

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

# **АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ, ВИГОТОВЛЕННЯ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ**

**Матеріали всеукраїнської  
науково-технічної конференції**

**17–19 травня 2017 року**

Вінниця  
ВНТУ  
2017

---

Замовити цю книгу <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/472>

Видавництво Вінницького національного технічного університету

<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog>

УДК 623.4  
А43

**Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного  
технічного університету Міністерства освіти і науки України**

*Редакційна колегія:*

Анісімов В. Ф., доктор технічних наук, професор,  
Біліченко В. В., доктор технічних наук, професор

**А43** **Актуальні проблеми проектування, виготовлення і експлуатації озброєння та військової техніки. Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції 17–19 травня 2017 року : збірник тез доповідей / – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 380 с.**

**ISBN 978-966-641-690-5**

Збірник містить матеріали НПК з таких основних напрямків: пріоритетні напрямки розвитку та сучасні вимоги до зразків озброєння та військової техніки; сучасне обладнання і прогресивні технології виробництва та складання зразків стрілецької зброї озброєння та військової техніки; дослідження і випробування зразків стрілецької зброї на спеціальному полігонному, стендовому та лабораторному обладнанні; експлуатація, технологія обслуговування та поточного ремонту озброєння та військової техніки; модернізація озброєння та військової техніки; перспективи розвитку машин спеціального призначення високої прохідності та організація військових перевезень; актуальні питання психологічної підтримки військовослужбовців.

**УДК 623.4**

**Роботи друкуються в авторській редакції. Редакційна колегія не несе відповідальності за достовірність інформації, яка наведена в роботах, та залишає за собою право не погоджуватися з думками авторів на розгляді питання.**

ISBN 978-966-641-690-5

© Вінницький національний технічний університет,  
укладання, оформлення, 2017

## ЗМІСТ

Д. В. Абрамов ВИЗНАЧЕННЯ ІНДЕКСУ ДИНАМІЧНОСТІ ПРИ РОЗГОНІ БРОНЬОВАНОГО АВТОМОБІЛЯ ПІД КЕРУВАННЯМ ВОДІЇВ З РІЗНОЮ КВАЛІФІКАЦІЄЮ .....	11
П. Б. Абхари ВЫДАВЛИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ С БОКОВЫМИ ОТРОСТКАМИ .	14
Ю. І. Адамов, О. Ф. Дяченко, В. В. Завальнюк ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИСОТОМІРУ З МЕТОЮ УДОСКОНАЛЕННЯ ПАРАШУТНО-РЕАКТИВНОЇ СИСТЕМИ .....	16
И. С. Алиев, Д. А. Картамышев, Л. В. Таган РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ ШТАМПОВКИ КОНИЧЕСКИХ ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	19
Л. И. Алиева, Д. А. Картамышев, КОМБИНИРОВАННОЕ РАДИАЛЬНО-ПРЯМОЕ ВЫДАВЛИВАНИЕ ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ГИЛЬЗ .....	21
М. В. Амброжевич, И. Ю. Долженко, В. А. Середа ТЕХНОЛОГИЯ ОПЕРЕЖАЮЩИХ ЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ В СТВОЛЬНОМ И РАКЕТНОМ ВООРУЖЕНИИ.....	23
О. С. Аніщенко, В. В. Кухар, А. Г. Присяжний ІЗОТЕРМІЧНЕ ВОЛОЧІННЯ ДРОТУ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ТИТАНОВИХ ЛИСТІВ КОРПУСІВ ПІДВОДНИХ ПЛАВЗАСОБІВ.....	26
О. С. Аніщенко, В. В. Кухар, А. Г. Присяжний ІЗОТЕРМІЧНЕ ДЕФОРМУВАННЯ ЛИСТОВИХ АНОДІВ ЗАХИСТУ КОРПУСІВ ВІЙСЬКОВИХ СУДЕН ВІД КОРОЗІЇ .....	29
А. С. Анищенко, В. В. Кухарь, А. Г. Присяжный МАТЕРИАЛ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ В СОСТОЯНИИ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ.....	32
А. О. Бабарика, С. М. Табенський ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ .....	39
Ю. О. Бабій УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ДАЛЬНОСТІ ВІЯВЛЕННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СТАНЦІЇ ПРИ ВПЛИВІ СЕЗОННОЇ МІНЛИВОСТІ ВИСОТИ ПЕРЕШКОД ТА КРИВИЗНИ ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ .....	42
О. М. Барабаш, А. Б. Крупкін АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОСНОВНОГО ОЗБРОЄННЯ БОЙОВИХ МАШИН ПІХОТИ БМП-2 .....	45
С. М. Безпалый ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ПІСТОЛЕТІВ-КУЛЕМЕТІВ «ФОРТ-224» ТА «ФОРТ-226» ПІДРОЗДІЛАМИ ПОЛІЦІЇ .....	48
В. В. Біліченко, Д. В. Борисюк УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГРАНАТИ РГД-5 З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ .....	51
В. В. Біліченко, Д. В. Борисюк УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПЕРЕДПУСКОВОГО ПІДГРІВУ ДВИГУНА В-46 ТАНКА Т-72 .....	55

