприятия / Ч. Хант, В. Зартарьян. – Киев : Укрзакордонвисасервис, 1992. – 160 с.
5. Куприянов А. И. Теоретические основы радиоэлектронной борьбы : Учеб, пособие / А. И. Куприянов, А. В. Сахаров. - М.: Вузовская книга, 2007. - 356 с.
6. Кичак В.М. Основи схемотехніки. Аналогова та інтегральна схемотехніка. Навчальний посібник із грифом МОНМС України / Кичак В.М., Рудик В.Д., Семенов А.О., Семенова О.О. – Вінниця, 2013. – 267 с. ISBN 978-966-641-513-7
7. Крушевський Ю.В. Настроювання, регулювання та обслуговування РЕА. Навчальний посібник / Крушевський Ю.В., Шутило М.А., Семенов А.О., Коваль К.О. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 160 с.

Семенов Андрій Олександрович — д-р техн. наук, професор, доцент кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Поворозник Роман Васильович — студент групи РТ-16бз, кафедра радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rumata6456@ukr.net

SECURITY AND ALARM SYSTEM OF RAPID DEPLOYMENT

Abstract

The paper analyzes the requirements for the technical parameters of modern security and alarm systems of rapid deployment.

Keywords: security and alarm system, rapid deployment, sensor, intruder, detection.

Semenov Andriy Oleksandrovych — Dr. Sc. (Eng.), Full Professor, Associate Professor of the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Povorozniuk Roman Vasylovych — student of group RT-16bz, Departments of Radio-Frequency Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rumata6456@ukr.net

ВПЛИВ ЗАХОДІВ ВНУТРІШНЬО-КОМУНІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА ФОРМУВАННЯ У ОСОБОВОГО СКЛАДУ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНО-ІДЕЙНИХ ПЕРЕКОНАНЬ ТА ГОТОВНОСТІ ДО ВИКОНАННЯ БОЙОВИХ ЗАВДАНЬ

Кафедра військової підготовки Вінницького національного аграрного університету

Анотація. Робота присвячена дослідженню впливу заходів внутрішньо-комунікаційної роботи на формування у особового складу Збройних Сил України національної ідентичності та готовності до виконання бойових завдань. Визначено фактори підсилення негативного інформаційно-психологічного впливу противника в районі проведення Операції Об'єднаних Сил, напрями роботи по їх нейтралізації, залежність ефективності внутрішньо-комунікаційної роботи від діяльності суб'єктів стратегічних комунікацій Міністерства оборони України та Збройних Сил України.

Ключові слова: Збройні Сили України, внутрішньо-комунікаційна робота, негативний інформаційно-психологічний вплив, стратегічні комунікації.

З початком окупації Криму та агресії на сході України, Російська Федерація проводить широкомасштабні інформаційні акції по створенню історичних передумов для виправдання своїх агресивних планів.

У зв'язку з нарощуванням гібридних дій країни-агресора, Стратегією національної безпеки України [1], однією з головних загроз національній безпеці та національним інтересам України визначена деструктивна пропаганда як ззовні, так і всередині України, яка, розпалює ворожнечу, провокує конфлікти, підриває суспільну єдність.

Анонімне опитування військовослужбовців Повітряних Сил Збройних Сил України з числа учасників антитерористичної операції (далі – АТО) та осіб, які здійснювали заходи із забезпечення національної безпеки і оборони, відсічі і стримування збройної агресії Російської Федерації у Донецькій та Луганській областях свідчить про наявність цілеспрямованого негативного інформаційно-психологічного впливу в районах проведення АТО та Операції Об'єднаних Сил (далі – ООС).

Респонденти вказували, що значений вплив здійснювався через російські засоби масової інформації та засоби масової інформації самопроголошених республік, надсилання SMS та e-mail повідомлень, відомостей з соціальних мереж, проросійсько налаштованого місцевого населення, рідних і близьких, які проживають на тимчасово окупованих територіях.

Факторами підсилення негативного інформаційно-психологічного впливу визначалися: національне ототожнення окремих військовослужбовців з країною-агресором через використання російської мови в міжособистому спілкуванні, в засобах масової інформації, місцевим населенням в районах проведення ООС;

тенденції до зниження в суспільстві ролі захисника України, зменшення уваги до питань захисту України та відновлення територіальної цілісності, акцентуація в засобах масової інформації на негативних діях по відношенню до цивільного населення учасників АТО (ООС), зростання рівня підтримки окремих проросійсько орієнтованих політичних сил;

можливість безперешкодного прийому засобів масової інформації РФ на комплекти супутникового телебачення, нестійкий прийом українських телеканалів на тунерах цифрового телебачення в підрозділах, які виконують завдання у віддалених від населених пунктів районах.

Виходячи з цього, робота з формування стійких національно-ідейних переконань щодо необхідності збройного захисту суверенітету та територіальної цілісності України від російської агресії, недопущення деструктивних впливів на особовий склад з боку засобів масової інформації, політичних сил і громадських об'єднань набуває визначального значення.

Виконання вказаних завдань у Збройних Силах України (далі – ЗС України) здійснюється шляхом організації і проведення внутрішньо-комунікаційної роботи, яка виступає одночасно як складова морально-психологічного забезпечення і як обов'язковий елемент системи

стратегічних комунікацій ЗС України. Основною метою внутрішньо-комунікаційної роботи є забезпечення ефективного обміну цільовою за змістом інформацією в межах військової частини (підрозділу), а також між окремими військовослужбовцями, командирами та підлеглими.

Внутрішні комунікації є головним мотиваційним чинником, який впливає на досягнення успіху в бойовій обстановці. Особисті тверді переконання, володіння командирами та особовим складом оперативною, достовірною, правдивою інформацією зміцнює морально-психологічну готовність особового складу до участі в бойових діях по захисту територіальної цілісності нашої України, сприяє довірі до дій військового керівництва.

Основні завдання внутрішньо-комунікаційної роботи визначені Інструкцією з організації інформаційно-пропагандистського забезпечення у ЗС України [2] та Доктриною зі стратегічних комунікацій [3].

Головне управління з морально-психологічного забезпечення ЗС України, як один із суб'єктів системи стратегічних комунікацій ЗС України визначає щорічно основні завдання морально-психологічного забезпечення щодо організації внутрішніх комунікацій та інформаційного супроводу військ (сил) та організовує методичне забезпечення внутрішньо-комунікаційної роботи. Зазначені завдання реалізуються в ході проведення заходів військово-патріотичної та культурологічної роботи, систематичного командирського інформування, бойового інформування, занять з національно-патріотичної підготовки.

Висновки. Робота по формуванню у особового складу ЗС України почуття патріотизму, переконань про правоту та справедливість участі українського народу і його Збройних Сил у відстоюванні суверенітету, територіальної цілісності і недоторканості України, нейтралізації негативного інформаційно-психологічного впливу противника є одним з основних напрямів діяльності командирів та начальників всіх рівнів.

Ефективність внутрішньо-комунікаційної роботи по формуванню у особового складу ЗС України національно-ідейних переконань та готовності до виконання бойових завдань забезпечується координованими зусиллями всіх суб'єктів стратегічних комунікацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Указ Президента України Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 14 вересня 2020 року "Про Стратегію національної безпеки України" №392/2020 від 14.09.2020.
2. Наказ Генерального штабу Збройних Сил України "Про затвердження Інструкції з організації інформаційно-пропагандистського забезпечення у Збройних Силах України" від 04.01.2017 №4.
3. Доктрина зі стратегічних комунікацій від 12.10.2020, ВКП 10-00(49).01.

Bayush Oleksandr Yakovich, старший викладач кафедри військової підготовки, Вінницький національний аграрний університет, місто Вінниця, bayush@meta.ua

Influence of measures of internal communication work on formation of national-ideological convictions and readiness for combat missions in the personnel of the Armed Forces of Ukraine

Abstract. *The article is devoted to the study of the influence of measures of internal communication work on the formation of the national identity of the Armed Forces of Ukraine and the readiness to perform combat missions. Factors of strengthening the negative information and psychological influence of the enemy in the area of the Joint Forces Operation, directions of work on their neutralization, dependence of the effectiveness of internal communication work on the activities of strategic communications of the Ministry of Defense of Ukraine and the Armed Forces of Ukraine.*

Key words: Armed Forces of Ukraine, internal communication work, negative information and psychological influence, strategic communications.

Bayush Oleksandr, senior lecturer, Department of military training, Vinnytsia national agrarian university, Vinnytsa, bayush@meta.ua

Озброєння багатоцільового тягача легкого броньованого (БТ-ЛБ) сучасними бойовими модулями

Кафедра військової підготовки
Вінницького національного аграрного університету

Анотація

Об'єктом даної роботи є модернізація БТ-ЛБ сучасними бойовими модулями.

Ключові слова: модернізація, оборонно-промисловий комплекс (ОПК), бронетанкова техніка.

В Збройних силах України основу бойових машин Сухопутних військ становлять бронетранспортери (БТР-60, БТР-70, БТР-80), бойові машини піхоти (БМП-1, БМП-2). Всі ці зразки техніки на сьогоднішній час не в повному обсязі відповідають вимогам ведення сучасного бою. В той же час технічні можливості модернізації цих машин існують.

Однак існують проблеми, пов'язані з браком фінансування ЗС України, що робить проблематичним заміну застарілих зразків бронетехніки на сучасні. Виходячи з зазначеного можна зробити висновок, що пріоритетним напрямком розвитку бронетанкової техніки Сухопутних військ Збройних Сил України це проведення її модернізації і переобладнання.

Навіть країни, з розвинутою економікою, проводили модернізацію бойових машин. Так в США основна бойова машина піхоти М2 «Бредлі» пройшла модернізацію протягом 1980-1989 років від М2 до М2А3 Bradley II і по теперішній час знаходиться на озброєнні.

Виходячи з огляду розвитку сучасних зразків техніки, ми бачимо, що зникає різниця між БМП та БТР. На всі зразки техніки, що на озброєнні в Сухопутних військах різних країн встановлюють більш потужне озброєння - гармату та протитанкові ракетні комплекси.

Метою статті є аналіз спроможностей підприємств ОПК України щодо модернізації БТ-ЛБ в бойову машину для потреб Сухопутних військ Збройних Сил України.

Зараз все частіше піднімається питання щодо модернізації основного озброєння Сухопутних військ, це БМП-1, БМП-2, БТР-70, БТР-80. Але з початку проведення Антитерористичної операції, кількість цих зразків техніки значно зменшалась.

Як вже зазначалося, що новостворені окремі мотопіхотні і навіть механізовані бригади потребують хоч якогось озброєння.

Розглянемо, як об'єкт модернізації, такий зразок техніки, як БТ-ЛБ (багатоцільовий тягач легкий броньований). Даний зразок дуже надійний, знаходиться в достатній кількості на базах зберігання ЗС України, з розташуванням силової установки в середній частині машини. Силова установка ЯМЗ-238 (240 к.с.) від КраЗ-255Б (Кременчуцький автомобільний завод). [1].

На початку проведення Антитерористичної операції 2014 року БТ-ЛБ вже використовувалась в механізованих підрозділах. Модернізація проводилась встановлюючи зенітну установку ЗУ-23-2. Але пройшов час і підприємства ОПК розробило сучасні бойові модулі, які можна встановлювати на даний зразок.

Бойовий модуль “Касет”. Озброєння 30 мм. гармата ЗТМ-1 зі спареним кулеметом КТ-7,62, автоматичний гранатомет АГ-17 і ПТРК “Бар'єр”.

Бойовий модуль КБА-105 “Шквал”. Озброєння: 30-мм гармата КБА-2 зі спареним кулеметом КТ-7,62, автоматичний гранатомет АГ-17 і ПТРК “Конкурс”.

Бойовий модуль БМ-3М “Штурм”. Озброєний: 30-мм гарматою типу 2А72 або ЗТМ-1 зі спареним кулеметом типу ПКТ, автоматичний гранатомет типу АГ-17 або КБА-117; ПТРК “Бар'єр”. Бойовий модуль має нову систему управління вогнем “Трек”

Бойовий модуль “Воля”. Озброєння: ЗТМ-1 (2А72), зі спареним кулеметом ПКТ,

автоматичний гранатомет КБА-117 (АГС-17), протитанковий ракетний комплекс «Бар'єр», [2].

Для підвищення захищеності особового складу, на Київському бронетанковому заводі, розроблено методику модернізації БТР-80, де з внутрішньої сторони корпусу підклеюють кевлар піднімаючи противопробивну властивість бойової машини. Є розробка Миколаївського танкоремонтного заводу, де підсилюють броньований захист бойової машини навесними броньованими листами.

Можлива заміна і силової установки з ЯМЗ-238 (240 к.с.) на більш потужну. Наприклад УТД20С1 або закордонного виробництва, наприклад: турбодизельний двигун Ford 6,7 V8 (400 к.с.), який встановлюється на броньовану машину «Спартан» спільного виробництва АвтоКрАЗ і компанією Streit Group.

За результатами аналізу можна прийти до висновку, що підприємства оборонно-промислового комплексу України спроможні модернізувати бойові машини, що стоять на озброєнні Збройних Сил України, а також дообладнувати іншу техніку.

При браку фінансування Збройних Сил України, пріоритетним напрямком повинна стати спочатку модернізація зразків техніки, яка знаходиться на озброєнні в Сухопутних військах, а потім їх заміна на інші зразки техніки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОГО РЕСУРСУ:

1. МТ-ЛБ - [Електронний ресурс] Режим Доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/МТ-ЛБ>
2. Бронетехніка України: Бойові модулі - [Електронний ресурс]
Режим Доступу : <https://mil.in.ua/uk/news/na-poligoni-vyprovovuyut-bojovi-moduli-dlya-bmp-1/>

Ляховський Василь Миколайович, старший викладач кафедри військової підготовки Вінницького національного аграрного університету, Вінниця, e-mail: Ribak1600@ukr.net.

Armament of a multipurpose light armored tractor (ML-AT) with modern combat modules

Abstract

The object of this work is the modernization of a MT-LA.

Keywords: modernization, defense-industrial complex (DIC), armored vehicles.

Vasyl Lyakhovskyy, senior teacher of department of military preparation of the Vinnytsya national agrarian university, Vinnytsya, e-mail: Ribak1600@ukr.net.

МЕТОДИКА ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ КАФЕДРИ ВІЙСЬКОВОЇ ПІДГОТОВКИ ПІД ЧАС ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглядається ефективність впровадження засобів інформаційно-комунікаційних технологій під час дистанційного навчання студентів кафедри військової підготовки.

Ключові слова: методика викладання, засоби ІКТ, мотивація

Abstract

The efficiency of introduction of means of information and communication technologies during distance learning of students of the department of military training is considered.

Keywords: teaching methods, ICT tools, motivation

Вступ

Динамічний соціальний, економічний і технологічний розвиток сучасного суспільства зумовив зростаючу потребу людей в новій інформації для їх повноцінного життя і продуктивної професійної діяльності. Інформатизація суспільства не могла не відбитися на системі загальної середньої, спеціальної та вищої професійної освіти. В результаті всесвітньої пандемії COVID-19 актуальною стає необхідність розробки ефективної методики викладання у навчальних закладах в період дистанційного навчання.

Емпіричне дослідження впливу інформаційно-комунікаційних технологій на навчальну діяльність студентів під час дистанційного навчання

Мета емпіричного дослідження полягала в тому, щоб перевірити ефективність впровадження засобів інформаційно-комунікаційних технологій під час дистанційного навчання студентів кафедри військової підготовки. Дослідження складалося з восьми послідовних етапів.

1. Пошук учасників емпіричного дослідження. До участі було залучено 39 студентів другого курсу кафедри військової підготовки спеціальності «Бойове застосування військових частин і підрозділів зв'язку та радіотехнічного забезпечення авіації» Вінницького національного технічного університету. Вік учасників коливався в межах 20-22 років.

2. Для досягнення мети дослідження була проведена діагностика рівня навчальної мотивації студентів. Слід зазначити, що всі опитування проводились анонімно за допомогою сервісу Google forms. Кожному з 39 студентів було присвоєно відповідний шифр (С-1, С-2 і т.д.) для того, щоб досягнути максимальної об'єктивності у дослідженні. Так, маючи можливість не вказувати власного ім'я та прізвища, студенти чесно відповідали на поставлені запитання.

Методика діагностики спрямованості навчальної мотивації Т.Д. Дубовицької дозволила виявити спрямованість і рівень розвитку внутрішньої мотивації навчальної діяльності студентів при вивченні дисципліни: «Військові засоби зв'язку та радіотехнічного забезпечення польотів авіації» [1]. Також була застосована методика визначення професійної мотивації В.Г. Каташева [2].

3. Діагностика навчального рівня студентів. Для визначення навчальних результатів виховувались семестрові оцінки з дисципліни «Військові засоби зв'язку та радіотехнічного забезпечення польотів авіації» за 2 навчальний семестр.

4. На четвертому етапі експерименту було обрано сучасні електронні ресурси, які застосовувались викладачем під час дистанційного навчання восени 2020 року для підготовки та проведення лекційних та практичних занять, перевірки знань студентів, а також для рефлексії навчального процесу та власної педагогічної діяльності наприкінці 3 навчального семестру: Google meet, Zoom, Ideaboardz, Easel.ly, Infogr.am, Piktochart, Glogster, MindMeister, Popplet, Mindomo, Study Stack, Learning apps, Padlet, Google Forms, Kahoot, Quizizz, Quizwhizzer, Тесторіум, Майстер-тест, Live Worksheets.

5. Етап розробки та впровадження обраних засобів інформаційно-комунікаційних технологій у навчальну діяльність. На даному етапі емпіричного дослідження за допомогою обраних нами електронних ресурсів було розроблено навчально-методичні матеріали, які застосовувались впродовж 3 навчального семестру під час пояснення нового матеріалу, проведення практичних занять, на етапі перевірки знань студентів кафедри військової підготовки, а також для рефлексії навчального процесу.

6. Етап аналізу обраних інструментів дистанційного навчання. Наприкінці 3 навчального семестру серед студентів було проведене анонімне анкетування за допомогою ресурсу Google forms. Загальне питання до учасників дослідження звучало таким чином: «Оцініть застосовані під час навчання електронні ресурси від 1 до 5, де максимальна оцінка 5». Опитування було проведене з метою визначення, яким засобом інформаційно-комунікаційних технологій студенти надають перевагу.

За результатами анкетування можна дійти висновку, що для проведення відео-конференцій студенти надають перевагу Google meet, кращими ресурсами для візуалізації навчального матеріалу, презентації діаграм, таблиць обрано Easel.ly та Glogster, середня оцінка яких 4,2 та 4 відповідно. MindMeister отримав найвищий середній бал серед ресурсів для створення асоціативних карт (4,8). Варто зазначити, що ресурси Ideaboardz, Learningapps та Google forms отримали максимальну оцінку від учасників опитування. Засобами інформаційно-комунікаційних технологій, які отримали найнижчі оцінки від студентів кафедри військової підготовки стали Quizwhizzer та Майстер-тест, середній бал яких 2,8 та 3 відповідно.