М. В. Бугайов, О. А. Нагорнюк ВИЯВЛЕННЯ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЇХ ФРАКТАЛЬНОЇ РОЗМІРНОСТІ .....	60
П. І. Ванкевич, Ю. А. Настишин СИСТЕМИ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПРО НЕБЕЗПЕКУ ДЛЯ БОЙОВОГО СПОРЯДЖЕННЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦЯ .....	63
І. В. Віштак ПОТРЕБА СЬОГОДЕННЯ У МОДЕРНІЗАЦІЇ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ.....	66
М. І. Войтович, М. І. Сорокатиї, О. В. Білаш, А. П. Сенік ЗАЛЕЖНІСТЬ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПЛАСТИНЧАСТО-СТРИЖНЕВИХ ФРАГМЕНТІВ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ВІД ЇХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ І ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ .....	69
Д. О. Волинець ОБГРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО WI-FI РАДІОСИСТЕМИ ПРИКОРДОННОГО ПІДРОЗДІЛУ .....	72
А. О. Гаврилюк, М. С. Мошковський, С. Я. Мосійчук, Н. М. Сидоренко АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА СТАН ЗАХИЩЕНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ЗБЕРІГАННЯ БОЄЗАПАСУ ВІД ПОЖЕЖ ТА ВИБУХІВ .....	74
О. Л. Гайдамак, В. І. Савуляк, В. Г. Пісаренко ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ ОТРИМАНИХ ГАЗОДИНАМІЧНИМ НАПИЛЕННЯМ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ НА ЗОВНІШНІХ ПОВЕРХНЯХ СТРИЛЕЦЬКОЇ ЗБРОЇ.....	79
В. І. Гацько, М. А. Подригало, І. В. Рогозін, В. М. Біша, М. В. Барун БАГАТОКОНТУРНЕ АВТОМОБІЛЬНЕ КОЛЕСО .....	83
С. В. Герасимов, О. О. Журавльов ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РУК З БОЄПРИПАСАМИ, ЩО БАРАЖУЮТЬ, ДЛЯ ВОГНЕВОЇ ПІДТРИМКИ ДІЙ ПІДРОЗДІЛІВ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК.....	87
О. О. Головін ЗНОСОСТІЙКІ НАНОПОКРИТТЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО РЕСУРСУ АГРЕГАТІВ ТА СИСТЕМ ВІЙСЬКОВОЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ .....	90
В. П. Греков, А. А. П'янков, Ю. А. Ткаченко ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ПАРІВ БЕНЗИНУ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ .....	93
Д. А. Гриб, Г. С. Залевський, В. В. Лук'янчук, І. М. Ніколаєв АНАЛІЗ НАПРЯМІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА «БУК-М1» .....	97
Д. А. Гриб, В. В. Лук'янчук, І. М. Ніколаєв АНАЛІЗ МОЖЛИВИХ ШЛЯХІВ ТЕХНІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ ФОРМУВАНЬ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ СУЧАСНИМИ КОМПЛЕКСАМИ (СИСТЕМАМИ) ЗЕНІТНОГО РАКЕТНОГО ОЗБРОЄННЯ.....	100
О. В. Грушко, О. В. Гуцалюк, Г. А. Лічман КАРТА МАТЕРІАЛУ СТВОЛА (СТАЛЬ 38Х2МЮА) .....	103