На наступному етапі анкетування учасники експерименту мали можливість провести рефлексію навчального процесу та педагогічної діяльності, вказавши рівень задоволення тим, як відбувалось дистанційне навчання та оцінивши, наскільки змінилась система дистанційного навчання під час 3 навчального семестру. 59% студентів оцінили процес дистанційного навчання на «відмінно», 23% обрали відповідь «Оцінка «4»». Ще для 18% рівень задоволення навчальним процесом відповідає оцінці «3».

Свою відповідь студенти пояснювали тим, що під час дистанційного навчання вони зіштовхнулися з певними труднощами, серед яких основними можна назвати:

- погане Інтернет з'єднання;
- відсутність концентрації;
- незрозумілий та незручний інтерфейс деяких електронних ресурсів;
- неможливість користуватись деякими електронними засобами за допомогою телефону;
- дистанційне навчання не може повністю замінити очне.

Цікавими є результати опитування, наскільки змінилась система дистанційного навчання. 88% учасників експерименту помітили суттєве покращення навчального процесу. Ще 12% обрали відповідь «система покращилась». Такі варіанти, як «залишилась на тому ж місці», «погіршилась» та «суттєво погіршилась» студентами не розглядались.

Таким чином, можемо зробити висновок, що впроваджені під час дистанційного навчання засоби інформаційно-комунікаційних технологій позитивно вплинули на навчально-пізнавальну діяльність студентів, а такі електронні ресурси, як Learningapps, Study Stack, MindMeister, Google meet, Ideaboardz отримали позитивну оцінку від учасників дослідження.

7. На наступному етапі була проведена повторна діагностика рівня навчальної мотивації студентів та діагностика навчального рівня студентів.

Наприкінці 3 навчального семестру, з інтервалом у 7 місяців, студентам військової кафедри було запропоновано повторно пройти діагностику спрямованості навчальної мотивації

Т.Д. Дубовицької та діагностику визначення професійної мотивації В.Г. Каташева з метою виявлення впливу засобів інформаційно-комунікаційних технологій на навчальну діяльність студентів під час дистанційного навчання. Користуючись отриманим у 2 навчальному семестрі шифром, кожен учасник дослідження анонімно знову відповів на поставлені запитання тестувань. Для проведення анкетування знову було обрано ресурс Google forms.

Для визначення навчальних результатів враховувались семестрові оцінки з дисципліни «Військові засоби зв'язку та радіотехнічного забезпечення польотів авіації», які були виставлені за 3 навчальний семестр взимку 2020 року.

8. На восьмому етапі дослідження зіставлялися результати діагностування до початку дистанційного навчання та після проведеного нами експерименту.

Кількість студентів, що мають внутрішню мотивацію навчальної діяльності, після проведеного експерименту зростає у півтора рази і тепер їхня частка становить 48,7% (33,3% до початку експерименту). Повторна діагностика спрямованості навчальної мотивації Т.Д. Дубовицької також показала, що кількість студентів з високим рівнем внутрішньої мотивації збільшилась вдвічі. Натомість, лише 5 студентів мають низький рівень внутрішньої мотивації, що становить 12,8%. Для порівняння, у 2 навчальному семестрі низький рівень мотивації було визначено у 14 студентів.

Результати проведеної діагностики визначення професійної мотивації В.Г. Каташева показали, що кількість студентів, які мають низький рівень професійної мотивації, зменшилась на 20,6 % і тепер їхня частка становить 17,9%. У 14 з 39 студентів виявлено середній рівень професійної мотивації. Кількість учасників дослідження, що мають нормальний та високий рівні професійної мотивації, зростає на 12,9 та 10,3% відповідно.

Аналіз семестрових оцінок з дисципліни «Військові засоби зв'язку та радіотехнічного забезпечення польотів авіації», які були виставлені за 3 навчальний семестр під час дистанційного навчання з використанням інформаційно-комунікаційних технологій показує, що кількість студентів кафедри військової підготовки, які отримали семестрові оцінки «відмінно» та «добре» зростає на 10 та 5% відповідно. Натомість, частка студентів з оцінкою «задовільно» стала меншою на 15%, що дозволяє говорити про зростання навчального рівня студентів після впровадження інформаційно-комунікаційних технологій.

Висновки

Отже, результати повторної діагностики спрямованості навчальної мотивації Т.Д. Дубовицької та визначення професійної мотивації В.Г. Каташева, а також аналіз навчальних результатів студентів другого курсу кафедри військової підготовки дозволяють стверджувати, що впроваджені нами засоби інформаційно-комунікаційних технологій сприяли підвищенню мотивації та зацікавленості при вивченні дисципліни «Військові засоби зв'язку та радіотехнічного забезпечення польотів авіації». Проте, слід також зазначити, що дистанційна форма навчання має низку недоліків, необхідних усунення, на що було вказано учасниками експерименту під час анонімного опитування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.Методика діагностики спрямованості навчальної мотивації Т.Д. Дубовицької. URL: <http://um.co.ua/10/10-7/10-78819.html> (дата звернення: 28.04.2021).

2.Методика діагностики визначення професійної мотивації В.Г. Каташева. URL: http://www.ksu.ru/infres/nikolaev/2002/g12_2_1.htm (дата звернення: 28.04.2021).

Балакірева Ганна Юрївна – студентка кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: AnnaBalakirjewa@ukr.net

Бондаренко Павло Якович – викладач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: pavlobondarenko1970@gmail.com

Balakirjewa Anna – student of the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinntsia, e-mail: AnnaBalakirjewa@ukr.net

Bondarenko Pavlo – Lecturer of the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinntsia, e-mail: pavlobondarenko1970@gmail.com

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ОПТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ У СТРІЛЕЦЬКІЙ ЗБРОЇ РІЗНИХ КРАЇН СВІТУ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглядається аналіз розвитку оптичних прицілів для стрілецької зброї.

Ключові слова: *Зброя, оптика, гвинтівка, приціл, снайпер, телескоп, радіус.*

Вступ

Сучасні приціли для гвинтівки є кульмінацією майже 300 років розвитку оптичних технологій. Хоча телескоп існував вже довгий час, коли придумали прикріпити його до гвинтівки, швидко зрозуміли, що хороший приціл може значно покращити точність стрільби.

Історія використання стрілецької оптики

Історія стрілецької оптики - це історія поступового вдосконалення, завдяки вдосконаленим лінзам та сіткам, що дають кожному новому поколінню стрілецьких стрільців невелику перевагу перед своїми попередниками. І хоча сьогодні існує величезна різноманітність прицілів, за базовим дизайном вони майже ідентичні найдавнішим прицілам для гвинтівки.

Хоча телескоп був винайдений Галілеєм ще в 1608 році, пройшло багато років, перш ніж оптичні технології були використані на гвинтівках. Причина цього менше пов'язана з оптичною технологією, а більше пов'язана з еволюцією самої гвинтівки. До кінця 17 століття гвинтівки просто не мали достатньої дальності, щоб вимагати телескопічного прицілу.

Хоча є повідомлення про те, що солдати в Американській війні за незалежність встановлювали імпровізовані приціли на свої мисливські рушниці, ці саморобні пристосування залишалися дуже недосконалим обладнанням. Їх було важко пристосувати до зброї, а ще важче ефективно використовувати.

Перша серйозна оптика для гвинтівки в США і фактично в будь-якій точці світу була винайдена між 1835 і 1840 роками. У книзі "Поліпшена американська гвинтівка", опублікованій у 1844 році, Джон Р. Чепмен описав приціли рушниць, вироблені тоді Морганом Джеймсом з Ютіки, Нью-Йорк. Хоча вона заснована за сучасними стандартами, міцна конструкція цієї оптики означала, що точність пострілів залишалася відносно вірною навіть після кількох пострілів, і тому була першою практичною оптикою для гвинтівки.

Приблизно з 1850 року ряд американських виробників почали виготовляти власні приціли. Приціл Чапмена-Джеймса мав ранній успіх і базувався на співпраці

будівельного інженера Джона Чепмена та виробника Моргана Джеймса. У 1855 р. На цьому підґрунті була впроваджена нова технологія. Ранні виробники оптичних гвинтівок в першу чергу розглядали телескопи для вдосконалення своїх конструкцій, а в 1855 р. в оптиці гвинтівок було представлено ахроматичні лінзи, які вперше були вироблені Вільямом Малкольмом з Нью-Йорка.

Технологія, яка була запропонована Малькольмом також включала регулювання вітру та висоти, і з цього моменту вона також мала стати стандартними особливостями гвинтівкової оптики. Можливості щодо збільшення видимої області було від $\times 3$ до $\times 20$. Загалом, приціл Малкольма зміг значно покращити характеристики стрілецьких гвинтівок і став стандартним обладнанням для стрільців - по суті, перших снайперів - під час громадянської війни в Америці.

Перед початком Першої світової війни, коли багато країн озброювались і шукали додаткові переваги перед своїми конкурентами, особливу увагу звернули на значний прогрес у технології гвинтівкової оптики.

Одною з таких новітніх вдосконалень стала розробка рефракторних областей. Приціли, у яких була впроваджена ця технологія, дозволяють світлу проходити безпосередньо до ока стрільця, покращуючи їх здатність бачити цілі в умовах недостатнього освітлення. Хоча рефракторні телескопи були доступні протягом тривалого часу, майже до 1880 року, подібні лінзи можливо було виготовляти невеликих розмірів і достатньо міцними для використання у польованні та для військових потреб. Дана розробка надавала стрільцям перевагу в умовах недостатнього освітлення. Ці системи започаткували пізню голоскопічну революцію прицілу.

Під час Першої світової війни німецька армія тримала передові ініціативи, щодо оптичних технологій гвинтівок. Приймаючи до уваги те, що затяжна окопна війна надає багато можливостей для використання снайперів, в той час було передано 25000 вдосконалених гвинтівок із оптикою для озброєння своїх солдатів. Німеччина вже давно займала передові позиції, щодо оптичного проектування, і США були змушені наддоганяти Німеччину.

Першу розробку, яку було запроваджено армією США, це збільшувальний приціл Warner і Swasey на гвинтівці 30-06 M1903 Springfield. Це рішення було недосконалим, але ефективним.

Хоча що зброю було досить важко носити в бою, але її застосування досить ефективно зменшило розрив між снайперами американської та німецької армії.

Протягом Другої світової війни також найшвидшими темпами розвивалися оптичні технології гвинтівок. Вдосконалення гвинтівок, а особливо рух до меншого калібру, в той же час більш потужних, означало, що ефективна дальність швидко зростала, і збільшення масштабу цілі було вкрай необхідним. Найдосконалішими оптичними системами, які використовувалися солдатами армії США в цей період, була Luman Alaskan, яка надавала 2,5-кратне збільшення і пристосована до нещодавно стандартизованої гвинтівки M1, та приціл Unertl із збільшенням $\times 10$. Цей приціл дуже широко використовувався снайперами, оскільки він давав величезний радіус дії і його можна було використовувати при несприятливих погодних умовах.

Протягом останнього періоду Другої світової війни спостерігався розвиток технології нічного бачення на прицілах.

У німецькій армії була розроблена перша з таких систем «Вампір». Вона була розроблена для штурмової гвинтівки StG 44, а ні для зброї великої прицільної дальності, оскільки на той час ще рахувалося, що солдати не зможуть вражати цілі на великій відстані вночі.

Незважаючи на недосконалість, враховуючи сучасні стандарти, цей напрямок представляв достатньо великий прогрес в оптичних технологіях. Вдосконалення у військовій оптиці підвищувало ефективність бою, дозволяючи німецькій армії воювати в умовах слабкого освітлення.

У ході Корейського конфлікту подальшого розвитку оптичних технологій те відбувалося. Роль снайпера в цій війні була незначною, порівняно із Другою світовою війною, а також у війні у В'єтнамі. Більшість боїв у Корей велись на близькій відстані,

тому застосування снайперських гвинтівок обмежувалося і не сприяло розвитку даного виду озброєння.

Тим не менш, телескопічні приціли, які були розроблені під час Другої світової війни, почали використовувати у цивільних напрямках, так в 1950-х роках відбулося перше широкомасштабне цивільне прийняття на озброєння гвинтівок, наприклад для таких моделей гвинтівок як AR-15.

Оскільки мисливські рушниці мали достатню потужність, виникла потреба спорядження їх прицілами, які можуть забезпечити точність прицілювання у постійно розширюваних діапазонах, приціли для цивільного використання пропонували збільшення до x20.

У війні у В'єтнамі найбільш застосовувалися далекосяжні приціли, роль і ефективність яких в цей час різко зросли.

Історія розвитку оптичної зброї під час війни у В'єтнамі зосереджується практично на одній людині - легендарному снайпері-розвіднику Карлосі Хеткоку. Він придбав досить базовий телескопічний приціл і встановив його на свій важкий кулемет M2 .50 cal. і при використанні в режимі одиночного пострілу M2 забезпечував величезну дальність і потужність. Але використання такої зброї вимагало високої підготовки, тому що при стрільбі з незакріпленого кулемета на 50 кал. виникає велика віддача.

Хеткок використав такий кулемет, щоб досягти рекордного на той час найдовшого вбивства для піхотного солдата - 2286 метрів. У 1990 році армія США придбала партію 50 кал. BMG M82 Barrett для використання в якості снайперської гвинтівки.

У міру розвитку оптичної технології кожна нова розробка запроваджувалася в приціли гвинтівок, і в результаті ефективні діапазони, які досягалися цією зброєю, зросли більш ніж удвічі за час конфлікту у В'єтнамі.

Найбільш швидким збільшенням можливостей оптики гвинтівки за останні роки стало величезне збільшення стандартного збільшення. Зараз достатньо розповсюджені масштаби збільшення x10, які стандартно підходять для мисливських рушниць, рівень збільшення, який був зарезервованим для найбільш висококваліфікованих снайперів періоду Другої світової війни. Досягнення у виробництві скла та збільшення використання прозорих полімерів також означають, що світлопроникність цих областей значно покращилася. Це означає, що навіть 50-міліметровий діапазон забезпечує чудово освітлене зображення у видошукачі.

Ще одним величезним прогресом стало використання змінного збільшення. Хоча вперше розроблена в 1950-х роках, ця технологія не стала широко доступною для цивільної оптики. Лише в 1990-х роках змінила практику стрільби багатьох мисливців та стрільців-аматорів. До сучасного періоду серйозний стрілець з рушниць мав необхідність мати ряд прицілів - принаймні один для полювання на великі відстані, а інший - для боротьби наприклад із шкідниками на близькій відстані або подібний. Завдяки змінному збільшенню, яке дозволяє користувачеві вручну змінювати збільшення, ця неприємність була ліквідована.

Іншим напрямком розвитку була технологія лазерів, яка була включена в сферу застосування. Сьогодні більшість стрільців знайомі з використанням лазерів в оптиці гвинтівок, головним чином, завдяки наявності прицілів з червоними крапками, де замість традиційного прицільного сітки використовується лазер із низьким рівнем потужності. Ці приціли можуть бути дуже ефективними при полюванні, особливо на близькій відстані, дозволяючи стрільцеві точно бачити, куди спрямована його зброя.

Однак лазери також були вбудовані в оптику гвинтівки іншими способами. У вдосконаленій оптиці дальньої гвинтівки тепер використовуються лазери для вимірювання дальності до цілі. Хоча для більшості людей сітка для виявлення дальності повинна бути більш ніж достатньою для оцінки дальності, для тих, кому потрібно зробити максимально далекі знімки, лазерна дальність пошуку дає миттєвий і дуже точний спосіб пошуку точної дальності.

Однією з останніх змін в оптиці гвинтівок, яка швидко стала дуже популярною, є використання сіток з підсвічуванням. Оскільки технологія нічного бачення стала більш

доступною, багато хто зараз опиняються на полюванні у сутінках або на світанку. У цих ситуаціях, хоча підсвічена сітка не є абсолютно необхідною, вона, безумовно, допомагає.

У 2007 році компанія Barrett Firearms представила систему, відому як BORS. Ця система є автоматичним електронним модулем для автоматичного розрахунку падіння кулі та автоматичного регулювання сітки прицілу. Вона розроблена для роботи на відстані 2500 метрів у поєднанні з деякими прицілами, виготовленими Leupold та Nightforce, на цьому діапазоні цілі отримують надійне ураження.

Висновки

Оптичні технології у сучасній зброї мають дуже велике значення, оптика зараз забезпечує точність ураження, а це найголовніше при використанні зброї. Одну пропозицію пропонує серія цифрових прицілів ELCAN, яка замінює традиційні заломлювальні лінзи прицільних прицілів на повністю цифрову систему. Якщо це шлях вперед, це буде найбільшою зміною технології прицілу з часу винаходу прицілу гвинтівки ще у 17 столітті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Благостов А.И. Стрелковое оружие. –Минск, 2004
2. Жук А.Б. Энциклопедия стрелкового оружия. —М.: Воениздат, 1998.
3. Карман У. История огнестрельного оружия с древнейших времен до 20 века.
4. Шокарев Ю.В. Огнестрельное оружие. –М., 2009. –64 с
5. Chase, Kenneth. Firearms: A Global History to 1700.—Cambridge University Press, 2003.
6. Crosby, Alfred W. Throwing Fire: Projectile Technology Through History.—Cambridge University Press, 2002.

Каковкін Сергій Вікторович – старший викладач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: gokserkov@i.ua

ANALYSIS OF THE USE OF OPTICAL TECHNOLOGIES AND THEIR APPLICATION IN RIFLE WEAPONS OF DIFFERENT COUNTRIES OF THE WORLD

Abstract

The analysis of development of optical sights for small arms is considered.

Keywords: Weapon, optics, rifle, sight, sniper, telescope, radius.

Kakovkin Sergiy V. – Senior Lecturer of the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: gokserkov@i.ua

АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СТІЛЛОВИХ КРАНІВ

Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

Анотація. У роботі запропоновано методику досліджень динамічних процесів стрілової системи підйомального крана з трьома ступенями вільності. Математична модель включає в себе диференціальні рівняння руху вантажу, поворотного механізму зі стрілою та барабана. Зазначені рівняння утворюють систему, що подана у формі Коші, та розв'язана числовими методами. Проведений аналіз результатів математичного моделювання динамічних процесів. Побудовано графічні залежності параметрів руху в часі розглянутих рухомих елементів крана та вантажу. Обґрунтовано раціональні режими пуску та експлуатації на прикладі автомобільного підйомального крана.

Ключові слова: динаміка, стріловий кран, коливання, перехідні процеси, динамічні навантаження.

Динамічні навантаження під час пуску, зміни режиму роботи приводу або гальмування стрілового крана значною мірою визначають міцність елементів конструкцій та суттєво зменшують точність та ефективність виконаних машиною операцій. Крім того, механічні коливання, що виникають під час перехідних процесів призводять до накопичення втомних пошкоджень у матеріалах і знижують ресурс елементів конструкцій, а значить, і технічного об'єкта в цілому. Особливо це стосується підйомально-транспортної техніки, де привідні системи працюють в умовах перехідних режимів.

Особливість аналізу динамічних процесів привідних систем полягає у тому, що для забезпечення достатньої точності розрахунків необхідно детально враховувати не лише інерційні та пружно-дисипативні характеристики механічних ланок, а й динамічні властивості привідних двигунів. При побудові математичних моделей динамічних процесів нерідко постає потреба сумісного розгляду коливальних явищ різної фізичної природи.

Математична модель динамічних процесів у вантажопідйомальних стрілових кранах включає систему диференціальних рівнянь, які одночасно описують і підйомання вантажу, і поворот стріли відносно своєї осі і коливання вантажу у вертикальній та горизонтальних площинах. Зазначені рівняння утворюють систему, що подана у формі Коші, і у загальному випадку не піддаються аналітичному інтегруванню. Тому для більшості випадків вибір раціональних параметрів приводу вдається зробити тільки на базі чисельного аналізу вказаних математичних моделей. Шляхом математичного моделювання перехідних процесів під час переміщення вантажу стріловим краном одержані графічні залежності кутів повороту та кутових швидкостей досліджуваних ланок, обґрунтовані раціональні параметри пуску. Проведені дослідження вказують на те, що на динаміку вантажу впливають як масово-інерційні характеристики обладнання крана, так і моменти, що розвивають привідні механізми. Коливальні явища мають шкідливий характер для роботи машини, тому добір раціональних експлуатаційних параметрів і режимів роботи має важливе значення для ефективної експлуатації такої машини.

Ковальчук Роман Анатолійович кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інженерної механіки (ОТІВ), Національна академія сухопутних військ, Львів, roma_kov@meta.ua.

Сокульська Наталія Богданівна кандидат фізико-математичних наук, доцент, професор кафедри інженерної механіки (ОТІВ), Національна академія сухопутних військ, Львів, natalya.sokulska@gmail.com.

ANALYSIS OF THE DYNAMIC OF BOOM CRANES

Abstract. Research methods of the boom system dynamic processes of the crane with three degrees of freedom is described. The mathematical model includes the differential equations of motion of the load, the rotary mechanism with the boom and the drums. These equations form a system represented by Cauchy form and

solved by numerical methods. The results of mathematical modelling of dynamic processes are analysed. Graphical dependences of motion parameters in time of the considered moving elements of the crane and cargo are constructed. Rational modes of start-up and exploitation of the truck -mounted crane example are substantiated.

Keywords: *dynamics of movement, boom crane, oscillations, transients, load movement.*

Kovalchuk Roman PhD, Associated Professor, Associated Professor of the Department of Engineering Mechanics (Weapons and Equipment of Military Engineering Forces), Hetman Petro Sakhajdachnyi National Army Academy, Lviv, roma_kov@meta.ua.

Sokulska Nataliia PhD, Associated Professor, Professor of the Department of Engineering Mechanics (Weapons and Equipment of Military Engineering Forces), Hetman Petro Sakhajdachnyi National Army Academy, Lviv, natalya.sokulska@gmail.com.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ІНЖЕНЕРНОЇ ТЕХНІКИ

Вінницький національний аграрний університет

Анотація

Об'єктом даного дослідження є проведений аналіз потреби на сучасному етапі новітніх засобів озброєння та матеріально-технічних засобів в силах підтримки Збройних Сил України

Ключові слова: військова техніка, озброєння, сили підтримки, інженерне забезпечення, новітні зразки.

Abstract

The scope of this report is carrying out analyzes of consumption at the current stage of new developments and materially technical efforts in the forces of education of the Zbroynykh Forces of Ukraine

Keywords: viyskova technology, protection, power training, engineering safety, new education

Інженерні війська застосовуються для виконання найбільш складних завдань, що вимагають спеціальної підготовки особового складу із широким застосуванням військово-інженерної техніки (ВІТ).

Наявність сучасної зброї, нових форм і способів ведення бойових дій (операцій), передбачають подальше технічне оснащення військ (сил) та нові вимоги до новітніх ефективних засобів інженерного озброєння.

Основні напрямки військово-технічної політики переоснащення інженерних військ:

- розробка та закупівля новітніх ЗІО;

- проведення глибокої модернізації існуючого інженерного озброєння з використанням новітніх технологій (перехід на базові шасі та комплектуючі вітчизняного виробництва);

- відновлення несправної техніки та продовження ресурсу.

Основні вимоги до машин інженерного озброєння:

- стандартизація та уніфікація машин (зменшення різноманітності базових шасі та номенклатури);

- багатоцільове призначення;

- броньована гусенична база;

- машини повинні бути малогабаритними, більш маневреними, аеротранспортабельними, дистанційно керованими, роботизованими, на плавучій базі, обладнані сучасними засобами зв'язку та засобами навігації;

- бути "подвійного призначення" (можливість використання у народному господарстві).

Оперативно-тактичні та тактико-технічні вимоги до військово-інженерної техніки

З досвіду ведення бойових дій (операцій) збройними силами передових (провідних) країн світу (в умовах раптових вогневих ударів бойовиків або місцевого населення) є очевидним, що використання транспортних, дорожніх та інженерних машин, які не мають захисту від куль, осколків є неефективним.

Необхідність створення ВІТ потребує більш глибокого аналізу умов їх застосування при виконанні завдань інженерного забезпечення. Проведений аналіз надає можливість розробити структуру тактико-технічних вимог до окремих видів інженерної техніки і виявити основні її властивості. Детальний розгляд властивостей окремих видів інженерної техніки дозволить в подальшому виділити найбільш загальні її властивості, до яких можна віднести: продуктивність, маневреність, транспортабельність, живучість, надійність, економічність.

Особливістю розвитку інженерної техніки, яка витікає із необхідності підвищення її ефективності, є універсализація – здібність машин виконувати різноманітні роботи. Це дозволило б підвищити рівень механізації, скоротити частку ручної праці і час виконання завдань. Одночасно підвищується ступінь використання машин у ході бою.

Таким чином, розвиток принципів застосування інженерних машин здійснюється, в основному, від механізації окремих робіт до механізації виконання усіх інженерних завдань. За результатами такого розвитку сучасна інженерна техніка стає невід'ємною складовою частиною підрозділів родів військ, а індивідуальні засоби інженерної розвідки, створення загороджень, подолання перешкод, самообкопування, тралення мінно-вибухових загороджень, й інше – частиною бойових і транспортних машин.

Сучасні вимоги ставлять нові завдання для створення високопродуктивних, високоманеврених і надійних машин з використанням останніх досягнень науки, новітніх технологій, обчислювальної техніки та автоматизованих систем.

Вимоги до сучасної військово-інженерної техніки

Висока мобільність.

Швидкість руху техніки по пересіченій місцевості повинна відповідати середній швидкості руху бронетанкової техніки);

Питома потужність (відношення потужності двигуна до 1т маси машини);

Питома маса машини (відношення маси машини до опорної поверхні чи гусениць коліс, при умовах що машина не буде провалюватися на слабких ґрунтах);

Транспортабельність.

Можливість перевезення різними видами транспорту. Для цього ВІТ повинна мати габарити і масу, які відповідають вимогам перевезення залізничним (автомобільним), а за необхідності повітряним і морським транспортом.

Висока продуктивність.

Наявність засобів колективного багатоступеневого захисту.

Питома витрата пального.

Дизелізація в широких масштабах дає значну економію пального. Витрата його на 25% менше бензинового двигуна рівної потужності, що забезпечить запас ходу до 1000 км пробігу.

Достатня міцність, надійність і ремонтпридатність.

Простота виробництва та ремонту і пристосованість машин до агрегатного методу ремонту (швидка заміна двигуна, що вийшов з ладу, коробки передач, агрегатів трансмісії та інших на нові). У ПКТ-2, щоб замінити двигун, треба виконати допоміжні роботи, що дорівнює 10 чол/год. На танку “Абрамс” ХМ заміна двигуна становитиме одну годину.

Ергономічність.

невеликі зусилля на важелях і педалях органів керування;
автоматизація керування; захист від шуму;
встановлений рівень вібрації;
достатня освітленість кабіни;
чіткість розрізнення показань приладів;

Результати випробувань та прийняття на озброєння нових зразків ОВТ сил підтримки у 2020 році.

У 2020 році за результатами проведеної роботи щодо забезпечення Збройних Сил України новітніми зразками озброєння та матеріально-технічними засобами сил підтримки проведено випробування та прийнято на озброєння (постачання) 2 нові зразки ОВТ, а саме:

Проведено державні випробування та прийнято на озброєння два зразки інженерної техніки виробництва ТОВ “Виробнично-комерційної фірми Дрогобицький завод автомобільних кранів” (м. Дрогобич):

автомобільний кран типу КТА-25 – 18 од. по перехідному контракту ДОЗ на 2020 рік та 10 од. заплановано в ДОЗ на 2021 рік;

екскаватор ЕОВ-4421МУ – 15 од. по перехідному контракту ДОЗ на 2020 рік та 10 од. заплановано в ДОЗ на 2021 рік;

машини розмінування “BOZENA 4” та “BOZENA 5” з навісним обладнанням – **по 1 к-ту (48 ібр).**

Це дозволить забезпечити новітніми зразками батальйон штурму та розгородження на 100%;
(зазначені зразки у ЗСУ відсутні при потребі – 2 комплекта.)

Проводиться відповідна робота та у разі надходження фінансового ресурсу в перспективі планується закупівля наступних засобів:

навантажувач типу LOCUST L903 Speed + з навісним обладнанням – **3 к-та** (2 к-ти – 48 ібр; 1 к-т – 47 ібр).

Це дозволить забезпечити новітніми зразками батальйон штурму та розгородження: 48 ібр на 100%, 47 ібр на 50%;
(зазначені зразки у ЗСУ відсутні при потребі – 4 к-тів.)

військова фільтрувальна станція ВФС-5.0-01 – 1 од.

(48 ібр); Це дозволить забезпечити новітніми зразками 48 ібр на 100%. (зазначений зразок у ЗСУ відсутній при потребі – 1 од.)

Асфальтний завод з комплектом інженерно-будівельної техніки для забезпечення 23 іпп в складі:

- **міні асфальтний завод типу Parker RoadStar Mini** (виробничою потужністю 5-9 т/год) – **1 к-т**;

(зазначений зразок у ЗСУ відсутній при потребі – 1 к-т.)

- **мобільний асфальтний завод** (виробничою потужністю 20 т/год) – **1 к-т**;

(зазначений зразок у ЗСУ відсутній при потребі – 1 к-т.)

- **грунтовий вібраційний каток** типу RS8140 виробництва SDLG (VOLVO GROUP) – **1 к-т**;

Це дозволить забезпечити новітніми зразками центр дорожнього забезпечення на 100%;

(зазначений зразок у ЗСУ відсутній при потребі – 1 к-т.)

- **асфальтоукладчик типу Vögele Super 1800-2** (2008 г) – **1 к-т**;

(зазначений зразок у ЗСУ відсутній при потребі – 1 к-т.)

- **фронтальний навантажувач типу LG933L** виробництва Shandong Lingong Construction Machinery Co., Ltd «SDLG» (VOLVO GROUP) – **1 к-т**;

Надалі проводиться робота щодо розроблення та забезпечення ЗСУ новітніми зразками інженерної техніки з урахуванням спрямованості, стану та перспектив розвитку ОБТ та МТЗ збройних сил провідних країн світу та суміжних з Україною держав, аналізу тенденцій та особливостей ведення сучасних війн та збройної боротьби.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шишанов М. О., Гуляєв А. В., Зубарев О. В., Шевцов М. М. *Методологія обґрунтування тактико-технічних вимог до технічних засобів відновлення* // Науково-технічний журнал *Озброєння та військова техніка* №2 (14). Гол. ред. Чепков І.Б. Київ : вид. ЦНДІ ОБТ ЗСУ, 2017. С. 80-84.

2. Нагачевський В.Й. *Обґрунтування потреби в заміні базових шасі машин інженерного озброєння* / В.Й. Нагачевський, О.М. Дутко // Збірка тез доповідей міжнародної науково-технічної конференції "Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ". Львів : НАСВ, 2018. С. 272.

3. Белінський А.А., Саєнко І.В. *Модернізація військової техніки як важлива складова реформування Збройних Сил України. Спільні дії військових формувань і правоохоронних органів держави: проблеми та перспективи*: зб. тез доп. Четвертої Всеукр. наук.-практ. конф. 07-08 вересня, м. Одеса, 2017 р. Одеса: ВА, 2017. С.34-36.

4. Дослідження конструктивних особливостей та ТТХ бойових броньованих машин типу MRAP – URL: <https://www.ukrmilitary.com/2018/05/mrap.html>.

5.Телена М.В., Колос О.І. Перспективні напрямки розвитку машин інженерного озброєння. *Спільні дії військових формувань і правоохоронних органів держави: проблеми та перспективи*: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 13-14 вересня 2019 р. Одеса: ВА, 2019. С.117-118.

6.Тематичне донесення по досвіду бойових дій підрозділів ЗСУ в зоні проведення АТО на території Донецької та Луганської областей. С.1-2, 5-8.

7.Тимчасова настанова з інженерного забезпечення Збройних Сил. Київ: ГШ ЗС України, 2010. 170 с

Гром Ігор Іванович, старший викладач кафедри військової підготовки ,Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця,
e-mail: igorivanovichgrom@gmail.com.

Grom Igor Ivanovich, senior vicladach of the Department of Vyiskovoy training, Vinnytsia National Agrarian University, m. Vinnytsya,
e-mail: igorivanovichgrom@gmail.com.

АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ ДОСЛІДЖЕНЬ АВТОМОБІЛЬНИХ АМОРТИЗАТОРІВ В УКРАЇНІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто дослідження амортизаторів вітчизняних та закордонних дослідників. Визначено тенденції досліджень та розробок нових зразків амортизаторів.

Ключові слова: амортизатор, дослідження, безвідмовність, техніка.

Практика використання нових зразків техніки у Збройних силах України виявили ряд проблем в системах підвіски автомобілів спеціального призначення, які були побудовані на базі цивільних транспортних засобів іноземного та вітчизняного виробництва, зокрема незадовільна довговічність та низька безвідмовність елементів підвіски (пружин, амортизаторів, опор, важелів), погана курсова стійкість, керованість, маневреність. Такі недоліки значно погіршують тактико-технічні характеристики авто і в бойових умовах можуть призводити до втрат в особовому складі. Досвід побудови та експлуатація автомобілів спеціального призначення виявив необхідність розробки вітчизняних зразків елементів підвіски, зокрема амортизаторів і пружних елементів, та удосконалення існуючих методик їх розрахунку, які б відповідали сучасним вимогам військової техніки. Сучасні тенденції створення нових зразків промислової техніки направленні на мінімізацію некорисних шумових та вібраційних показників, що стимулює створення нових конструкцій демпферів та амортизаторів.

Дослідженням амортизаційних систем присвячено велику кількість робіт, в яких використовуються різні методи, зокрема широко використовується тривимірне моделювання з послідовними дослідженнями методами скінчених елементів та різниць. Так в роботі [1] автори за допомогою методу скінчених елементів оптимізували вибір матеріалів елементів конструкції амортизаційної стійки. Результати досліджень [1 - 3] наочно показують можливості сучасних методів і засобів теоретичного дослідження, які якісно впливають на результати, ціну та швидкість досліджень.

Багато наукових робіт з розвитку амортизаційних систем направленні на використання енергії механічних коливань для рекуператії [4], що є відносно новим напрямом, який підвищує вагомість досліджень амортизаційних систем.

Одним із напрямів дослідження амортизаційних систем присвячені довговічності та безвідмовності. Так, робота авторів [5] присвячена покращенню показників надійності шляхом дослідження негативних чинників технологічної спадковості та їх усуненню.

Науковцями Національного авіаційного університету [6] проаналізовано підхід до розрахунку жорсткості пружинних амортизаторів, розробили математичні модель та провели розрахунок параметрів жорсткості, що дозволило покращити амортизаційні характеристики амортизаторів при дії на них ударів та вібрацій. Отриманні результати дозволяють виявити недоліки конструкції на етапі проектування.

В роботі дослідника Херсонської державної морської академії [7] представленні графічні та аналітичні залежності, які дозволяють визначити технічні характеристики кузова автомобіля за різних значень жорсткості амортизаторів.

Розроблений експериментальний стенд [8] для оцінки робочих параметрів амортизаторів легкових автомобілів науковцями Тернопільського національного технічного університету імені І. Пулюя дозволяє виконувати імітаційні експериментальні дослідження натурних зразків амортизаторів.

Динамічні характеристики підвіски автомобіля є одним із вагоміших обмежувачів швидкісного режиму транспортного засобу в умовах бездоріжжя. Збільшення ходів підвіски (статичного і

особливо динамічного) позитивно впливає на зниження інтенсивності коливань автомобіля: при збільшенні динамічного ходу знижується імовірність дестабілізації підвіски, а при збільшенні статичного – знижується імовірність втрати контакту колеса з дорогою за різних умов. Тому для автомобілів спеціального призначення необхідною умовою є забезпечення максимально можливого ходу підвіски [9], зокрема і амортизаторів.

Ходові випробування військових автомобілів типу «багі» показали необхідність створення амортизаторів з прогресивними характеристиками, зокрема збільшення ходу до 600 мм, підвищення показника надійності – безвідмовності, та швидкодії. На сьогоднішній час в Україні відсутні сучасні вітчизняні зразки амортизаторів, що задовольняють потреби нових зразків спеціальної техніки, зокрема військового призначення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Manga Hymanjali Design and Analysis of Shock Absorber / Manga Hymanjali, Elumagandla Surendar // International Journal of Innovative Science and Research Technology, Volume 3, Issue 8, August – 2018.
2. Ryabov I.V. Efficiency of Shock Absorber in Vehicle Suspension/ I.V. Ryabov, V.V. Novikova , A.V. Pozdeev // Procedia Engineering 150 (2016) 354 – 362.
3. W H Tan Vibration analysis on compact car shock absorber / W. H. Tan, J. X. Cheah1, C. K. Lam, E. A. Lim, H. G. Chuah and C. Y. Khor // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 908 (2017) 012025 doi :10.1088/1742-6596/908/1/012025.
4. [Ran Zhang](#) A novel indirect-drive regenerative shock absorber for energy harvesting and comparison with a conventional direct-drive regenerative shock absorber / [Ran Zhang](#), [XuWang](#), [ElieAl Shami](#), [LeiZuo](#), [Chun H.Wang](#) // [Applied Energy Volume 229](#), 1 November 2018, Pages 111-127.
5. [Bogdan Pawłowski](#) Failure analysis of shock absorber tubes / [Bogdan Pawłowski](#), [Piotr Bała](#), Janusz Krawczyk, Milena Stępień, [Tomasz Śleboda](#) // [Engineering Failure Analysis Volume 82](#), December 2017, Pages 533-539.
6. Савчук В. П. Моделирование движения элементов подвески MACPFHERSON на примери автомобилей семейства ВАЗ 2110 / В. П. Савчук // Вісник НТУ «ХПИ», 2013, №70(1043), с. 27-34.
7. Пиндус Ю.І. Стенд для оцінки робочих параметрів амортизаторів легкових автомобілів / Ю.І. пандус, І.Б. Гевко, М.В. Волков // матеріали XX наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 2017р, с. 67-68.
8. Квасніков В.П. Визначення жорсткісних параметрів пружинних амортизаторів / В. П. Квасніков, А.О. Возняковський // Технологический аудит и резервы производства – №3/2(29), 2016, с. 8-12.
9. Слабкий А. В. Аналіз вимог до конструкцій підвісок автомобілів підвищеної прохідності [Електронний ресурс] / А. В. Слабкий, В. О. Кудраш // Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2019/paper/view/7781>.