О. М. Гурін МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РАЙОНУ РОЗТАШУВАННЯ ОРГАНІВ ТИЛУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ПЕРЕВЕЗЕННЯ МАТЕРІАЛЬНИХ ЗАСОБІВ ВІЙСЬКОВИМ ЧАСТИНАМ У ЗОНІ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ ПОВІТРЯНОГО КОМАНДУВАННЯ ПС ЗС УКРАЇНИ.....	108
С. Г. Денисюк, В. О. Корнієнко АДАПТАЦІЯ ЯК ПЕРЕДУМОВА САМОРЕАЛІЗАЦІЇ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ ДО УМОВ ЦИВІЛЬНОГО ЖИТТЯ.....	111
С. П. Дудко, О. М. Присяжний, А. Г. Снісаренко АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ БЕЗПЕКИ ЗАСТОСУВАННЯ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ.....	114
Ю. В. Дудукалов ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ КОМП'ЮТЕРНОГО ІНЖИНІРИНГУ.....	117
М. М. Єрмаков, М. Ю. Миронюк РОЛЬ ВОЄННО-НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ФОРМУВАННІ КОНЦЕПТУАЛЬНИХ ПРОЕКТІВ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗРАЗКІВ (КОМПЛЕКСІВ, СИСТЕМ) ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ.....	119
С. І. Задерієнко ВПЛИВ ДОСВІДУ БОЙОВИХ ДІЙ НА МІСТКІСТЬ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІСТЬ ЗАСОБІВ МЕДИЧНОЇ ЕВАКУАЦІЇ.....	122
В. Д. Залипка, І. Р. Вайда, М. П. Козлинський ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМІВ ЗАСТОСУВАННЯ МУЛЬТИПЛЕКСНИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ НА ВІЙСЬКОВІЙ АВТОМОБІЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ.....	125
С. М. Звиглянич, М. П. Ізюмський ОЦІНКА ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ.....	128
Р. В. Зінько, Л. В. Крайник, О. З. Горбай РОБОТИЗОВАНІ МОБІЛЬНІ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ РОЗМІНУВАННЯ.....	131
Є. Г. Іваник, Я. Ю. Коляно, О. В. Сікора ВИВЧЕННЯ ТЕРМОПРУЖНИХ ПРОЦЕСІВ В АНІЗОТРОПНИХ ЕЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦІЙ, ОБУМОВЛЕНИХ ДІЄЮ РУХОМИХ ЛОКАЛЬНО РОЗПОДІЛЕНИХ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ.....	135
А. В. Іванов, Д. В. Мукомел ЗАСТОСУВАННЯ РУХОМИХ АПАРАТНИХ ЗВ'ЯЗКУ ПІД ЧАС ВЗАЄМОДІЇ МІЖ СИЛАМИ ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ СЛУЖБИ ТА НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ У ХОДІ ПРОВЕДЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ ЗАХОДІВ ПО ПОШУКУ ОСОБЛИВО НЕБЕЗПЕЧНИХ ПРАВОПОРУШНИКІВ.....	138
О. В. Іванова, С. І. Корсун ПРОБЛЕМИ ПСИХОЛОГІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ НГУ ДО ЗАСТОСУВАННЯ ЗБРОЇ.....	141
С. А. Івасюк, О. В. Холявік, М. В. Орлюк, В. І. Стеблюк ЧОТИРИВАЛКОВА ПРОКАТНА КЛІТЬ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ ПОЛІГОНАЛЬНОГО ПРОФІЛЮ СТОЛІВ ШТУРМОВИХ І СНАЙПЕРСЬКИХ ГВИНТІВОК ТА РЕЗУЛЬТАТИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПРОФІЛЮВАННЯ ПРОКАТУВАННЯМ.....	143

П. І. Казан ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РУХОМИХ ЗАСОБІВ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНОЇ І БРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ .....	147
Р. О. Кайдалов, О. В. Літвінов ОЦІНКА ВПЛИВУ АЕРОДИНАМІЧНОГО СУПРОТИВУ НА ПОКАЗНИКИ ДИНАМІЧНОСТІ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ КОЛІСНОЇ ТЕХНІКИ.....	150
А. А. Кашканов, А. А. Кашканова ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ АВТОТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ПІДРОЗДІЛІВ В УМОВАХ НЕЧІТКО ВИЗНАЧЕНИХ ОЧІКУВАНЬ ЗАМОВНИКІВ .....	153
І. В. Клименко ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ПСИХОЛОГІЧНОЇ РЕАБІЛІТАЦІЇ УЧАСНИКІВ АНТИТЕРОРИСТИЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ.....	156
І. М. Ключніков, А. А. Шалигін, Р. М. Джус ВИКОРИСТАННЯ СТАНДАРТІВ НАТО ПРИ ОБҐРУНТУВАННІ ВИМОГ ДО БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ .....	160
Л. Г. Козлов, О. М. Мироненко УДАРНИЙ ВИПРОБУВАЛЬНИЙ СТЕНД.....	163
О. В. Коломійцев, О. В. Кулешов, С. І. Клівець, В. В. Посохов ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРІВ В СИСТЕМАХ АТМОСФЕРНОГО ОПТИЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ .....	166
О. В. Коломійцев, Г. А. Левагін, М. Г. Іванець ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ НАДШИРОКОСМУГОВИХ СИГНАЛІВ ПРИ СТВОРЕННІ ЗАСОБІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО УРАЖЕННЯ СТАНЦІЙ РАДІОРЕЛЕЙНИХ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ .....	170
А. В. Кондратьєв, Т. П. Набокiна НАУКОВИЙ СУПРОВІД РОЗРОБКИ ЕФЕКТИВНИХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ АГРЕГАТІВ РАКЕТНОГО І СТРІЛЕЦЬКОГО ОЗБРОЄННЯ.....	173
А. В. Кондратьєв, А. Ю. Пащук ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫДВИЖНЫХ И ПЕРЕДВИЖНЫХ ДЕСТАБИЛИЗАТОРОВ НА МАНЕВРЕННОСТЬ РАКЕТ КЛАССА «ВОЗДУХ-ВОЗДУХ».....	176
Ю. Г. Корнійчук СУЧАСНІ НАУКОВІ ПІДХОДИ ДО ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ ГОТОВНОСТІ МАЙБУТНІХ ОФІЦЕРІВ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ ВИХОВНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У СЕРЕДОВИЩІ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ .....	179
Р. М. Коцюруба СОЦІАЛЬНО-ПСИХОЛОГІЧНА РЕАБІЛІТАЦІЯ УЧАСНИКІВ АНТИТЕРОРИСТИЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ .....	183
Л. В. Крайник, М. Г. Грубель, Я. М. Мазурик МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ПРОХІДНОСТІ ПОВНОПРИВІДНИХ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ БЕЗДОРІЖЖЯ.....	188
О. О. Кузнецов, Ю. А. Процанін ВЕНТИЛЬНИЙ РЕАКТИВНИЙ ДВИГУН ДЛЯ БЕЗРЕДУКТОРНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ МЕХАНІЗМУ НАВЕДЕННЯ АНТЕНИ РЛС .....	191
О. Б. Куренко, С. М. Новічонок, О. А. Усачова ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЕРСПЕКТИВНИХ ЗАСОБІВ РУХОМОСТІ АЕРОДРОМНО-ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ .....	195