Слабкий Андрій Валентинович – кандидат технічних наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. e-mail: Slabkiyandrey@gmail.com, тел. +380971999840.

ANALYSIS OF TRENDS OF RESEARCH OF CAR SHOCK ABSORBERS IN UKRAINE

Abstract

The research of shock absorbers of domestic and foreign researchers is considered. Trends of researches and developments of new samples of shock-absorbers are defined.

Keywords: shock absorber, research, reliability, equipment.

Slabkyi Andrii Valentinovich – Ph.D., assistant professor of mechanical engineering industry, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: Slabkiyandrey@gmail.com, tel. +380971999840

ФОРМУВАННЯ ПРУЖНО-ДЕМПФУЮЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНІЧНОЇ ПІДВІСКИ – ДІАГРАМА КОНФЛІКТУ ПЛАВНОСТІ ТА СТІЙКОСТІ РУХУ

¹ Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана П.Сагайдачного, м. Львів, Україна

² Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна

Анотація

Виконано дослідження оптимального поєднання величин динамічного ходу підвіски та її пружних і демпфуючих характеристик

Ключові слова: активні підвіски, демпфуючі характеристики, плавність руху

Розвиток конструкції підвіски автомобілів впродовж останніх двох десятиліть разом із зростаючим розповсюдженням активних і напівактивних типів з автоматикою регулювання пружин та демпфуючих характеристик, зумовив деталізацію досліджень проблеми оптимального поєднання величин динамічного ходу підвіски та її пружних і демпфуючих характеристик. У нещодавній фундаментальній праці професорів М. Mitschke, Н. Wallentowitz Динаміка автотранспорту [1] та у подальших дослідженнях теорії і практики активних підвісок професорів Р. Fleugen, М. Becker, F. Fruchauf, А. Wielenberg [2-4] та іншим, деталізовано формування пружних характеристик, як основи плавності руху, та демпфуючих, як основи стійкості руху – мінімізації коливань вертикальних навантажень у контактї шини з опорною поверхнею. Для механічних підвісок жорсткість C_H та коефіцієнт демпфування k_a практично є сталими і очевидно, що компромісний оптимум їхнього поєднання є змінним, залежно від завантаження автомобіля і висот мікропрофілю дороги в умовах бездоріжжя. Як приклад на рис. представлено так звану діаграму конфлікту механічної (пружинної) підвіски бойової колісної машини DINGO на шасі Unimag U 5000 для спорядженої та бойової маси при русі зі швидкістю 60 км/год твердою ґрунтовою дорогою з висотами нерівностей у межах 80 мм [4].

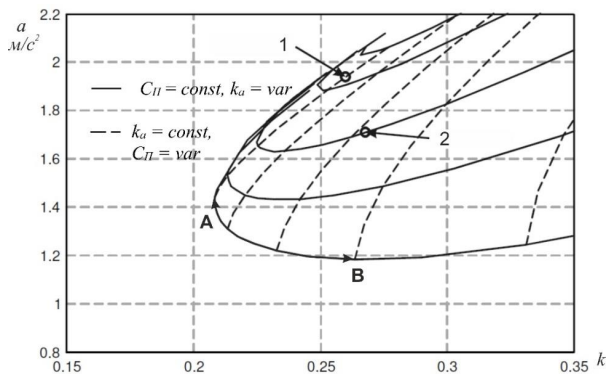


Рис. Діаграма конфлікту «комфорт-безпека» для механічної підвіски DINGO (Unimag U 5000) на ґрунтовій дорозі за даними (А. Wielenberg)

Тут a – вертикальні прискорення підресорених мас, k – коефіцієнт зміни вертикальних навантажень на колесо відносно статичного значення. Для існуючої конструкції підвіски зазначено де 1 – це рух порожньої машини з водієм, а 2 – рух номінально звантаженого автомобіля. Амплітуда коливань невідресорених мас (динамічний хід підвіски) у варіанті 1 – 77 мм, а варіанті 2 – 82 мм, тобто для відносно типової ґрунтової дороги необхідний повний хід підвіски – склав 176 мм при збереженні умови уникнення так званого пробую і передачі недопустимих навантажень на екіпаж. Точка A відповідає зоні мінімальних коливань навантажень у зоні контакту шини з дорогою, тобто максимально вимогам безпеки – стійкості руху, а точка B – зоні мінімальних коливань підресорених мас – плавності руху. Тобто найкращий для умов руху пружній характеристиці підвіски – крива AB і є бажаною характеристикою підвіски (де A і B практично ніколи не співпадають), досягнення якої однак вимагає вже активної підвіски з автоматикою регулювання C_p і k_a . Фіксовані значення k_a і C_p , що характерні для механічних, пасивних підвісок, досить далекі від зони AB (рис) з різними ступенями наближеності залежно від типу, стану дороги та швидкості руху. Очевидно, що для доріг з твердим покриттям та в умовах бездоріжжя раціональні з умов плавності та стійкості руху значення C_p і k_a будуть суттєво відрізнятись.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. M. Mitschke, H. Wallentowitz, *Dynamik der Kraftfahrzeuge*, Springer-Verlag, Berlin-New York, 2004. 806 p. DOI <https://doi.org/10.1007/978-3-662-06802-1>
2. P.W. Fleuren, Independent front suspension on trucks, *M.Sc. thesis*, Department of Mechanical Engineering, Dynamics and control group, Eindhoven University of Technology, 2009. 97 p. URL: <http://www.mate.tue.nl/mate/pdfs/10648.pdf> (дата звернення: 29.03.2021).
3. Becker, M., Jaker, K.P., Fruhauf, F., et al., Development of an active suspension system for a Mercedes-Benz coach (0404). *Proc. IEEE Int. Symp. on Computer-Aided Control System Design*, 1996. P.146–151.
4. Wielenberg, Andreas; Harchenko, Jewgenij; Jäker, Karl-Peter; Trächtler, Ansgar. Modellbasierte Entwicklung eines volltragenden, vollaktiven Federungs-systems für ein geländegängiges Nutzfahrzeug. 4. VDI/VDE-Fachtagung zur Steuerung und Regelung von Fahrzeugen und Motoren (AUTOREG 2008), Feb 2008.

Манзяк Михайло Олександрович, провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії факультету бойового застосування військ, Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, Manziakdoc@gmail.com

Грубель Михайло Гризорович, доктор технічних наук, доцент, начальник кафедри автомобілів та автомобільного господарства, факультет бойового застосування військ, Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, m.g.grybel@gmail.com

Ланець Олена Валеріївна, кандидат технічних наук, доцент кафедри робототехніки та інтегрованих технологій машинобудування, Інститут механічної інженерії та транспорту, Національний університет «Львівська Політехніка», Львів, olena.v.lanets@lpnu.ua

FORMATION OF ELASTIC-DAMPING CHARACTERISTICS OF MECHANICAL SUSPENSION-DIAGRAM OF CONFLICT OF SMOOTHNESS AND STABILITY OF MOVEMENT

Abstract

The study of the optimal combination of the values of the dynamic stroke of the suspension and its elastic and damping characteristics

Keywords: active suspensions, damping characteristics, smoothness of movement

Mykhailo Manziak, Leading scientific researcher of scientific-research laboratory of combat application troops faculty, Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv, Ukraine, Manziakdoc@gmail.com

Mykhailo Hrubel, Candidate of Sciences, Associate professor, Head of the Department of Automobiles and Automotive Industry, Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv, Ukraine, Manziakdoc@gmail.com

Lanets Olena, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies, Institute of Mechanical Engineering and Transport, Lviv Polytechnic National University, Lviv, olena.v.lanets@lpnu.ua

ЗАСТОСУВАННЯ SOLIDWORKS SIMULATION ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ПРОФІЛЮ

¹Хмельницький національний університет

Анотація

Розглянуто застосування SolidWorks Simulation для визначення впливу якості сітки на точність розрахунків. При аналізі результатів моделювання було встановлено, що мінімальний коефіцієнт міцності розробленого знімача повинен бути уточнений: його забезпечення задовольняє навантаження менше, ніж у 1,26 рази.

Ключові слова: SolidWorks Simulation, моделювання, коефіцієнт міцності.

Визначальною умовою соціально-культурного розвитку країни є підготовка кваліфікованих кадрів, які володіють професійними компетенціями. Автомобілебудування є однією з основних галузей країни, так як забезпечує виробництво автотехніки [1]. Але проєктувальники зіштовхуються з безперервним потоком проблем, бо сучасні вироби стають усе більш масштабними й складними. Витрати на розробку зростають, а терміни виконання проєктів скорочуються. Тому в останні десятиліття для автомобілебудування визначальними вимогами стали висока якість та оперативне відновлення номенклатури виробів, виконання яких було б неможливо без упровадження CAD/CAM/CAE технологій (Computer Aided Desing/Computer Aided Manufacturing/Computer Aided Engineerin) – систем автоматизованого проєктування (САПР) виробів, технологій їх обробки та інженерного аналізу.

Одна з оптимальних САПР – SolidWorks. Це багатофункціональна система твердотільного параметричного моделювання, у якій реалізовані можливості створення креслень і збірок. Він містить широкий набір функцій, у тому числі швидке й надійне імітаційне моделювання [2].

CAE-додатком цієї САПР є SolidWorks Simulation, який дозволяє проводити розрахунки на міцність деталей і збірок, критичних сил і форм втрати стійкості, нелінійні розрахунки, оптимізацію конструкції тощо.

Задачею дослідження [3] ставилось визначення максимальної сили, яку можна прикласти до захвата спроектваного знімача. При цьому відштовхувались від коефіцієнту запасу міцності $[n] = 5$, а рішення базувалося на скінченно-елементній сітці з параметрами, які задаються системою “за замовчуванням” (для економії тривалості розрахунків) – розмір елемента 2,29991 мм, 4 точки Якобіана. Визначена розрахунками максимальна сила, яку можна прикласти до одного захвата, склала 1660 Н.

Але, з однієї сторони, при побудові сітки необхідне збільшення числа скінченних елементів у місцях великої кривизни й істотної зміни геометричних характеристик спряжених елементів конструкцій. З іншої сторони, при великій кількості скінченних елементів (надлишковому числі елементів сітки) можлива поява похибок обчислення.

Таким чином, створювана сітка залежить від активних параметрів й характеристик керування нею, глобальних розмірів елемента й допуску [4]. При цьому можуть виникати похибки, пов'язані зі щільністю сітки, так як її якість відіграє ключову роль у точності результатів.

Крім цього, для розв'язку статичних задач рекомендується встановити для Якобіанової перевірки параметр “у вузлах”, а для отримання достовірних результатів потрібно активізувати алгоритм створення сітки “на основі кривизни” [4]. Хоча при цьому збільшується тривалість розрахунків, та вони повинні бути точнішими. І дійсно, при виборі параметру сітки “у вузлах” та “на основі кривизни” мінімальний коефіцієнт запасу міцності став рівний 3,973 (табл. 1), що менше допустимого $[n] = 5$. Отже, захват не витримає навантаження у 1660 Н і потрібні перерахунки у сторону його зменшення.

Таблиця 1 – Залежність мінімального коефіцієнта запасу міцності від параметрів скінченно-елементної сітки моделі захвата

Точки Якобіана	У вузлах			У вузлах на основі кривизни
Розмір елемента, мм	4,59983	2,29921	1,14996	1,14996
Час створення сітки, с	1	2	4	20
ρ_{min}	6,939	5,012	4,089	3,973
Вузол	824	7197	59605	22763
Сітка – рис. 1	а	б	в	г

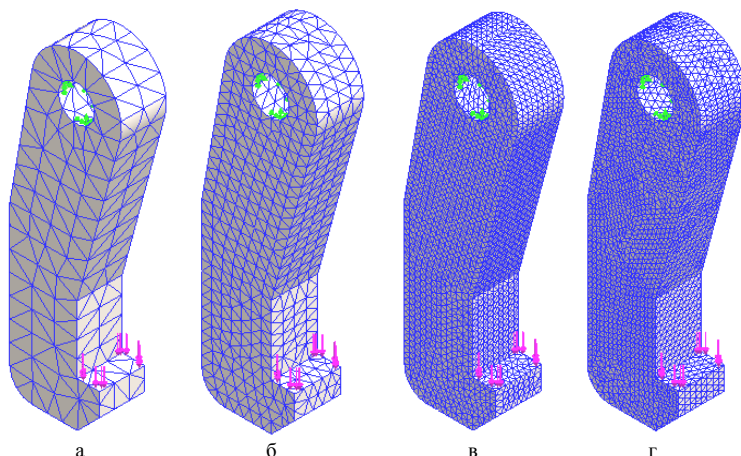


Рисунок 1 – Сітка моделі захвата

Додатковими розрахунками встановлено, що забезпеченню допустимого коефіцієнта запасу міцності $[n] = 5$ задовольняє навантаження у 1317 Н (n -у вузлах на основі кривизни" = 5,008, що менше встановленого у [2] в 1,26 разів).

Таким чином, для підготовки фахівців автомобільного профілю необхідне упровадження й застосування комп'ютерних технологій у навчальний процес. Подальший розвиток галузі визначатиметься приходом у науку й виробництво кваліфікованих кадрів нового покоління, які володіють не тільки знаннями в області професійної спеціалізації, але й навичками науково-дослідної роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рудик О. Підготовка висококваліфікованих фахівців автомобілебудування на базі застосування SolidWorks [Електронний ресурс] / О. Рудик, В. Посполіта. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/9297>
2. Рудик О. Ю. SolidWorks як інноваційний засіб вивчення дисциплін автомобільного профілю / О. Ю. Рудик, О. В. Диха // «Системні технології» 3 (128) 2020. – С. 21-35. – URL: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/article/view/178/92>
3. Рудик О. Ю. Методологія використання ІКТ на базі SolidWorks / О. Ю. Рудик, О. В. Диха. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/10192>
4. Rudyk O. Yu. The impact of the SolidWorks Simulation network quality on the accuracy of the calculations [Electronic resource] / O. Yu. Rudyk, V. A. Gonchar. – Access mode: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8681>
Диха Олександр Володимирович – д.т.н., професор завідувач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства. Хмельницький національний університет. email: tribosensor@gmail.com
Рудик Олександр Юхимович – канд. техн. наук, доцент кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства. Хмельницький національний університет. email: tribosensor@gmail.com

APPLICATION OF SOLIDWORKS SIMULATION FOR PREPARATION OF SPECIALISTS OF CAR PROFILE

Abstract

The application of SolidWorks Simulation to determine the influence of grid quality on the accuracy of calculations is considered. When analyzing the simulation results, it was found that the minimum coefficient of strength of the designed stripper needs to be clarified: its provision satisfies the load, less than 1.26 times.

Key words: SolidWorks Simulation, modeling, coefficient of strength.

Dykha Oleksandr - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Tribology, Automobiles and Materials Science. Khmelnytsky National University. email: tribosenator@gmail.com

Rudik Alexander - Cand. tech. Sciences, Associate Professor of Tribology, Automotive and Materials Science. Khmelnytsky National University. email: tribosenator@gmail.com

ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ БІНАРНОЇ ОСВІТИ У ВИЩІЙ ШКОЛІ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

ADVANTAGES OF APPLICATION OF BINARY EDUCATION IN HIGHER EDUCATION IN THE CONDITIONS OF EUROPEAN INTEGRATION PROCESSES

Оксана Адлер

Вінницький національний технічний університет

The abstracts of the report highlight the main current trends in higher education. The issue of using binary education in higher education is also revealed. The advantages and disadvantages of binary learning are also presented. The tendencies of reforming the educational process in higher education with the use of advanced methods of knowledge implementation are highlighted.

В основі соціально-економічного прогресу будь якої країни є розвиток її інтелектуальної бази за рахунок підвищення якості науково-освітнього потенціалу. В зв'язку із цим, головним орієнтиром розвитку країни є спрямування на впровадження сучасних, високоефективних освітніх технологій на всіх рівнях освітнього процесу.

Вища освіта на світовому рівні сьогодні представлена у вигляді двох моделей – унітарної та бінарної [1, 2]. Вищі навчальні заклади із унітарною моделлю освіти дають змогу отримати здобувачами загальних академічних ступенів бакалавра або магістра. Поряд із цим бінарна модель освіти передбачає поєднання теоретичних курсів навчання, що забезпечуються вищим навчальним закладом із наданням професійної спрямованості здобувачу позауніверситетськими закладами.

В умовах євроінтеграції та, відповідно, Болонського процесу, перед вищою школою України стоїть сьогодні ряд можливостей у напрямку реформування освітнього процесу із врахуванням елементів навчання, виховання, професійної підготовки, а також наукового зростання [3-5]. Підґрунтя для таких змін освітньої моделі закладено у законах України «Про освіту» та «Про вищу освіту».

Особливої уваги заслуговують сьогодні здобувачі інженерно-технічної освіти. Це пов'язане із тим, що в умовах великих обсягів інформаційних потоків, сучасний інженер повинен володіти здібностями раціонального опрацювання поставлених перед ним задач та вирішення нестандартних завдань та проблем. Сучасний інженер повинен володіти аналітичним складом розуму, швидко знаходити та обробляти інформацію, формулювати гіпотези щодо вирішення поставлених задач, а також бачити та визначати супутні задачі, що напрямку не пов'язані із базовими дисциплінами, які були отримані під час освітнього процесу.

Виховання інженера такого високого науково-професійного рівня можливе якраз саме за допомогою застосування бінарної моделі освіти. В цьому випадку можна забезпечити гармонійне поєднання базової природничої підготовки фахівця (математика, фізика, хімія), загально інженерної підготовки (спеціальні базові дисципліни) та професійно-практичних навиків, отриманих в установах позауніверситетської системи.

Також в умовах мінливості професійних вимог ринку та соціально-економічних умов сьогодення, які стають причиною зміни професій, пошуку нових робочих місць та необхідності сучасного інженера могли швидко переорієнтуватися на зміну вимог роботодавця, важливим є отримання можливості оперативного підвищення кваліфікаційних вимог здобувачів та їхньої перепідготовки. Цю роль на себе сьогодні беруть інститути підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів. Проблема полягає в тому що сьогодні ці інститути існують окремо від вищих навчальних закладів, не забезпечені належною лабораторно-навчальною базою та висококваліфікованим кадровим забезпеченням.

Забезпечення можливості перепідготовки інженера та підвищення рівня його кваліфікації

в межах навчального закладу дало б змогу привабити абітурієнтів, спрямувати їх на вибір професії, мотивувати здобувачів та вивести навчальний заклад на рівень регіонального навчально-науково-виробничого центру.

В рамках бінарної вищої освіти також важливим є застосування різноманітних інтерактивних та нестандартних способів подання матеріалу здобувачам. Навчання у вищій школі з орієнтацією на бінарну модель повинно базуватися на системі певних принципів. (рисунк 1).



Рисунок 1 – Принципи бінарної моделі освітнього процесу

Дотримання цих принципів дасть змогу навчитися визначати проблемну ситуацію, застосовувати сучасні прогресивні методи генерації ідей щодо вирішення поставлених задач, працювати в команді із різноплановими фахівцями, моделювати проблемні моменти та реалізовувати їхнє рішення на практиці.

Крім того, принципи та базові елементи бінарної моделі вищої освіти можуть бути застосовані не лише на рівні усього вищого закладу, а також на окремих етапах навчального процесу. Наприклад, застосування бінарних лекцій чи практичних занять в рамках вивчення окремих курсів освітньої програми. Застосування бінарних прийомів є найперспективнішим методом викладання у вищій школі, що забезпечує інтеграцію окремих курсів дисциплін, спонукає здобувачів обирати й обґрунтовувати шляхи вирішення поставлених задач, змушує здобувачів приймати активну участь у процесі заняття, стимулює лекторів до розробки власних прийомів навчання із адаптацією до конкретних дисциплін та психологічних особливостей аудиторії [6, 7].

Таким чином, бінарна модель освіти у вищій школі дасть змогу значно підвищити конкурентні позиції сучасного інженера на ринку праці. Організація такого освітнього процесу буде заснована на принципі системності в особистісному і професійному розвитку, забезпечить доступність, безперервність навчання.

Література

1. Туркот Т.І. Педагогіка вищої школи: навч. посіб.: реком. МОН України для студентів магістратури вищих навчальних закладів непедагогічного профілю. Херсон, 2011. – 608с.
2. Туркот Т.І., Коновал О.А. Педагогіка та психологія вищої школи: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Херсон: Олді-плюс, 2013. – 466 с.
3. Ільченко А.М. Вища освіта і Болонський процес: Навчально-методичний посібник / Автори-укладачі: Ільченко А.М., Шейко С.В. – Полтава: РВВ ПДАА, 2014. – 316 с.
4. Огієнко О. І. Тенденції реформування вищої освіти в контексті євроінтеграційних процесів. Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології, 2014, № 1 (35). С. 10-19.
5. Кайдалова Л. Г. та ін. Світовий досвід і тенденції розвитку університетської освіти. «Педагогіка вищої школи» / Л. Г. Кайдалова, Т. В. Лутаєва, Л. В. Штефан. – Х. : НФаУ, 2014. – 56 с.
6. Небога А.О., Садовий М.І., Трифонова О.М. Бінарні уроки у системі освітніх вимірювань. Наукові записки НДУ ім. М. Гоголя. Психолого-педагогічні науки. – 2011. – № 10. С. 156-160.
7. Дяченко-Богун М. Активні методи навчання у вищому навчальному закладі. Витоки педагогічної майстерності. 2014. Випуск 14. С. 74-79.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЦЕСІ ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІН ПРОФЕСІЙНОГО СПРЯМУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі розглянуто інноваційний підхід до навчання і виховання майбутніх фахівців у технічних ЗВО. Продемонстровано інтерактивну модель навчання, яка передбачає застосування технологічного підходу і найголовніше – застосування у навчанні сукупності інтерактивних технологій, загальною ознакою яких є багатостороння комунікація, взаємодія і взаємонавчання студентів, кооперована навчальна діяльність з відповідними змінами у ролі і функціях як тих, хто навчається, так і викладачів. Демонструється приклади інтерактивних занять із деяких тем технічних дисциплін.

Ключові слова: інноваційні технології, інтерактивні заняття, освітній процес, технічні дисципліни.

Вступ

Наше сьогодення визначило нагальною потребою сучасного суспільства модернізацію освіти в Україні. Освіта покликана трансформуватися на інноваційне середовище, у якому студенти отримують навички та уміння самостійно оволодівати знаннями впродовж всього життя та застосовувати ці знання на практиці. Дана трансформація передбачає поступовий, але динамічний перехід на інноваційні технології навчання. У зв'язки з цими змінами, що відбуваються в освітньому просторі, професорсько-викладацький склад закладів вищої освіти активізується до пошуків нових способів педагогічної взаємодії зі студентами, організаційних форм роботи з різним студентським контингентом. Викладачі прагнуть удосконалювати методики викладання фахових дисциплін й, зокрема, відстоюють позитивну значущість інноваційних технологій як провідних в організації навчально-пізнавальної діяльності студентів [1;2;3].

У науці накопичений певний потенціал для вирішення завдань, пов'язаних із проблемою застосування інноваційних технологій в освітньому процесі. У дослідженнях вітчизняних та зарубіжних учених (Л.Вашенко, Л.Даниленко, В.Лазарев, О.Моїсєєв, М.Поташник, О.Мармаза та ін.) проблема управління інноваційними процесами стала однією з пріоритетних. Теорію та практику здійснення технологічних підходів до навчання відображено у наукових працях П.Гальперина, Н.Талізної, Ю.Бабанського, В.Беспалько, М.Кларіна та ін. Питання розробки та впровадження педагогічних технологій навчання й виховання в цілому розглядали В.Боголюбов, І.Смолук, В.Гузєєв, Т.Назарова, Г.Селевко та ін.

Незважаючи на значний доробок праць науковців, питання впровадження інноваційних технологій в процес викладання саме технічних дисциплін, залишається відкритим та потребує дослідження.

Результати дослідження

Метою роботи є розглянути практичне використання інноваційних технологій у практиці викладання технічних дисциплін.

Відобразимо організацію роботи студентів на деяких інтерактивних заняттях з технічних дисциплін. Наведемо декілька прикладів, як прості, але цікаві завдання допомагають створити атмосферу причетності кожного студента до процесу, зацікавити дисципліною [4;5;6].

Так, на практичному занятті на тему: «Бази даних та їх види. Основні поняття. Класифікація БД. Види СУБД. MS Access» кожен із студентів отримає картку з завданням, яке потрібно виконати і зберегти у власній папці, на картці є запитання, на які потрібно дати відповіді. Крім того, кожен із студентів витягне картку з словом, яке допоможе їм при

отриманні оцінки за виконане завдання. Студенти витягують картки, на яких слова: «Довіра», «Екзаменатор», «Товариш», «Вибір». Викладач перевіряє виконані завдання студентами: студентам, які витягнули картку зі словом «Довіра», пощастило найбільше, викладач їм довіряє, думає, що вони виконали свою роботу і зможуть без вагань відповісти на запитання; в кого картка зі словом «Екзаменатор» і картка зі словом «Товариш», «Екзаменатор» перевіряє у «Товариша» роботу і виставляє оцінки. І нарешті, в кого «Вибір», той відповідає і здає роботу викладачу. Оголошують свої оцінки викладач і студенти, які були «Екзаменаторами» [7].

Вправа «Коло ідей». Викладач ділить групу на команди, шляхом жеребкування. Студенти, які витягнули картки одного кольору формують відповідну команду. Для обговорення командам пропонується питання: «Яка різниця між реляційною СУБД і звичайною СУБД?» і відводиться до 5 хвилин, щоб обговорити та записати можливі варіанти відповідей. (Студенти обговорюють питання в групі, висловлюють власні судження. Викладач записує ідеї усіх команд на дошці та підводить підсумки.).

Вправа «Займи позицію». Викладач пропонує студентам твердження, що стосується теми заняття. Наприклад,


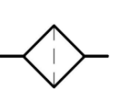
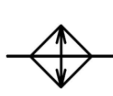




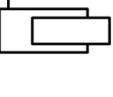
- 1.БД складається із трьох частин.
- 2.Властивості поля не переносяться на інші об'єкти БД.
- 3.Кожен із етапів використовує певну модель даних.

Студентам потрібно буде стати біля відповідного плаката («ТАК», «НІ», «НЕ ЗНАЮ»). Після обговорення в колі однодумців пояснити вибрану ними позицію, дібравши найбільш вдалі аргументи. Якщо під час обговорення студент змінив свою позицію, у нього є можливість перейти до іншого плакату та пояснити, чому він змінив точку зору.

На практичному занятті на тему: «Схема гідро-, пневмоприводу та опис її роботи в режимах»[8;9;10] можна запропонувати студентам завдання розшифрувати позначення гідравлічного елемента, що представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Позначення гідравлічних елементів

Творча лабораторія «Схема гідро-пневмоприводу»

Використовується інтерактивна технологія «Акваріум». Студенти об'єднуються в 3 групи. Одна з груп виходить до демонстраційної дошки з набором підмагнічених макетів гідравлічних та пневматичних елементів (набір макетів виготовлено фірмою FESTO). Студенти цієї групи починають обговорювати запропоноване викладачем завдання вголос. Усі інші студенти їх слухають, спостерігають за дискусією. Через 3 хвилини група студентів біля дошки будує схему гідро- чи пневмоприводу для вирішення поставленого завдання, інші студенти записують схему в зошитах. Далі студенти, що спостерігали за роботою групи, оцінюють правильність розв'язання та аналізують пошукові дії студентів, що були в «Акваріумі». Після цього місце в «Акваріумі» займає інша група і т. д.

Отже, проведене таким чином інтерактивні заняття, сприяють розвитку умінь пояснення теоретичного матеріалу, саме ті знання, які здобуті своїми власними зусиллями, виявляються міцнішими і стійкішими, ніж ті, що отримані на лекції.

Висновки

Таким чином, використання різних інноваційних технологій, інтерактивних методів робить педагогічний процес ефективним, формує системно-діалектичне мислення, пізнавальну активність, творчу самостійність студентів. Слід зазначити, що вмiле застосування активних й

інтерактивних методів на заняттях дозволяє моделювати майбутню самостійну професійну діяльність та формувати професійну компетентність майбутніх фахівців ЗВО.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Хом'юк І.В. Використання інтерактивних технологій в процесі вивчення векторної алгебри / І.В.Хом'юк // Zbiór raportów naukowych «Aktualne naukowe problemy. Pozpatrzeńie, decyzyja, praktyka» – Warszawa : Wydawca : Sp. z o. o. «Diamond trading tour», 2014. – С. 58–62.
2. Хом'юк І.В. Впровадження інтерактивних технологій у процес викладання фундаментальних дисциплін у технічному ВНЗ / І.В.Хом'юк, В.А.Петрук // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К. : ВІКНУ, 2013. – Вип. № 41. – С. 81–85.
3. Хом'юк І.В. Деякі аспекти впровадження інноваційних технологій у роботу вищого навчального закладу / І.В.Хом'юк, В.А.Петрук // Інноваційні технології в процесі підготовки фахівців. Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції 03-04 квітня 2016 року : збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та ін.]. — Вінниця: ВНТУ, 2016. – С.181-184.
4. Полуценко О.С. Організація роботи студентів на інтерактивних заняттях з дисципліни «Цифрові та волоконно-оптичні системи» / О.С.Полуценко, І. В.Хом'юк // Матеріали конференції «Проблеми вищої математичної освіти: виклики сучасності (2020)», Вінниця, 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/pmocv/index/pages/view/zbim2020>
5. Свершок А. В. Застосування інтерактивних технологій при викладанні дисциплін, пов'язаних з конструюванням технічних об'єктів / А. В. Свершок, І. В.Хом'юк // Матеріали конференції «Проблеми вищої математичної освіти: виклики сучасності (2020)», Вінниця, 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/pmocv/index/pages/view/zbim2020>
6. Хом'юк І. В. Організація роботи студентів на інтерактивних лекційних заняттях з інженерної геодезії [Електронний ресурс] / І. В. Хом'юк, О. О. Горюн // Матеріали доповідей Міжнародної науково-методичної Інтернет-конференції «Проблеми вищої математичної освіти : виклики сучасності», Вінниця, 2018. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/pmocv/pmocv-2018_netpub.pdf
7. Інноваційні технології в освітньому процесі / І. В. Хом'юк, В.А.Петрук, О.А.Голок, В.В.Хом'юк: Монографія, Вінниця: ВНТУ, 2020, 88 с.
8. Хом'юк І. В. Застосування інноваційних педагогічних технологій на практичних заняттях з дисципліни «Гідравлічні та аеродинамічні машини» [Електронний ресурс] / І. В. Хом'юк, О. Ю. Материнська // Матеріали доповідей Міжнародної науково-методичної Інтернет-конференції «Проблеми вищої математичної освіти : виклики сучасності», Вінниця, 2018. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/pmocv/pmocv-2018_netpub.pdf
9. Хом'юк І. В. Організація роботи студентів на інтерактивних заняттях з дисципліни «Гідравліка, гідро- та пневмоприводи» [Електронний ресурс] / І. В. Хом'юк, О. В. Паславська // Матеріали доповідей Міжнародної науково-методичної Інтернет-конференції «Проблеми вищої математичної освіти : виклики сучасності», Вінниця, 2018. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/pmocv/pmocv-2018_netpub.pdf
10. Перепелиця В.І. Використання інтерактивних технологій на заняттях з дисципліни «Технологія машинобудування» / В. І. Перепелиця, І. В.Хом'юк // Матеріали конференції «Проблеми вищої математичної освіти: виклики сучасності (2020)», Вінниця, 2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/pmocv/index/pages/view/zbim2020>

Хом'юк Ірина Володимирівна – д. пед. н., професор, професор кафедри вищої математики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vikiraivh@gmail.com

Хом'юк Віктор Вікторович – к. т. н., доцент, доцент кафедри вищої математики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vikiravvh@gmail.com

INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE PROCESS OF TEACHING DISCIPLINES OF PROFESSIONAL ORIENTATION

Abstract

The work considers an innovative approach to training and education of future specialists in technical free economic zones. An interactive model of learning is demonstrated, which provides for the application of a technological approach and most importantly - the use of a set of interactive technologies, a common feature of which is multilateral communication, interaction and mutual learning of students, cooperative learning activities with appropriate changes in teachers. Examples of interactive classes on some topics of technical disciplines are shown.

Keywords: innovative technologies, interactive classes, educational process, technical disciplines.

Khomyuk Irina V. – Doctor of Science (Ped.), Professor of Higher Mathematics Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vikiraivh@gmail.com

Khomyuk Victor V. – Associate Professor the department of Higher mathematics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vikiravvh@gmail.com

ІМІДЖ ВИКЛАДАЧА ЯК ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОСВІТНІЙ ПРОЦЕС ТЕХНІЧНИХ ЗВО

Вінницький національний технічний університет¹
Вінницький державний центр естетичного виховання учнів
професійно-технічних навчальних закладів²

Анотація

Розглянуто імідж викладача та виокремлена така важлива його складова як спілкування. Описується класифікація моделей спілкування за В. Кан-Каліком та І. Юсуповим. На основі класифікації моделей спілкування було створено анкету. Представлено думки студентів, яким вони бачать спілкування викладачів під час викладання дисциплін та висвітлено результати анкетування.

Ключові слова: імідж викладача, спілкування, моделі спілкування, викладання, студенти.

Упровадження освітніх реформ, застосування інноваційних та інтерактивних технологій у вищій школі будуть мати ефект лише за однієї важливої умови – педагогічної майстерності та готовності викладача до сумлінного виконання своїх обов'язків. Коли йдеться про обов'язки, потрібно розглядаємо не лише вихід на робоче місце, подання інформації студентам та перевірка результатів, а вже компетентність педагога охоплює набагато більші вимоги.

Аналіз роботи викладача науковцями та педагогами показав багатство різноманітних вимог та аспектів, які є провідними в педагогічній діяльності. Основним аспектом, на який викладач під час гуманітарної підготовки майбутніх фахівців технічних спеціальностей повинен звернути особливу увагу ми вважаємо імідж викладача, особливу увагу слід приділити спілкуванню (комунікації).

Імідж, на нашу думку, особливо при першому знайомстві з викладачем, відіграє провідну роль, адже не дарма народна мудрість говорить: «По одежі зустрічають...». На першому занятті, коли викладач лише заходить до аудиторії, не промовивши ще ні слова, у студентів уже складається відповідні думки, про нього як особистість в цілому і як викладача. Хоча попередні судження є не завжди правильними, але як викладач себе презентує на початку, таке ставлення буде у студентів не лише до особистості викладача, а й до дисципліни.

Поняття стереотипності іміджу не є бажаним для викладача під час гуманітарної підготовки студентів. Потрібно зауважити, що імідж викладача – це не лише його зовнішній вигляд, це і методичний підхід до проведення занять, і застосування сучасних педагогічних підходів, спілкування, коли викладач, на нашу думку, повинен відмовлятися від стереотипів [1, с. 275].

Цікавим є класифікація моделей спілкування В. Кан-Каліка та І. Юсупова: «Монблан» (диктаторська) – педагог підноситься над студентами, як гірська вершина. Він відірваний від студентів, мало цікавиться їх інтересами, взаєминами з ними, його спілкування зводиться лише до інформування студентів, що зумовлює їх пасивність. Викладач перебільшує інформативну функцію слова. «Китайська стіна» (неконтактна) – за такого спілкування викладач постійно наголошує на своїй перевазі над студентами, виявляє до них зневажливе ставлення, перецінює роль мовлення, особистого прикладу. «Локатор» (диференційованої уваги) – у такому спілкуванні переважає вибірковість викладача в організації взаємовідносин зі студентами. Він зосереджує увагу на групі слабких або сильних студентів, що руйнує цілісну й безперервну систему спілкування, доволі поєднує діалог і монолог у спілкуванні. «Робот» (негнучкого реагування) – педагог цілеспрямовано і послідовно діє на підставі певної програми, незважаючи на обставини, що вимагають змін у спілкуванні. Монологічність він поєднує з навмисною і невмотивованою діалогічністю. «Я сам» (авторитарна) – викладач є головною

діловою особою, нерідко гальмує ініціативу студентів. Діалогічність за такої моделі спілкування зведена до мінімуму, застосовується лише як тактичний прийом. «Гамлет» (гіперрефлексивна) – дії викладача супроводжують сумніви, чи правильно його зрозуміють, чи адекватно відреагують на його зауваження тощо. Він перебільшує самопрезентаційну і чуттєву функції мовлення. «Друг» (активної взаємодії) – ця модель може спричинити для викладача втрату ділового контакту в спілкуванні. Він адекватно використовує діалог, професійне і загальнолюдське мовлення. «Тетерук» (гіпорефлексивний) – під час взаємодії зі студентами викладач чує лише себе, не реагує на студента, не усвідомлює його переживань і потреб, перебільшує інформативну функцію мовлення [2, с. 73].

Для виявлення думки студентів, яким вони бачать спілкування викладачів під час викладання дисциплін, нами на основі представленої класифікації моделей спілкування було створено анкету, в якій студентам пропонувалось позначити моделі спілкування, використання яких частіше за все зустрічались їм під час навчання в університеті. В анонімному опитуванні взяли участь 87 респондента. Результати виявилися такі: у роботі викладачів студенти зустрічали під час навчання переважно такі моделі: 28% – «Монблан» (диктаторська) модель, 26% – «Я сам» (авторитарна), 23% – «Гамлет» (гіперрефлексивна), 14% – «Друг» (активна взаємодія), 4% – «Тетерук» (гіпорефлексивний), 3% – «Локагор» (диференційована увага), 2% – інші класифікації моделей. На запитання, що б хотіли використовувати студенти у своїй подальшій професійній та педагогічній роботі, ми отримали дані: «Друг» (активна взаємодія) – 46%, «Монблан» (диктатор) – 23%, 16% – «Я сам» (авторитарна), 15% – «Гамлет» (гіперрефлексивна).