Б. М. Ланецький, І. В. Коваль, І. М. Терехуха, В. В. Лук'янчук, С. В. Селезньов МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ СТАНУ ПАРКУ ЗЕНІТНИХ КЕРОВАНИХ РАКЕТ СЕРЕДНЬОЇ ДАЛЬНОСТІ ДЛЯ РОЗРОБКИ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ НА ПРОДОВЖЕННЯ ЇХ ПРИЗНАЧЕНИХ ПОКАЗНИКІВ .....	198
В. Р. Любчик, А. В. Клепіковський, В. О. Ковальов, Ю. О. Бабій ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АДАПТИВНИХ АЛГОРИТМІВ ТРЕКІНГУ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ В СИСТЕМАХ ОПТИКО-ТЕЛЕВІЗІЙНОГО НАВЕДЕННЯ .....	201
Б. А. Ляшенко, В. І. Мірненко ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ .....	204
С. А. Манжура, Д. С. Баулін, С. А. Горелишев ВИБІР МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАСОБІВ БРОНЕЗАХИСТУ .....	207
Ю. В. Мирончук ПРО ВИБІР ЗАВДАНЬ ДЛЯ НАЗЕМНИХ МОБІЛЬНИХ РОБОТОТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ .....	210
Ю. І. Міхеєв АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ ДРУКОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ ПСИХОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ .....	213
Ю. А. Монастирський, І. В. Бондар СПЕЦІАЛЬНІ МАШИНИ ВИРОБНИЦТВА ХОЛДИНГУ БЕЛАЗ .....	215
М. С. Мошковський, С. Я. Мосійчук, С. П. Колоша, В. В. Заєць ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ЖИВУЧОСТІ АРСЕНАЛІВ, БАЗ ТА СКЛАДІВ РАКЕТ І БОЄПРИПАСІВ .....	217
М. С. Мошковський, С. Я. Мосійчук, С. П. Колоша, В. В. Заєць, Н. К. Багдасарян АНАЛІЗ СТАНУ ЖИВУЧОСТІ АРСЕНАЛІВ, БАЗ ТА СКЛАДІВ ЗБЕРІГАННЯ РАКЕТ І БОЄПРИПАСІВ ЯК СКЛАДНОЇ ТЕХНІЧНОЇ СИСТЕМИ .....	222
В. Й. Нагачевський, Р. А. Нанівський, Г. О. Семів, О. М. Дутко РОЗВИТОК МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В СИСТЕМІ ЛОГІСТИКИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ .....	228
О. А. Нагорнюк, М. В. Бугайов СИСТЕМА ТАКТИЧНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ НА ОСНОВІ МОДУЛІВ ДОППЛЕРІВСЬКИХ РАДАРІВ .....	231
О. В. Нікіфоров, Р. М. Джус, А. Г. Єрилкін ВИМОГИ ДО АВТОМАТИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ДОВІДКОВОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОРГАНІВ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ У ПОВІТРЯНИХ СИЛАХ ЗС УКРАЇНИ .....	234
В. А. Огородников ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РАСЧЕТНАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В МЕХАНИКЕ ДЕФОРМИРУЕМЫХ ТВЕРДЫХ ТЕЛ.....	237
Д. Л. Парашук, Ф. П. Макогонюк, Р. А. Момот ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ОКРЕМОГО ІНЖЕНЕРНОГО БАТАЛЬЙОНУ ТИМЧАСОВИХ СИЛ ООН У ПІВДЕННОМУ ЛІВАНІ.....	241