За результатами анонімного анкетування, виявлено, що під час навчання студенти переважно мали досвід спілкування з викладачами, у яких переважають такі моделі, як «Монблан» (диктаторська модель спілкування) та «Я сам» (авторитарна). Використання цих моделей не спонукає студентів до вивчення дисциплін, а до впровадження інноваційних технологій, адже відсутня взаємодія зі студентами, педагог ставить себе на чолі педагогічного процесу, що призводить до гальмування ініціативи студентів. Ці моделі схильні більш до примусу у навчанні, ніж до пошуку інноваційних технологій [1, с. 278].

Потрібно також зауважити, що такі стилі спілкування мають негативний вплив на психологічне здоров'я студентів та спричиняють конфліктні ситуації в педагогічному процесі, що неможливо розв'язати, адже викладачі, які притримуються цих моделей спілкування, не йдуть на компромісне або дружнє вирішення ситуацій, а студенти, які залежні від викладача, втрачають мотивацію до вивчення дисциплін, довіру та повагу до викладача і викладацької професії в цілому, що має своє відображення на взаємовідносинах з іншими викладачами. Також, такі моделі спілкування несуть в собі упереджене ставлення до студентів, що створює психологічно не здоровий клімат у студентському колективі.

Але приємно і те, що середній відсоток мають такі моделі, як «Гамлет» (гіперрефлексивна), яку в основному використовують ще не досвідчені викладачі, котрі хвилюються за сприйняття матеріалу студентами та намагаються його подати якнайкраще, шукають оптимальні шляхи, та «Друг» (активна взаємодія) – ця модель найкраще підходить для спілкування з студентами під час впровадження інноваційних технологій. Спілкування є важливим у іміджі педагога і основним при вивченні будь-якої дисципліни, оскільки інформація, яку подає викладач повинна бути насиченою яскравими прикладами, культурною мовлення, правильним підходом до подачі теми. Від викладача вимагається тактовність та толерантність, завжди бути готовим дати відповіді на неетичні запитання з боку студентів, що сприятиме взаємодії. З використанням диктаторських моделей спілкування неможливе подання таких тем і тим більше їх засвоєння.

Потрібно відзначити, що недостатнє впровадження інноваційних технологій у навчальний процес є не лише тому, що студенти неналежно володіють знаннями, а в першу чергу тому, що викладачі не мають бажання під час спілкування донести до студента суть цих технологій, що підтверджують результати анкетування. Тобто студенти самі спрямовують викладача, яким вони хочуть його бачити і що їм потрібно для зацікавленості під час вивчення дисципліни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гречановська О. В. Педагогічна система формування конфліктологічної культури в майбутніх фахівців технічних спеціальностей. *Монографія. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ»*, 2018. 437 с.
2. Кан-Калик В. А. Учителю о педагогическом общении. / В. А. КанКалик. – М.: Просвещение, 1987. – 190 с.
Гречановська Олена Володимирівна – доктор пед. наук, доцент кафедри філософії та гуманітарних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця. e-mail: stellamondo05@gmail.com
Лішчун Олена Дмитрівна – методист вищої категорії, Вінницький державний центр естетичного виховання учнів професійно-технічних навчальних закладів, м. Вінниця e-mail: arnika557@meta.ua

TEACHER'S IMAGE AS AN IMPORTANT FACTOR OF INTRODUCTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES INTO THE EDUCATIONAL PROCESS OF TECHNICAL INSTITUTIONS OF HIGHER EDUCATION

Abstract

The image of the teacher is considered and such an important component as communication is singled out. The classification of communication models by V. Kan-Kalik and I. Yusupov is described. A questionnaire was created on the basis of the classification of communication models. The opinions of students, how they see the communication of teachers during the teaching of disciplines and the results of the questionnaire are presented.

Key words: teacher 's image, communication, communication models, teaching, students.

Olena V. Hrechanovska – doctor of pedagogical sciences, Department of Philosophy and Humanities, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. e-mail: stellamondo05@gmail.com

Lishchun Olena Dmytrivna – Methodist of the Highest Category, Vinnytsia State Center of Aesthetic Education of Vocational School Students, Vinnytsia e-mail: arnika557@meta.ua

РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

¹Державний університет «Одеська політехніка»

Анотація

Представлені результати розробки стенду для дослідження логістичних транспортних систем. Визначені мета і задачі, які вирішуються за допомогою стенду. Наведений склад обладнання, з якого складається стенд, та приклади задач, що дозволяють проводити дослідження логістичних транспортних систем.

Ключові слова: транспортні системи, логістичні системи, підйомно-транспортне обладнання, навантажувачі, конвеєри, транспортні роботи, системи керування.

Серед основних завдань передбачається забезпечення органічного поєднання в освітньому процесі освітньої, наукової та інноваційної діяльності [1]. Вирішити це завдання дозволяє використання в освітньому процесі учбового обладнання, що за своїми можливостями наближається до реальних виробничих систем. Таке учбове обладнання виготовляється та використовується для навчання рядом фірм, що займаються розробкою та виробництвом обладнання для використання в різних транспортних системах. Як приклад, можна навести учбове обладнання фірми Festo Didactic [2-3].

Важливим кроком підвищення якості навчання є залучення здобувачів освіти до проектування та виготовлення лабораторних стендів, що дають можливість здійснити дослідження окремих компонент, що входять до складу логістичних транспортних систем, так і самих логістичних систем, наприклад, складських та виробничих транспортних систем. На кафедрі підйомно-транспортного та робототехнічного обладнання Державного університету «Одеська політехніка» така робота проводиться у межах студентських гуртків «Дослідження механізмів переміщення мобільних роботів» та «Дослідження елементів логістичних виробничих систем», де були проведені розробки різних підйомно-транспортних засобів згідно з завданнями, що були отримані під час курсового проектування, виробничої практики на підприємствах та при виконанні кваліфікаційних робіт бакалаврів та магістрів.

В результаті проведеного аналізу існуючих засобів для навчання та дослідження логістичних транспортних систем була поставлена задача створити стенд для дослідження транспортних засобів, який з мінімальними затратами дає можливість провести дослідження широкого кола задач, що виникають під час створення та експлуатації складських та виробничих логістичних систем. При цьому використовувались результати, отримані під час розробки стендів для мехатронних пристроїв, що входять у склад логістичних транспортних систем [4-5].

Розроблений стенд представляє собою модульну структуру, що складається з окремих компонент, до яких входять:

- 1) маніпулятори з чотирма та шістьма ступенями рухомості, які дають можливість проводити дослідження різних характеристик маніпуляторів;
- 2) конвеєри з двома напрямками руху та керуванням швидкості переміщення, що дають можливість проводити дослідження транспортних систем;
- 3) мобільні роботи з різними засобами переміщення та навігаційними системами, що дають можливість провести дослідження точності переміщення;
- 4) стелажі, засоби визначення параметрів об'єктів (колір, вага).

Інформаційні системи та виконавчі пристрої, що використовуються в модулях, дають можливість проводити дослідження різних логістичних транспортних систем.

Були визначені такі основні задачі дослідження мехатронних пристроїв логістичних систем:

- 1) дослідження виконавчих пристроїв на основі різних електродвигунів, а саме, двигунів постійного струму, крокових двигуни, сервоприводів;
- 2) дослідження інформаційних систем, включаючи датчики: положення, швидкості, переміщення, визначення наявності об'єктів та відстані до них, локальної навігації;
- 3) дослідження алгоритмів керування транспортними пристроями, засобів переміщення та навігації мобільних роботів;
- 4) дослідження алгоритмів взаємодії різних транспортних пристроїв у складі логістичних систем, включаючи транспортно-розподільні та складські системи.

Стенди на основі цих модулів дозволяють провести дослідження алгоритмів роботи логістичних транспортних систем з метою виявлення оптимальних режимів роботи, наприклад, вибору прискорення та швидкості переміщення різних вантажів, а також алгоритмів взаємодії різних транспортних пристроїв у складі логістичних систем, включаючи транспортно-розподільні та складські системи, наприклад, оптимізації маршруту переміщення та розподілення вантажу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бистрова Ю. В. Інноваційні методи навчання у вищій школі України [Електронний ресурс] / Ю. В. Бистрова // Право та інноваційне суспільство : електрон. наук. вид. – 2015. – № 1 (4). – Режим доступу: <http://apir.org.ua/wp-content/uploads/2015/04/Bystrova.pdf>.
 2. Mechatronik und Fabrikautomation. Lernsysteme und Services für die Aus- und Weiterbildung. 56811 de © 2017-04 Festo Didactic SE. URL: https://www.festo-didactic.com/didactic/Demos/PG_FactoryAutomation_de/files/assets/common/downloads/publication.pdf (дата звернення: 28.04.2021).
 3. Learning Systems for Industry 4.0. CP Lab 400 Complete Systems. FESTO. URL: www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/cp_lab_400_en.pdf (дата звернення: 28.04.2021).
 4. Компактные технические модели из деталей fischertechnik. URL: <http://pacpac.ru/category/kompaktnye-modeli/> (дата звернення: 28.04.2021).
 5. Михайлов С. П. Стенд для дослідження мехатронних пристроїв логістичних систем / С. П. Михайлов, О. Б. Кнюх, В. О. Козеровська // Подъемно-транспортная техника – 2019. – №2 (61). – С. 60-74.
 6. Михайлов С. П. Застосування лазерних сканерів для локальної навігації транспортних мобільних роботів. / С. П. Михайлов, В. М. Лінгур // VI українсько-німецька конференція Інформатика. Культура. Техніка. Збірник тез доповідей. – Одеса, 2018. – С. 96-97.
- Лінгур Валерій Миколайович**, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри, Державний університет «Одеська політехніка», Одеса, Email: v.m.lingur@opu.ua
- Михайлов Євген Павлович**, кандидат технічних наук, доцент, Державний університет «Одеська політехніка», Одеса, Email: e.p.mihaylov@opu.ua
- Ротенберг Яна Сергіївна**, студентка, Державний університет «Одеська політехніка», Одеса, Email: yana1707rotenberg@gmail.com
- Семененко Кіра-Анастасія Віталіївна**, студентка, Державний університет «Одеська політехніка», Одеса, Email: anastasijawoitkova@gmail.com

DEVELOPMENT OF A STAND FOR RESEARCH OF LOGISTICS TRANSPORT SYSTEMS

Abstract

The results of the stand development for the study of logistics transport systems are presented. The purpose and tasks which are solved by means of the stand are defined. The composition of the equipment of which the stand consists is given, and examples of the tasks allowing to carry out research of logistic transport systems.

Keywords: transport systems, logistics systems, lifting and transport equipment, loaders, conveyors, transport works, control systems.

Lingur Valeriy Mikołajowych, PhD, associated prof., Head of Department, Odessa Polytechnic State University, Odessa, Email: v.m.lingur@opu.ua

Mykhailov Yevhen Pavlovych, PhD, associated prof., Docent, Odessa Polytechnic State University, Odessa, Email: e.p.mihaylov@opu.ua

Rotenberh Yana Sergejevna, student, Odessa Polytechnic State University, Odessa, Email: yana1707rotenberg@gmail.com

Semenenko Kira-Anastasia Vitalievna, student, Odessa Polytechnic State University, Odessa, Email: anastasijawoitkova@gmail.com

**АДИТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ
«ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»**

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Проаналізовано важливість запровадження в навчальний процес за спеціальністю галузеве машинобудування дисциплін, що пов'язані з адитивними технологіями виготовлення виробів. Крім того, зазначено важливість проведення перепідготовки інженерно-технічних кадрів на базі спеціалізованих центрів вузів, які оснащені комп'ютеризованими робочими місцями та лабораторним обладнанням для 3D друку.

Ключові слова: адитивна технологія, центр галузевого машинобудування, освітній процес, перепідготовка.

Адитивні технології стрімко увійшли у виробничі процеси не лише машинобудування, авіаційної та космічної галузі, але й будівництва, медицини при створенні біонічних структур тощо. Ця тема широко обговорюється на урядовому рівні в передових країнах світу. Жодний вагомий науковий форум не проходить без доповідей на цю тематику.

Ідеї пошарового створення фізичних об'єктів, що закладені в цю технологію, мають давню історію. Ще в Древньому Єгипті за цією технологією були побудовані знамениті піраміди. Сучасний період розвитку 3D принтерів, в яких відтворено ці технології отримав свій розвиток на початку 80-х років минулого століття, коли було отримано перший патент на технологію швидкого прототипування (RP – Rapid Prototyping). На зміну їй прийшла «адитивна технологія», термін якої походить від англійського виразу Additive Manufacturing (AM), який відтворює суть створення виробу[1] шляхом додавання шарів матеріалу (add – додавати, добавляти), що суттєво відрізняється від існуючих традиційних технологій обробки, в основі яких лежить принцип знімання лишнього матеріалу із заготовки.

Суттєвим поштовхом для впровадження 3D принтингу стало анонсоване в 2013 році президентом США створення 15-ти науково-дослідних підприємств, діяльність яких безпосередньо пов'язана з реалізацією в промисловості адитивних технологій і повинна стати підґрунтям для нової промислової революції. За наступні 2,5 роки адитивні технології набули статусу стратегічно важливого наукового розвитку у всіх лідируючих країнах.

Виникає важливе питання державного значення, чи зможе Україна включитися в ці перегони і не втратити початок «Третьої промислової революції»? Ключовим стає розуміння промисловістю, що за адитивними технологіями майбутнє і потрібно почати їх освоєння до того моменту, коли точка неповернення буде пройдена і час втрачено [2]. Слід зазначити, що філософія цієї технології втрутилася і повністю змінила традиційний світогляд інженерів.

Тому актуальним для закладів вищої освіти України є якнайшвидше запровадження змін в освітні програми машинобудівних спеціальностей введення нових дисциплін, що пов'язані з адитивними технологіями. Крім того, вони зобов'язані взяти на себе забезпечення перепідготовки інженерних кадрів машинобудівних підприємств. Адже в умовах швидких змін економічних реалій машинобудівні підприємства не повинні чекати урядових рішень, а самостійно освоювати адитивні технології щоб безнадійно не відстали

від зарубіжних конкурентів. Застосування цих інновацій на підприємстві вимагає від фахівця вмінь і навичок щодо якісного володіння 3D моделюванням, програмування, підготовки STL-файлів для виготовлення виробу, знань основ металургії та друку на 3D принтері.

На кафедрі галузевого машинобудування ВНТУ в 2019 році створено регіональний науково-методичний центр «Галузеве машинобудування» на якому здійснюється підготовка студентів, аспірантів та фахівців підприємств машинобудівної галузі Вінницького регіону для роботи з сучасними інноваційними адитивними технологіями, з використанням систем CAD, CAM, CAE. Приміщення, в якому улаштовано акустичну систему, обладнане робочими місцями на 22 особи, робочим місцем лектора з мультимедійним обладнанням, до якого входить мультимедійна дошка із сенсорним дисплеєм з діагоналлю 60 дюймів та ноутбук з двоядерним процесором, LED проектор. Навчальні місця обладнані персональними комп'ютерами та інтернет зв'язком. В приміщенні встановлені лабораторні стенди з принтером 3D друку пластиком та імітатор з ЧПК для багатокоординатної обробки заготовок. Завдяки спонсорській допомозі ПП «Вінницька овочева компанія» заключено договір з офіційним представником SOLIDWORKS в Україні фірмою «Софтіко» про надання ВНТУ безкоштовної мережевої ліцензії на програмне забезпечення для твердотілого моделювання SOLIDWORKS на 2000 робочих місць з правом отримання сертифікатів слухачами курсів про підготовку за програмою навчання. Для якісного проведення занять слухачами курсів перепідготовки за програмою SOLIDWORKS 5 провідних викладачів кафедри пройшли курс підвищення кваліфікації у офіційного представника SOLIDWORKS в Україні фірмі «Софтіко» та отримали відповідні сертифікати.

Таким чином, на кафедрі галузевого машинобудування ВНТУ створено всі умови для якнайшвидшого запровадження в освітній процес нових дисциплін, за якими студенти зможуть отримати фахові знання щодо адитивних технологій виготовлення виробів, а інженерно-технічний склад підприємств регіону та України пройти сертифіковану перепідготовку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. World Intellectual Property Report Breakthrough Innovation and Economic Growth [electronic resource]. — Access: http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_944_2015.pdf

2. Vlasenko V. Shkatulka s syurprizom: kak 3D-pechat v Ukraine iz igrushki prevratilas v biznes [Casket with a surprise: As 3D-seal IZ in Ukraine of toys has become a business]. Available at: <https://daily.rbc.ua/rus/show/shkatulka-syurprizom-3d-pechatukraine-igrushki-1477311053.html>

Поліщук Леонід Клавдійович — д.т.н., проф., завідувач кафедри «Галузеве машинобудування», Вінницький національний технічний університет, e-mail: leo.polishchuk@gmail.com, 21021, Україна, Вінницька обл., м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95.

Булига Юрій Володимирович — к.т.н. доцент кафедри «Галузеве машинобудування», Вінницький національний технічний університет, e-mail: ybulyha@gmail.com, 21021, Україна, Вінницька обл., м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95.

Манжілевський Олександр Дмитрович — к.т.н. доцент кафедри «Галузеве машинобудування», Вінницький національний технічний університет, e-mail: manzhilevskyy@vntu.edu.ua, 21021, Україна, Вінницька обл., м. Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95.

ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE SPECIALTY OF "INDUSTRIAL MACHINE BUILDING"

Abstract

The importance of introducing disciplines related to additive technologies of product manufacturing into the educational process in the specialty of branch mechanical engineering is analyzed. In addition, the importance of retraining of engineering and technical personnel on the basis of specialized university centers, which are equipped with computerized workstations and laboratory equipment for 3D printing.

Keywords

Additive technology, center of branch mechanical engineering, educational process, retraining

Polishchuk Leonid K. — Doctor of Engineering Sciences, Head of Department of «Industrial Engineering», Vinnytsia National Technical University, tel., 21021, Vinnytsia, st. Khmelnytsky Highway, 95, e-mail: leo.polishchuk@gmail.com.

Bulyha Yuriy V. — Ph. D (Engineering) Docent of Department of «Industrial Engineering», Vinnytsia National Technical University, 21021, Ukraine, Vinnytsia st. Khmelnytsky Highway, 95, e-mail: ybulyha@gmail.com.

Manzhilevskyy Olexander D. — Ph. D (Engineering) Docent of Department of «Industrial Engineering», Vinnytsia National Technical University, 21021, Ukraine, Vinnytsia st. Khmelnytsky Highway, 95, e-mail: manzhilevskyy@vntu.edu.ua.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РЕГІОНАЛЬНОГО НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО ЦЕНТРУ «ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ»

Анотація

У цій роботі розглянуто перспективи розвитку регіонального навчально-методичного центру «Галузеве машинобудування», зокрема за рахунок поглиблення вивчення та практичного застосування технологій CAD, CAM, CAE, технології 3D-друку пластиком у навчальному процесі студентів та фахівців із галузевого машинобудування.

Ключові слова: методична підготовка, 3D-друк, CAD, CAM, CAE технології, аддитивні технології.