М. А. Подригало, Р. О. Кайдалов ОЦІНКА ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ Й ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ВІЙСЬКОВОЇ КОЛІСНОЇ ТЕХНІКИ З БЕЗСТУПІНЧАСТОЮ АВТОМАТИЧНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ.....	245
А. П. Поляков, В. В. Варчук, О. П. Терещенко, А. Ю.Ворончук АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ МАШИН СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ .....	251
Є. В. Прокопенко, Д. А. Мул ФОРМУВАННЯ ПОЛІТИКИ БЕЗПЕКИ ПРИ ПЛАНУВАННІ ОПЕРАТИВНО-СЛУЖБОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДРОЗДІЛІВ ДЕРЖПРИКОРДОНСЛУЖБИ .....	255
В. В. Равлюк, О. А. Ваврічен ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ІД-КАРТ В СЛУЖБОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ .....	258
О. М. Рудковський, І. З. Салата ПЕРСПЕКТИВИ ПІДВИЩЕННЯ ЗАХИСТУ ЛЕГКОБРОНЬОВАНОЇ ТЕХНІКИ .....	261
О. М. Рудковський, А. Д. Черненко РОЗВИТОК БОЙОВОГО ЕКІПРУВАННЯ СОЛДАТА ЯК ЄДИНОГО КОМПЛЕКТУ ЗАХИСТУ .....	264
О. М. Рудковський, А. Д. Черненко РОЗВИТОК ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ БОЙОВИХ ШОЛОМІВ ДЛЯ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК .....	267
Л. М. Сакович, П. Л. Аркушенко, О. В. Ходич ПІДХІД ЩОДО ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ В АПАРАТНИХ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ .....	270
В. П. Сахно, В. М. Поляков, С. М. Шарай, І. С. Мурований ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ ГІБРИДНОГО АВТОПОЇЗДА .....	273
С. М. Севостьянов, В. В. Варчук ИЗУЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ ПЛАВАЮЩЕГО АВТОМОБИЛЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА .....	276
Ю. Ф. Сергеев, Ю. М. Черніченко, О. Є. Забула ПРОБЛЕМИ СТРІЧКОВОЇ ПОДАЧІ В СТРІЛЕЦЬКІЙ ЗБРОЇ ТА ЗАСОБАХ БЛИЖНЬОГО БОЮ (ЗББ) .....	279
С. Г. Седов СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ СЕРТИФІКАЦІЇ ВОЄННОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	282
О. П. Сітовський, В. М. Дембіцький ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ РУШІВ НА ВІЙСЬКОВІЙ АВТОМОБІЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ.....	285
А. В. Слободянюк НАЦІОНАЛЬНА ТА ПАТРІОТИЧНА ІДЕНТИЧНІСТЬ УКРАЇНСЬКОЇ МОЛОДІ.....	288
В. В. Сокурєнко ПСИХОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕМОЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ПОЛІЦЕЙСЬКИХ ПРИ ВИВЧЕННІ ВОГНЕВОЇ ПІДГОТОВКИ.....	291



О. В. Стаховський, І. В. Баркатов, С. А. Бабак МОЖЛИВОСТІ 3D-ПАНОРАМ І 3D-ТУРІВ ДЛЯ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ .....	294
В. И. Стеблюк, Ю. Г. Розов РАСЧЁТ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СТВОЛОВ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ.....	297
П. М. Стещенко УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА ВИБОРУ РОЗВІДУВАЛЬНИХ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ.....	300
С. М. Табенський, А. О. Бабарика ВИКОРИСТАННЯ ПЕРСОНАЛЬНИХ GPS-НАВІГАТОРІВ В ЗОНІ ПРОВЕДЕННЯ АНТИТЕРОРИСТИЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ: ПЕРЕВАГИ ТА ЗАГРОЗИ .....	303
О. П. Терещенко, А. П. Поляков, В. В. Варчук АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА СТАН МАШИН СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ .....	306
Н. Федешин, В. Чигінь СИСТЕМА ВІЯВЛЕННЯ І СУПРОВОДЖЕННЯ ЛІТАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗВУКОВОЇ І ФОТОАПАРАТУРИ .....	309
Ю. О. Фтемов, Д. А. Окіпняк, А. С. Окіпняк, В. М. Малюк ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ РОЗВІДКИ ТА ПОДОЛАННЯ МІННО-ВИБУХОВИХ ЗАГОРОДЖЕНЬ.....	312
Р. П. Хоптинський ФОРМУВАННЯ ПІДХОДІВ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ ДЕРЖАВНОЇ ПРИКОРДОННОЇ СЛУЖБИ УКРАЇНИ.....	315
В. Г. Худов МЕТОД СЕГМЕНТУВАННЯ ОПТИКО- ЕЛЕКТРОННИХ ЗОБРАЖЕНЬ, ЩО ОТРИМАНІ З БОРТОВИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ .....	318
Г. В. Худов, В. М. Ліщенко ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО СТВОРЕННЯ СКРИТОГО МАЛОВИСОТНОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО ПОЛЯ В УМОВАХ ВЕДЕННЯ СУЧАСНИХ МЕРЕЖЕЦЕНТРИЧНИХ ТА ГІБРИДНИХ ВІЙН .....	321
М. Г. Чаусов, П. О. Марущак, А. П. Пилипенко, К. Г. Лопатько, Ю. А. Герасимчук МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИСОКОМІЦНИХ ЛИСТОВИХ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ.....	324
Р. Е. Черняк, В. В. Драгобецкий. С. В. Дунь, Е. А. Наумова, А. А. Шаповал, С. В. Шлык ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	327
І. І. Чесановський, Д. О. Левчунець ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ УЗГОДЖЕНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ СИНАЛІВ В НЕКОГЕРЕНТНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ.....	331
Ю. В. Шабатура, М. В. Баландін КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ, ЩО РОЗСІЮЄТЬСЯ ПІД ЧАС ПОСТРІЛУ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ ГАРМАТИ .....	335

Ю. В. Шабатура, А. С. Міщенко ІНТЕГРОВАНА В АВТОМАТИЗОВАНУ СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ ВОГНЕМ НАЗЕМНОЇ АРТИЛЕРІЇ ПІДСИСТЕМА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ АРТИЛЕРІЙСЬКИХ ЗАРЯДІВ .....	339
Д. В. Швець, А. Ф. Бальва, І. С. Луценко ПОЛІЦЕЙСЬКІ ПІСТОЛЕТИ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ТЕХНІЧНОГО УДОСКОНАЛЕННЯ .....	343
О. О. Швець, А. М. Каршень, Ю. В. Білик АНАЛІЗ ПРОБЛЕМНИХ ПИТАНЬ І ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ІНЖЕНЕРНИХ ВІЙСЬК .....	347
С. Є. Шейкін, О. П. Натаров, С. Ф. Студенець, В. В. Мельниченко, Я. В. Мельниченко, Д. В. Єфросінін ФОРМОУТВОРЕННЯ КАНАЛУ СТВОЛА ДЕФОРМУЮЧИМ ПРОТЯГУВАННЯМ .....	350
О. П. Шиліна, К. В. Бучковський, С. Д. Кліменко ФОРМУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОБОЧОГО НАПЛАВЛЕНОГО ШАРУ ВАЛА РЕДУКТОРА ТАНКУ Т-62 В ПРОЦЕСІ МОДИФІКАЦІЇ ПОВЕРХНІ.....	353
О. П. Шиліна, М. П. Сідлак, П. В. Левандовський ВПЛИВ ВАНАДІЮ НА ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ВАЛІВ МАШИН ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ.....	356
О. М. Шинкарук, І. І. Чесановський, В. А. Собченко ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ФОРМУВАННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МОБІЛЬНИХ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ .....	359
Ю. Н. Убайдуллаєв ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕБІГУ НЕСТИСЛОВОЇ ГАЗОВОЇ СУМІШІ В СИСТЕМАХ ГЕРМЕТИЗАЦІЇ ТА ВЕНТИЛЯЦІЇ ФОРТИФІКАЦІЙНИХ СПОРУД ПРИ ВЕЛИКИХ ПРИВЕДЕНИХ ШВИДКОСТЯХ .....	363
Ю. Н. Убайдуллаєв, Ю. В. Ольшевський ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ КОНЦЕНТРАЦІЇ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ГОРЮЧИХ І ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН У СПЕЦІАЛЬНИХ ОБ'ЄКТАХ ТА ФОРТИФІКАЦІЙНИХ СПОРУДАХ.....	367
M. Hrubel, A. Andriienko, R. Naniivskyi ANALYSIS OF THE WAYS OF DEVELOPMENT AND USE OF THE SPECIAL STRIKE CARS IN CURRENT ARMED CONFLICTS .....	371
B. Seredyuk, O. Dveriy THE PROSPECTS OF USING OF InSe TYPE MAGNETORESISTIVE SEMICONDUCTOR MATERIALS AIMED AT THE CREATION OF MAGNETIC FIELD SENSORS .....	374
B. Sokil, A. Zvonko, R. Naniivskyi INFLUENCE OF POWER CHARACTERISTICS OF MODERNIZED CLUTCH SYSTEM OF THE TRAILER WITH SEMITRAILER ON THE DYNAMICS AND STABILITY OF SEMITRAILER.....	377

Д. В. Абрамов<sup>1</sup>

## ВИЗНАЧЕННЯ ІНДЕКСУ ДИНАМІЧНОСТІ ПРИ РОЗГОНІ БРОНЬОВАНОГО АВТОМОБІЛЯ ПІД КЕРУВАННЯМ ВОДІЇВ З РІЗНОЮ КВАЛІФІКАЦІЄЮ

<sup>1</sup>Харківський національний університет Повітряних Сил  
імені Івана Кожедуба