На сьогодні машинобудівна галузь є однією з основних галузей промисловості України, яка концентрує близько 20% основних засобів промисловості та виробництво інноваційної продукції з високим рівнем доданої вартості. Саме тому останні роки в Україні створено нові машинобудівні підприємства та відновлюються і осучаснюються існуючі. Зокрема на території Вінницького регіону були побудовані та розпочали свою роботу такі підприємства як «KNESS GROUP», ТОВ «ГРІН КУЛЬ», ТОВ «HASLIFT UKRAINE» та інші інженерно-технічний склад яких поповнили випускники кафедри галузевого машинобудування Вінницького національного технічного університету.

У зв'язку із широким застосуванням інноваційних технологій в промисловості, вимоги до інженерів-конструкторів стрімко змінюються. На передній план виступають вимоги щодо ефективного застосування нових підходів до проектування машин та їх складових елементів.

Адже в сучасних умовах проектування і виготовлення промислової продукції не представляється можливим без застосування прогресивних CAD, CAM, CAE технологій, які заповнили практично всі сфери промислової інженерії.

Розуміння та здатність використовувати ці технології дозволяє інженеру не тільки працювати в престижних виробничих і аутсорсингових компаніях по всьому світу, а й реалізувати власні startup-проекти, пов'язані з виготовленням нових продуктів, або ж стати успішним і заребуваним інженером-фрілансером.

У зв'язку із цим підприємства Вінницького регіону відчувають «кадровий голод» у висококваліфікованих фахівців, які володіють на високому рівні сучасними методами проектування.

Саме для задоволення потреб підприємств у висококваліфікованих інженерах, за рахунок коштів меценатів та гранту Обласної державної адміністрації в рамках реалізації обласної Програми «Розвитку інформаційних та інноваційних технологій в закладах освіти області на 2016 – 2020 роки», було створено регіональний навчально-методичний центр «Галузеве машинобудування» на базі кафедри галузевого машинобудування Вінницького національного технічного університету (ВНТУ).

Для функціонування центру на кафедрі проведено капітальний ремонт навчальної аудиторії (рис.1) силами викладачів, студентів та фахівців, із залученням спонсорських коштів на суму 73 тис. грн.

Регіональний науково-методичний центр забезпечує вивчення та застосування технологій CAD, CAM, CAE (3D проектування різних виробів), створення конструкторської документації відповідно до вимог СКД, реалістичні візуалізації, виконання розрахунків виробів на міцність, освоєння основ аддитивних технологій для 3D друку пластиком, розроблення керуючих програм для верстатів з ЧПК та іншого автоматизованого обладнання.

На тепер регіональний науково-методичний центр «Галузеве машинобудування» має: приміщення для проведення навчального процесу, обладнане робочими місцями на 22 особи; робоче місце лектора з мультимедійним обладнанням (мультимедійна дошка із сенсорним дисплеєм, звичайна дошка; сучасний ноутбук; LED проектор; навчальні місця обладнані персональними комп'ютерами та інтернет зв'язком; акустичну систему; лабораторні стенди з принтером для 3D друку та імітатором з ЧПК для багатокординатної обробки заготовок, які придбані на кошти викладачів кафедри.

Завдяки спонсорській допомозі ПП «Вінницька овочева компанія» заключено договір з офіційним представником SOLIDWORKS в Україні фірмою «Софтліко» про надання ВНТУ навчальної мережевої ліцензії на програмне забезпечення для твердотілого моделювання SOLIDWORKS та на 2000 сертифікатів слухачам курсів про підготовку за програмою навчання.

Проте, не всі комп'ютери, якими оснащені робочі місця, відповідають вимогам програмного забезпечення SOLIDWORKS для повної реалізації її можливостей у запровадженні інноваційної аддитивної технології виготовлення технічних об'єктів.

Лише чотири робочих місця відповідають зазначеним вимогам. Це не дозволяє на належному рівні проводити заняття для студентів та слухачів курсів, мінімальна кількість яких становить 10 чоловік.

Саме тому для подальшої модернізації обладнання та підвищення навчальних можливостей центру заплановано переоснащення навчальної аудиторії персональними комп'ютерами, встановлення та налагодження програмного забезпечення.

Оновлення навчальних освітніх програм з урахуванням особливостей адитивних технологій та оснащення регіонального науково-методичного центру «Галузеве машинобудування»



Рисунок 1 – Інтер'єр регіонального навчально-методичного центру «Галузеве машинобудування»

Використання результатів проекту планується у навчальних дисциплінах підготовки бакалаврів та магістрів за спеціальністю 133 – галузеве машинобудування у Вінницькому національному технічному університеті, а також під час підготовки інженерних кадрів машинобудівних підприємств у науково-методичному центрі «Галузеве машинобудування».

Навчання у регіональному навчально-методичному центрі дозволить організувати вивчення та застосування технологій CAD, CAM, CAE (3D проектування різних виробів), створення конструкторської документації, в зокрема, відповідно до вимог ЕСКД, створення реалістичних візуалізацій, розрахунок виробів на міцність, освоєння основ технології для 3D друку пластиком, розробка керуючих програм

для верстатів з ЧПК та іншого автоматизованого обладнання). Все зазначене дозволить студентам та слухачам курсів цього центру претендувати на посади в престижних виробничих і аутсорсингових компаніях по всьому світу, реалізувати власні startup-проекти, або ж стати успішним і затребуваним інженером-фрілансером.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Верстатні комплекси. Проектування робіт та маніпуляторів. Частина 1: навчальний посібник / Поліщук Л. К. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 132 с.
2. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Обладнання автоматизованих виробництв. Частина 1. Верстат-автомати : навчальний посібник / Р. Д. Іскович-Лотоцький, О. Д. Манжівлевський – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 91 с. <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/15291>.
3. Обладнання автоматизованих виробництв. Частина 2. Автоматичні лінії. Гнучкі виробничі системи. Транспортно-завантажувальні пристрої : навчальний посібник / Р. Д. Іскович-Лотоцький, О. Д. Манжівлевський – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 129 с. <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/51>.
4. Динаміка вмонтованого гідроприводу конвєсєрів мобільних машин: монографія / Л. К. Поліщук. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 240 с.

Поліщук Леонід Клавдійович – док. техн. наук, професор, завідувач кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: leo.polishchuk@gmail.com.

Булєга Юрій Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ybuluha@gmail.com.

Манжівлевський Олександр Дмитрович – канд. техн. наук, доцент кафедри галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: manzhilevskyy@gmail.com.

FEATURES OF EDUCATIONAL PROCESS IN THE REGIONAL EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL CENTER "INDUSTRIAL MACHINE BUILDING"

Abstract

This paper examines the prospects for the development of the regional training center "Industrial Engineering", in particular by deepening the study and practical application of CAD, CAM, CAE, 3D-printing technology in the educational process of students and specialists in industrial engineering.

Keywords: methodical training, 3D-printing, CAD, CAM, CAE technologies, additive technologies.

Polishchuk Leonid K. - Doc. Tech. Sc., Professor, Head of the Department of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: leo.polishchuk@gmail.com.

Bulyha Yuriy Volodymyrovych - Cand. Techn. Sc., Associate Professor of Industrial Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ybuluha@gmail.com.

Manzhilevskyy Alexander D. - Cand. Techn. Sc., the Associate Professor of Industrial Engineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: manzhilevskyy@gmail.com.

ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ У КОНТЕКСТІ ДУАЛЬНОЇ ФОРМИ ЗДОБУТТЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Вінницький національний технічний університет¹

Анотація

У роботі розглядається актуальність та поточний стан реалізації концепції професійної підготовки майбутніх фахівців інженерних спеціальностей у закладах вищої освіти на засадах дуальної освіти.

Ключові слова: фахівець, роботодавець, ЗВО, дуальна освіта.

Вступ

Наразі ринкові відносини змушують виробництво до тенденції швидкого темпу змін технологій та обладнання, що, в свою чергу, обумовлює постійні зміни вимог роботодавців до випускників ЗВО. А тому набуває особливої актуальності проблема підготовки освіченого, з належними компетенціями фахівця, здатного до постійного оновлення знань та практичних навичок, професійної мобільності і швидкої адаптації до змін ринкових умов, виробничих відносин та технологій. Саме дуальне навчання є тією моделлю, яка найкраще придатна для подолання диспропорції між теоретичною та практичною підготовкою майбутніх фахівців.

Результати дослідження

Професійна підготовка майбутніх фахівців інженерних спеціальностей є динамічним організаційно-педагогічним процесом, який характеризується тенденцією переходу від навчальної до особистісної парадигми професійної діяльності, орієнтованої на формування у здобувачів їх професійної компетентності, психологічної готовності до праці та здатності до навчання і самовдосконалення упродовж життя.

Використання дидактичних методів дуального навчання передбачає створення оптимальних умов для самостійного оволодіння навчальним матеріалом, забезпечує позитивну мотивацію, професійну спрямованість, формує уміння самостійно вчитися та самостійно організувати будь-яку практичну діяльність. Практична підготовка майбутніх фахівців у контексті дуальної форми здобуття вищої освіти має передбачати не тільки теоретичні основи дисциплін, що вивчаються у технічних ЗВО, але й озброєння студентів практичними знаннями, формування їхньої професійної культури, що дозволить усвідомлено реалізувати свободу вибору оптимального варіанта змісту й технології власної діяльності. Значну роль у формуванні соціальних і професійних мотивів відіграє цілеспрямоване професійне виховання здобувачів. Посадження навчальної діяльності з виробничою вирішує відразу кілька важливих завдань: працюючи на робочому місці, здобувач краще професійно адаптується та швидше свідомо сприймає свою майбутню виробничу діяльність; його становлення як особистості та спеціаліста з року в рік з першого по четвертий курси проходить під керівництвом наставників від підприємства, які працюють з ним. Отож, необхідною і найважливішою передумовою формування цілісної особистості майбутніх фахівців інженерних спеціальностей є організація навчального процесу на засадах інтеграції навчання з науково-дослідною та експериментальною роботою.

В Україні дуальне навчання пілотували впродовж 2015-2017 років. Перший випуск трьох експериментальних груп показав рівень працевлаштування – до 97%. На 12-17% зросла якість навчання, співпраця з роботодавцями стала більш стійкою та взаємовигідною. Рівень зацікавленості роботодавців у залученості до підготовки здобувачів ще на етапі їх навчання

свідчить про потенціал розвитку дуальної форми здобуття освіти, особливо з технічних спеціальностей. Наступним кроком упровадження дуальної освіти в Україні було розпорядження Кабінету міністрів України про схвалення Концепції підготовки фахівців за дуальною формою здобуття освіти від 19 вересня 2018 року № 660-р. А у поточному 2020/2021 навчальному році професійну освіту за дуальною формою здобувають вже 12 395 осіб. Найбільша кількість здобувачів, які навчаються за дуальною формою освіти, у закладах Хмельницької (877 осіб), Львівської (807), Вінницької (529) областей та м. Києва (464). Коли в березні 2020 року був запроваджений загальнонаціональний карантин з метою запобігання поширенню COVID-19, закладам, які навчають учнів за дуальною формою рекомендували перевести таких учнів на дистанційне навчання. Серед ресурсів, які підприємство могло надавати для підготовки – онлайн-платформи, навчальні фільми, інструкції підприємств тощо.

Висновки

Підсумовуючи вищезазначене, варто наголосити на тому, що лише докорінні зміни в організації освітнього процесу, які передбачатимуть значну практичну складову навчального навантаження, виконання якої відбуватиметься на сучасному виробництві відповідно до навчального плану, дозволить досягти здобувачам вищої освіти належного рівня необхідних універсальних та професійних компетенцій, достатніх для розв'язання відповідного класу задач. Таким чином, необхідність втілення в освітню діяльність концептуальної моделі оптимізації навчального процесу на основі принципів дуальної освіти є наразі безальтернативною, враховуючи значний розрив у матеріально-технічному потенціалі університетів і сучасних підприємств.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Косарук О. М. Професійна підготовка майбутніх фахівців інженерних спеціальностей на засадах інтеграції навчання з виробництвом : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / Косарук Олена Миколаївна. – Вінниця, 2019. – 339 с.
2. Дуальна форма здобуття освіти у закладах вищої та фахової передвищої освіти очима роботодавців [Електронний ресурс]. – URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/dualna-forma-zdobuttya-osviti-u-zakladah-vishoyi-ta-fahovoyi-peredvishoyi-osviti-ochima-robotodavci>.
3. В. Мізерний. Дуальна освіта в контексті інтеграції навчання з виробництвом. – Тези НТК професорсько-викладацького складу ВНТУ. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – с. 460.

Булыга Юрій Володимирович – к. т. н., доцент кафедри галузевого машинобудування, директор Інституту інтеграції навчання з виробництвом, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: ybuluha@gmail.com.

Косарук Олена Миколаївна – к. пед. н., старший викладач кафедри інтеграції навчання з виробництвом, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: lena.menzul@gmail.com.

PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE SPECIALISTS IN ENGINEERING SPECIALTIES IN THE CONTEXT OF THE DOUBLE FORM OF HIGHER EDUCATION

Abstract

The relevance and current state implementation of professional training concept realization in higher educational institutions on the basis of double education is considered.

Keywords: specialist, employers, universities, double education.

Bulyha Yuriy V. – Ph. D., Associate Professor, Associate Professor with Department of Industrial Engineering, Director of Institute for Training and Production Integration, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.

Kosaruk Olena M. – Ph. D., senior lecturer Training and Production Integration, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia.

ДОСВІД ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ» У ВІННИЦЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Підсумовано багаторічний досвід викладання однієї з базових дисциплін спеціальності 131 – Прикладна механіка «Основи технології машинобудування» (ОТМ) на кафедрі технологій та автоматизації машинобудування Вінницького національного технічного університету. Зміст і структуру дисципліни ОТМ сформовано з урахуванням того, що однією з головних задач технолога-машинобудівника є забезпечення необхідної якості виробів.

Ключові слова: основи технології машинобудування, досвід викладання, зміст і структура дисципліни, точність і якість виробів, розмірний аналіз конструкцій і технологій.

Методика і дидактика викладання дисципліни «Основи технології машинобудування» (ОТМ) у Вінницькому національному технічному університеті (ВНТУ) ґрунтується на багаторічному досвіді роботи колективу кафедри технологій та автоматизації машинобудування (ТАМ). Зміст лекцій, практичних та лабораторних занять [1 – 5], позааудиторної роботи студентів [6], побудований таким чином, щоб в результаті вивчення цієї дисципліни студент **знав**: основні поняття технології машинобудування; основи базування; теорію і практику використання конструкторських і технологічних розмірних ланцюгів для забезпечення необхідної точності і, відповідно, якості виробів; закономірності, що проявляються в процесі виготовлення машини і визначають її якість, собівартість і продуктивність праці; принципи розробки технологічних процесів виробництва деталей та складання машини і **умів** розробляти й аналізувати технологічні процеси виготовлення деталей та складання вузлів, виконуючи необхідні розрахунки, у т. ч. розмірні.

Згідно з навчальним планом спеціальності 131 – Прикладна механіка, дисципліна ОТМ викладається студентам третього курсу бакалаврської підготовки протягом двох семестрів і містить сім розділів (змістових модулів). Структурна схема дисципліни ОТМ показана на рис. 1.

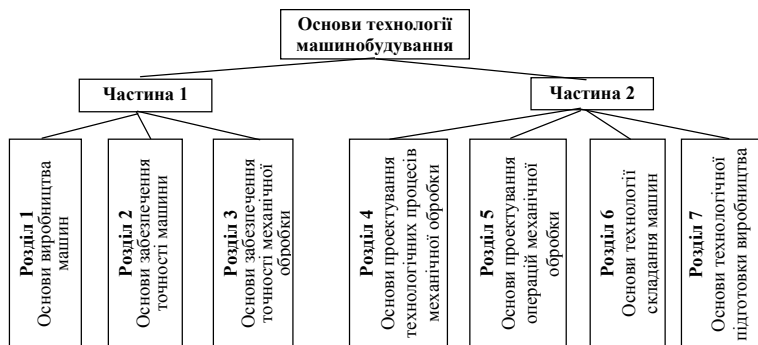


Рис. 1. Структурна схема змісту дисципліни «Основи технології машинобудування»

Для набуття навичок практичного використання теоретичного матеріалу студенти виконують чотири індивідуальних домашніх завдання (ІДЗ) такого змісту: ІДЗ №1 – розмірний аналіз конструкції виробу; ІДЗ №2 – статистичний аналіз точності механічної обробки за допомогою

великих вибірок (побудови і аналізу кривих розподілу); ІДЗ №3 – визначення сумарної похибки механічної обробки на токарній і фрезерній операції; ІДЗ №4 – розв'язання комплексу задач з проектування технологічного процесу механічної обробки заготовки деталі, а саме: визначення кількості переходів механічної обробки циліндричної поверхні й вибір способів її механічної обробки; вибір чистових і чорнових технологічних баз; розробка маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, вибором типів верстатів, зображенням схем базування; аналіз похибок базування, що виникають на одній з операцій; розрахунок проміжних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні.

За умови якісного виконання ІДЗ №4 його результати зазвичай стають основою для подальшого виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія машинобудування» і бакалаврської дипломної роботи.

Відомо [7], що ефективним сучасним засобом якісного і кількісного аналізу наявних і синтезу нових машинобудівних конструкцій та технологій є розмірний аналіз. Саме тому у навчальному процесі кафедри ТАМ програма дисципліни ОТМ вже досить тривалий час містить теми «Розмірний аналіз конструкцій» [1, 2] і «Розмірний аналіз технологічних процесів механічної обробки» [2, 4]. Практичні навички виконання розмірного аналізу конструкцій виробів студенти отримують під час виконання ІДЗ №1. В результаті аналізу потрібно визначити показники точності всіх складових ланок і вибрати метод забезпечення точності ланки замикання. Тема «Розмірний аналіз технологічних процесів механічної обробки» розглядається у другій частині курсу ОТМ [3, 4]. Практичні навички виконання технологічних розмірних розрахунків студенти отримують вже під час курсового проектування з дисципліни «Технологія машинобудування» [7].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 125 с.
2. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 106 с.
3. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 112 с.
4. Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : практикум / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.
5. Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин. Лабораторний практикум / [Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Мироненко О. М. та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 118 с.
6. Основи технології машинобудування. Частина 1. Самостійна та індивідуальна робота студентів : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, С. В. Репінський, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 116 с.
7. Рудь В. Д. Розмірно-точнісний аналіз конструкцій та технологій / В. Д. Рудь, О. О. Герасимчук, Т. П. Маркова. – Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2008. – 344 с.
8. Дерібо О. В. Технологія машинобудування. Курсове проектування : навчальний посібник / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 123 с.

Дерібо Олександр Володимирович – канд. техн. наук, доцент, професор кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: deriboov@ukr.net.

EXPERIENCE IN TEACHING THE DISCIPLINE «FUNDAMENTALS OF MECHANICAL ENGINEERING» AT VINNITSIA NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY

Abstract

The long-term experience of teaching one of the basic disciplines of specialty 131 – Applied Mechanics «Fundamentals of Mechanical Engineering» at the Department of Technologies and Automation of Mechanical Engineering of Vinnitsia National Technical University is considered. The content and structure of the discipline "Fundamentals of mechanical engineering" are developed taking into account the fact that one of the main tasks of a mechanical engineer is to ensure the required quality of products.

Keywords: fundamentals of mechanical engineering technology, teaching experience, content and structure of the discipline, accuracy and quality of products, dimensional analysis of structures and technologies.

Deribo Oleksandr V. – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: deriboov@ukr.net.

КОМПЕТЕНТНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ БАЗОВИХ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-ПЕДАГОГІВ У ГАЛУЗІ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Криворізький державний педагогічний університет¹

Анотація. У представленій публікації здійснена спроба обґрунтувати особливості підготовки майбутніх інженерів-педагогів у галузі харчових технологій. Розкрито значущі компетенції бакалаврів даного напрямку, детально описано виробничо-технологічна, організаційне управлінська, науково-дослідницька, проектно-конструкторська діяльності майбутніх спеціалістів.

Ключові слова: інженер-педагог у галузі харчових технологій, професійні компетенції, професійна діяльність.

Сьогодні все актуальнішою стає проблема забезпечення підприємств харчових виробництв професійне компетентними інженерними кадрами, здатними до ефективного управління виробничим процесом та сприяння успішного розвитку харчового підприємства. Тому перед вищою професійною освітою стоїть важливе завдання сформувати у майбутніх бакалаврів напрямку 015.37 Професійна освіта «Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології» особистісні і професійне значущі компетенції, визначальну готовність до роботи на сучасному харчовому підприємстві. Цю проблему необхідно вирішувати на протязі всього процесу сучасної модернізації інтегральних освітніх структур (зміст освіти і процесу навчання) як предметної проєкції очікуваного результату. Аналізуючи підсумки теоретичного дослідження, ми вибрали і сформували особистісно та професійне - значущі компетенції бакалаврів напрямку 015.37 Професійна освіта «Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології»:

- 1) компетентний підхід;
- 2) діяльний підхід.

Компетентний підхід в даному випадку є комплексом професійно-орієнтованих завдань, пов'язаних з оцінкою якості вищої освіти, що вимагають створити моделі з безліччю вихідних параметрів. Даний підхід розглядається як спосіб досягнення нової якості освіти, в процесі навчання якому студенти отримують знання, вміння і навички; відкриває перспективу у поліпшенні якості підготовки бакалавра на підставі ідеї самоцінності особистості майбутнього інженера-педагога у галузі харчових технологій і особистісно-зорієнтованого підходу, шляхом встановлення зворотного зв'язку вищого навчального закладу, який веде підготовку бакалаврів даного профілю згідно з вимогами ринку праці; конкретизує навчальні цілі, альтернативності підприємства, активізацією і технологізацією навчального процесу.

Діяльний підхід в сфері професійної освіти полягає в тому, що засвоєння змісту навчання і розвиток студента відбувається в процесі його власної активної діяльності, а також в процесах осмислення, сприйняття застосування, запам'ятовування, систематизації та узагальнення інформації, про є в усьому циклі навчальної діяльності. Завдяки основним положень теорії навчально-пізнавальної діяльності будь-якого навчального уміння можна Уявити, як рівень сформованості певного методу, способу або кошти навчальної діяльності.

Модернізація вищої професійної освіти на компетентній основі активно обговорюється і розробляється в наукових колах

Професійна діяльність бакалавра напрямку 015.37 Професійна освіта «Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології» має свої специфічні особливості.

Проведений нами аналіз дозволяє констатувати, що кваліфікація бакалавра напрямку 015.37 Професійна освіта «Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та

харчові технології» його спроможність і особистісна активність залежать від його базових професійних компетенцій складових у своїй сукупності професійну компетентність. Отже, специфіка виробничої діяльності бакалавра майбутнього інженера-педагога у галузі харчових технологій полягає в тому, що різні вимоги і характеристики збагачуються специфічними особливостями професійної діяльності, а саме особливостями харчового виробництва і організації діяльності харчового підприємства.

Структура діяльності інженера-педагога у галузі харчових технологій визначається його місією, пов'язаною із забезпеченням управлінських та організаційних умов, які допомагають ефективно реалізувати виробничий процес. Щоб визначити структуру професійної діяльності бакалаврів напряму 015.37 Професійна освіта «Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології», ми пропонуємо виділити наступні основні об'єкти його діяльності, згідно з посадовими інструкціями інженера – педагога у галузі харчових технологій.

Представлена структура діяльності бакалавра напряму 015.37 Професійна освіта «Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології» включає в себе об'єкти і види діяльності, а також розглядається як основа характеристик майбутнього фахівця.

Отже, структура діяльності проектує на процес професійної підготовки бакалавра напряму 015.37 Професійна освіта «Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології» і стає зразком і аналогом його діяльності, а також задає зміст і форми відповідної виробничої діяльності студента.

Для вибору об'єктів професійної діяльності бакалаврів були взяті такі дисципліни, як процеси і апарати харчових виробництв; діагностика обладнання технологічне обладнання малих і традиційних підприємств; технологія харчових виробництв; фізико-механічні властивості харчових продуктів; основи проектування підприємств харчової промисловості; метрологія, стандартизація та сертифікація.

Для вибору виду професійної діяльності бакалаврів були взяті діяльності: виробничо-технологічна, організаційне управління, науково-дослідницька, проектно-конструкторська. Згідно видів професійної діяльності бакалавра профілю бакалаврів напряму 015.37 Професійна освіта «Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології» пропонуємо наступні завдання:

1. При виробничо-технологічній діяльності (здійснюється контроль якості матеріалів, напівфабрикатів і сировини, ефективна організація параметра технологічного процесу; здійснюється виробничий процес, що забезпечує якість, безперебійну роботу обладнання і технологічного процесу; здійснюється економічне використання матеріалів, напівфабрикатів і сировини, екологічна та експлуатаційна робота обладнання; здійснюється аналіз завдань за рішенням виробничих проблем).

2. При організаційно-управлінській діяльності (здійснюється управління і організаційна робота з колективом; проводиться аналіз ефективності виробництва при довгостроковому і короткостроковому плануванні прийняття оптимальних рішень, які забезпечують якісне протікання процесів; здійснюється технічний контроль і управління за якістю продукції; здійснюється розробка способу і методу для вирішення нестандартних виробничих завдань).

3. При науково-дослідницькій діяльності (аналізуються показники якісної роботи обладнання з використанням процесу інтенсифікації та реалізації методів дослідження; створюється модель, яка прогнозує удосконалення технологічних процесів, її планів, програм і методик).

4. При проектно-конструкторській діяльності (здійснюється створення цілі проекту, яка потребує вирішення завдань виробничої технології; використовується системний підхід і методи моделювання; здійснюється робота над проектуванням нових - технологічної лінії, матеріалу з обладнання відповідно до вимог технологічними, економічними, механічними, екологічними і т.д. ; використовується САПР (система автоматизованого проектування) для розробки / реконструкції сучасного технологічного обладнання та будівлі, цехи).

Таким чином, загальне уявлення про структуру виробничої діяльності бакалавра профілю напряму 015.37 Професійна освіта «Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології» характеризується її змістом, що дозволив сформувати компетентну діяльну модель підготовки бакалавра даного профілю, розглянуту сумою

складових, базових професійних компетенцій, сформованих в процесі навчання і представляють собою опис освітнього процесу як досягнення успішної реалізації особистості системи соціальних взаємин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Волкова Н.В. Методологічні підходи дослідження формування професіоналізму майбутніх інженерів-педагогів у галузі харчових технологій.
- 2 Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми // Зб.наук.пр.-Випуск 47/редкол.-Київ-Вінниця:ТОВ фірма "Планер",2020.– С.412-422.
- 3 Горбатюк Р.М., Волкова Н.В. Інтеграція професійної освіти і виробництва як чинник модернізації підготовки майбутніх інженерів-педагогів у галузі харчових технологій. Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology : науковий часопис. Том 6. № 1. 2018. С. 89–102. URL: <http://ojs.mdpu.org.ua/index.php/itse/article/view/2447>

Волкова Наталія Валентинівна – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри педагогіки та методики технологічної освіти, Криворізький державний педагогічний університет, м. Кривий пир. e-mail: volkovanatali1802@gmail.com

COMPETENT MODEL OF FORMATION OF BASIC PROFESSIONAL COMPETENCES OF TRAINING OF FUTURE ENGINEERS-TEACHERS IN THE FIELD OF FOOD TECHNOLOG

Abstract. In the presented publication an attempt is made to substantiate the peculiarities of training future engineers-teachers in the field of food technologies. Significant competencies of bachelors in this field are revealed, production-technological, organizational-managerial, research, design and engineering activities of future specialists are described in detail.

Key words: engineer-teacher in the field of food technologies, professional competences, professional activity.

Volkova Nataliia Valentynivna - Candidate of Pedagogic Sciences (Ph. D.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Pedagogy and Methods of Technologies, Kryvorizhian state pedagogical university, Kryvyi Rih, Ukraine.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГАЛУЗІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Державний навчальний заклад «Центр професійно-технічної освіти № 1 м. Вінниця»¹

Анотація

Розглянуто вплив сучасних інноваційних технологій в Зasadі професійної (професійно-технічної) освіти на ефективність підготовки майбутніх фахівців машинобудівних спеціальностей. Висвітлено види інноваційних технологій, які набули поширення в практиці підготовки майбутніх фахівців. Обґрунтовано, що використання інноваційних технологій у навчальному процесі сприяє розвитку творчих здібностей здобувачів освіти. Доведено, що формування базової професійної компетентності здобувачів освіти у процесі вивчення спеціальних предметів і виробничого навчання є обґрунтованою потребою суспільства в забезпеченні якісної підготовки конкурентоспроможних фахівців.

Ключові слова: професійна підготовка, майбутні фахівці машинобудівних спеціальностей, інноваційні технології, спеціальні предмети, виробниче навчання, навчальний процес.

Потреби сучасної науки і виробництва ставлять перед професійною (професійно-технічною) освітою нові завдання. В даний час всі технічні навчальні заклади надають велику увагу навчанню учнів комп'ютерному проектуванню, в тому числі автоматизованого проектування як окремих деталей, так і загалом технологічних процесів. Ефективність застосування інноваційних технологій в навчальному процесі при вивченні теоретичного курсу та використання придбаних практичних навичок дозволяє учням займатися проектною діяльністю, як в рамках навчальних занять, так і у вільний час на заняттях гуртків технічної творчості, що сприяє всебічному розвитку майбутніх фахівців.

Однією з основних цілей підготовки робочих кадрів є формування професіоналізму. Під професіоналізмом розуміється висока майстерність по придбаній професії, що дозволяє випускникові бути конкурентоздатним на ринку праці.[3] Професіоналізм і компетентність — це якості, від яких залежать життєві і трудові успіхи. Досягнення цієї мети вимагає розробки і застосування відповідної технології професійного навчання.

З метою якісної підготовки майбутніх спеціалістів з застосуванням сучасного металообробного обладнання в державному навчальному закладі «ЦПТО №1 м. Вінниця» 24 грудня 2019 р. відкрито структурний підрозділ закладу – навчально-практичний центр з підготовки кваліфікованих робітників за професіями «Токар», «Верстатник широкого профілю», який здійснює професійну підготовку випускників шкіл та курсову підготовку для незайнятого населення.

На базі даного навчально-практичного центру створено мультимедійний навчальний комплекс, на основі якого організовано виробниче навчання з застосуванням нових інформаційних технологій. Цей комплекс являє собою цілісну комп'ютерну навчальну систему, призначену для супроводу виробничого навчання верстатників, яка дозволяє працювати з текстовою інформацією, графічними зображеннями, звуком (пояснення, розповідь), анімаційною комп'ютерною графікою (відеофільми, тривимірна графіка) в єдиному комплексі, включаючи інтерактивні технології. Інтерактивність дозволяє здобувачу освіти самостійно управляти потоком навчальної інформації, забезпечуючи роботу в найбільш відповідному для себе темпі.

Для формування цілісної системи теоретичних знань і практичних навичок, які необхідні фахівцю - верстатнику широкого профілю, також впроваджуються педагогічні програмні засоби (ППЗ). ППЗ–сучасний електронний мультимедійний підручник – це цілісна дидактична система, що заснована на використанні комп'ютерних технологій і засобів Інтернету і яка ставить за мету забезпечити навчання за індивідуальними і оптимальними навчальними програмами з керуванням процесу навчання.

Педагогічний програмний засіб (ППЗ) – електронний підручник «Допуски, посадки та технічні вимірювання» — охоплює питання, які передбачені типовою навчальною програмою з предмета «Допуски, посадки та технічні вимірювання» Державного стандарту професійно-технічної освіти з

професій «Токар», «Верстатник широкого профілю» «Фрезерувальник», «Шліфувальник», «Слюсар-ремонтник», «Слюсар з ремонту колісних транспортних засобів».

Педагогічний програмний засіб (ППЗ) — електронний підручник «Матеріалознавство в машинобудуванні» охоплює питання, які передбачені типовою навчальною програмою з предмета «Матеріалознавство в машинобудуванні».

Для підготовки сучасних фахівців – верстатників широкого профілю впроваджується навчальне електронне видання «Комп'ютерний практикум».[1] Працює в системі Windows без особливих вимог. У підручнику представлений матеріал по 15 розділах програми. Даний комплекс з професії «Верстатник широкого профілю» надає допомогу в засвоєнні нового матеріалу, в усуненні прогалин знань учнів за темами.

При вивченні предметів професійно-технічного циклу з використанням персонального комп'ютера і програмного забезпечення, учні мають широкий діапазон можливостей:

- багатократне повторення експерименту або фрагмента;
- реєстрація необхідних параметрів;
- візуалізація уявлень і понять різними формами представлення матеріалу, який вивчається (графіка, колір, збільшення, динаміка і ін.);
- різні види моделювання, зокрема з використанням експериментальних результатів;
- автоматизація обробки даних;
- конструювання навчальних робіт, що імітують технічні пристрої і механізми.

За допомогою інтерактивних мультимедійні технологій учень може з'єднати не тільки вербальний матеріал, але і відео, звук, а також не тільки статичні, але і динамічні образи. Застосування мультимедійного навчального комплексу для професії «Верстатник широкого профілю» у виробничому навчанні дозволяє скоротити час на формування необхідних умінь і навичок у учнів. Діалог учня і мультимедійного комплексу набуває характер навчальної гри, чим підвищується мотивація навчальної діяльності.

Системи автоматизованого проектування (AutoCAD і КОМПАС) використовуються для виконання випускної письмової екзаменаційної роботи. Виконані в них креслення більш естетично виглядають і легко редагуються.[4] Як правило, учні, які вже знайомі з технікою виконання креслень на папері, дуже швидко оцінюють переваги використання САПР, наприклад, акуратність креслення після його виготовлення і виводу на друк, швидка побудова кількох однакових елементів креслення, можливість створення нового креслення шляхом копіювання з інших видів креслень, можливість безпосередньо перейти до роботи з кресленням, а не викреслювати рамки креслення і саме вихідне завдання.

З використанням САПР «важкого класу», таких як Unigraphics або PowerMill можна здійснювати візуалізацію механічної обробки, що дозволяє представити учням послідовність і особливості технології обробки деталей на верстатах з ЧПК.[2]

З використанням програми КОМПАС можна не тільки оформляти креслення, але і вирішувати прості інженерні задачі, наприклад, обчислювати об'єм і масу деталі, стружки, а використання версії КОМПАС-ЧПК дозволяє значно спростити створення керуючої програми для верстатів з числовим програмним керуванням.

Доцільність впровадження і ефективність використання мультимедійні технологій в процесі професійної підготовки фахівців верстатників полягає в тому, що в період відпрацювання початкових навичок у віртуальній майстерні відбувається зниження психологічного бар'єру в керуванні верстатом, виключені поломка дорогого устаткування і можливість травмування рухливими частинами обладнання, а також металевою стружкою.[1] Використання в освітньому процесі інформаційних технологій навчання може стати основою для становлення принципово нової форми освіти та вмотивовану самоосвітню активність особистості, яка підтримується сучасними технічними засобами.

Навчання із застосуванням ІКТ формує в учнів позитивне ставлення до навчання, підтримує їх компетентність і впевненість у собі, стимулює тим самим внутрішню мотивацію, підвищує об'єктивність самооцінки, дисциплінованість та інтелектуальну активність, покращує самопочуття і настрій і тим самим ефективність навчання в цілому.

Упровадження сучасних інноваційних технологій в навчальний процес, безперечно, є одним з основних критеріїв ефективності діяльності професійних (професійно-технічних) навчальних закладів. Інноваційні технології, які застосовуються з метою загальної оптимізації навчально-

виховного процесу, спрямовані на формування особистості, здатної інтегруватися у динамічні умови сучасного світу. Вони дозволяють формувати і розвивати професійні здібності, комунікабельність, творчий потенціал майбутнього фахівця. Це дає підстави для подальшого дослідження і практичної реалізації інноваційних технологій, спрямованих на покращення процесу формування базової професійної компетентності майбутніх фахівців машинобудівних спеціальностей. За допомогою використання інноваційних педагогічних технологій при викладанні спеціальних предметів і виробничого навчання вдалося надати привабливості навчальним заняттям та підняти мотивацію здобувачів освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Козяр М. Інноваційні технології як інструмент студентоцентрованого підходу в практичній підготовці майбутнього інженера / М. Козяр // Нова педагогічна думка. – 2014. – № 1. – С. 90–93. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npd_2014_1_28
2. Новиков П. М. Випереджувальна професійна освіта : науково-практичний посібник / П. М. Новиков, В. М. Зуєв. – М.: РГАТиЗ., 2000. – 266 с. – Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/> 8. Дичківська І. М. Інноваційні педагогічні технології / І. М. Дичківська. – К. : Академвидав, 2004. – 352 с. – Режим доступу : <http://www.nbuv.gov.ua/>
3. Нісімчук А. С. Сучасні педагогічні технології : навч. посіб. / А. С. Нісімчук, О. С. Падалка, О. Т. Шпак. – К. : Видавн. центр [1]«Просвіта»; Пошуково-видавн. агентство «Книга Пам'яті України». – 2000. – 368 с. – Режим доступу : <http://www.nbuv.gov.ua/>
4. Родькін Д.Й., Чорний О.П., Свєтіфєєв В.О. и др. Виртуальні лабораторні комплекси для навчального процесу і наукових досліджень. Підсумки і досвід розробки // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук: КДПУ, 2008. – Вип. 3/2008 (50), част. 1. – с. 28–42. 8.

Дяків Валерій Васильович, директор, Державний навчальний заклад «Центр професійно – технічної освіти № 1 м. Вінниця», місто Вінниця, dyakiv74@gmail.com/

*Електронне наукове видання
комбінованого використання
Можна використовувати в локальному та мережному режимах*

**Збірник тез доповідей
II-ї Міжнародної науково-технічної конференції
“Перспективи розвитку машинобудування
та транспорту – 2021”**

Підписано до видання 25.06.2021 р.
Формат 29,7×421/4. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Обсяг 25 Мб. Зам. № P2021-030.

Видавець - Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр,
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114. Тел. +380 432 65-18-06.
press.vntu.edu.ua;
email: irvc.vntu@gmail.com
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 31.07.2012 р.