### Анотація

В дослідженні визначені індивідуальні індекси динамічності при розгоні броньованого автомобіля КрАЗ «Шрек» під керуванням водіїв з різною кваліфікацією. Це дозволило кількісно оцінити ступінь реалізації наявних динамічних властивостей автомобіля та оцінити майстерність водіїв

**Ключові слова:** бронеавтомобіль, водій, інтенсивний розгін, швидкість, прискорення, індивідуальний індекс динамічності

### Abstract

Individual dynamic indices during acceleration armored vehicle KrAZ "Shrek" under the control of drivers with different qualification are identified in the research. It is allowed quantify the degree of realization available dynamic properties of the car and estimate the skills of drivers

**Keywords:** armored vehicle, driver, an intense acceleration, velocity, individual dynamic index

Основна функція броньованих автомобілів – це перевезення особового складу або вантажів та супроводження інших транспортних засобів при русі у складі колон. В ході виконання завдань за призначенням, броньовані автомобілі можуть потрапляти у зони обстрілу ворогом, у засідки. Щоб максимально швидко покинути небезпечні ділянки маршруту, броньований автомобіль повинен мати високі динамічні властивості, а кваліфікація водія повинна дозволяти їх реалізовувати.

Ступінь реалізації водієм наявних динамічних можливостей автомобілів кількісно можливо оцінити за індивідуальним індексом динамічності та інтегральним відносним індивідуальним індексом динамічності.

Індивідуальний індекс динамічності при русі зі швидкістю  $V_{ai}$  визначається за формулою [1]

$$q_i = \frac{\dot{V}_{ai \max}}{\dot{V}_{aN \max}}, \quad (1)$$

де  $\dot{V}_{ai\max}$  – максимальне прискорення автомобіля під керуванням конкретного водія;  $\dot{V}_{aN\max}$  – максимальне можливе прискорення автомобіля, обумовлене потужністю його двигуна.

Інтегральний відносний індивідуальний індекс динамічності визначають як відношення площі під графіком залежності індивідуального індексу динамічності від швидкості руху автомобіля на інтервалі між мінімальною  $V_{\text{amin}}$  і максимальною  $V_{\text{amax}}$  швидкостями [1].

В процесі експериментального дослідження броньований автомобіль КрАЗ «Шрек» під керуванням водіїв з різним рівнем кваліфікації (рис. 1) на горизонтальній ділянці дороги здійснював інтенсивний розгін з місця до швидкості 17 м/с. Під час заїздів за допомогою відповідного реєстраційно-вимірювального комплексу на базі трикоординатних датчиків прискорення [2] фіксувалися поздовжні лінійні швидкість руху та прискорення. На рис. 2 і в таблиці 1 представлені результати проведеного дослідження.

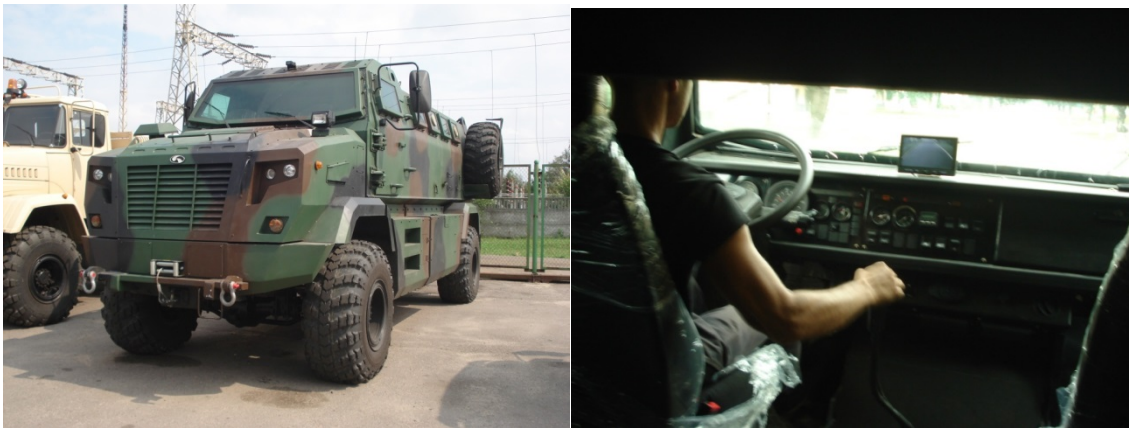


Рисунок 1 – Броньований автомобіль КрАЗ «Шрек» під час випробувань

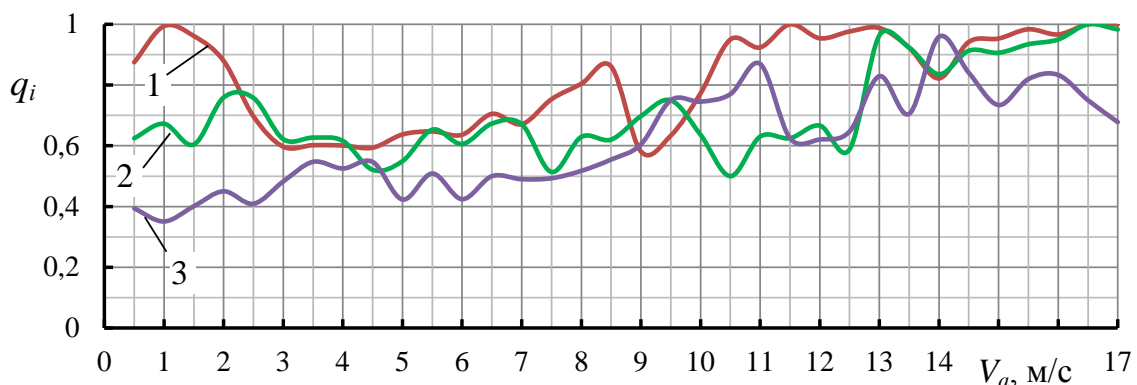


Рисунок 2 – Графіки зміни індивідуального індексу динамічності водія від швидкості руху броньованого автомобіля КрАЗ «Шрек» при інтенсивному розгоні на горизонтальній ділянці дороги:

- 1 – під керуванням 1-го водія; 2 – під керуванням 2-го водія;
- 3 – під керуванням 3-го водія

Індивідуальний індекс динамічності був близький до  $q_i=1$  у першого водія при керуванні броньованим автомобілем КрАЗ «Шрек» в діапазоні швидкостей руху  $V_a = 10,5 \dots 13,5$  м/с. Найменші значення індивідуального індексу динамічності  $q_i=0,4$  показав 3-й водій в інтервалі швидкостей руху броньованого автомобіля  $V_a = 0 \dots 3$  м/с.

Таблиця 1 – Значення інтегрального відносного індивідуального індексу динамічності на відповідному інтервалі швидкості руху броньованого автомобіля КрАЗ «Шрек»

Інтервал швидкості руху $V_a$ , м/с	Інтегральний відносний індивідуальний індекс динамічності		
	Водій 1	Водій 2	Водій 3
1-17	0,817	0,71	0,614

Таким чином, індивідуальний та інтегральний відносний індекси динамічності дозволяють порівнювати індивідуальні результати водіїв броньованих автомобілів між собою та з теоретичним максимальним рівнем. Виявлений недостатній рівень кваліфікації водіїв можливо підвищити шляхом вдосконалення їх майстерності тренуваннями з паралельним моніторингом їх результатів за запропонованою методикою.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамов Д. В. Экспериментальный метод оценки индивидуальных особенностей управления автомобилем водителями при разгоне / Д. В. Абрамов // Технология приборостроения. Научно-технический журнал – 2015. – №1. – С. 31-34.

2. Пат. 51031 Україна, МПК G 01 P 3/00. G 01 P 15/00. Система для визначення параметрів руху автотранспортних засобів при динамічних (кваліметричних) випробуваннях / Подригало М. А., Коробко А. І., Клец Д. М., Файст В. Л.; заявник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u 2010 01136; заявл. 04.02.10; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.

**Абрамов Дмитрій Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент, науковий співробітник наукового центру Повітряних Сил, Харківський національний університет Повітряних Сил імені І. Кожедуба, м. Харків, e-mail: Varan\_mail@ukr.net.

**Abramov Dmitry**, Ph. D., associate professor, fellow of Air Force research center, Kharkiv National Air Force University named after I. Kozhedub, Kharkiv, e-mail: Varan\_mail@ukr.net

## ВЫДАВЛИВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ С БОКОВЫМИ ОТРОСТКАМИ

<sup>1</sup>Донбасская государственная машиностроительная академия

### Анотація

Розглянуто формозміну і кінематичні варіанти в процесі бічного видавлювання методом скінчених елементів з використанням програмного продукту DEFORM 3D. На основі результатів моделювання побудовано графіки залежності зусилля видавлювання від ходу процесу для різних кінематичних варіантів

**Ключові слова:** бічне видавлювання; кінематика; формозміна

### Abstract

Shape of deformation and variants of kinematic in the lateral extrusion process with finite element method by DEFORM 3D are considered. Based on simulation results, diagrams of process force from punch displacement for different kinematic variant are drawn

**Keywords:** lateral extrusion; kinematics; deformation

В настоящее время на многих предприятиях выпускается большое количество сложнопрофилированных стержневых деталей с отростками и с фланцем. Поперечное (боковое) выдавливание является эффективным и конкурентоспособным методом изготовления сплошных асимметричных деталей с боковыми отростками разной конфигурации и сечения. В работе представлены кинематические варианты процесса бокового выдавливания отростка (рис. 1) и график зависимости усилия выдавливания от хода инструмента (рис. 2) [1, 2].

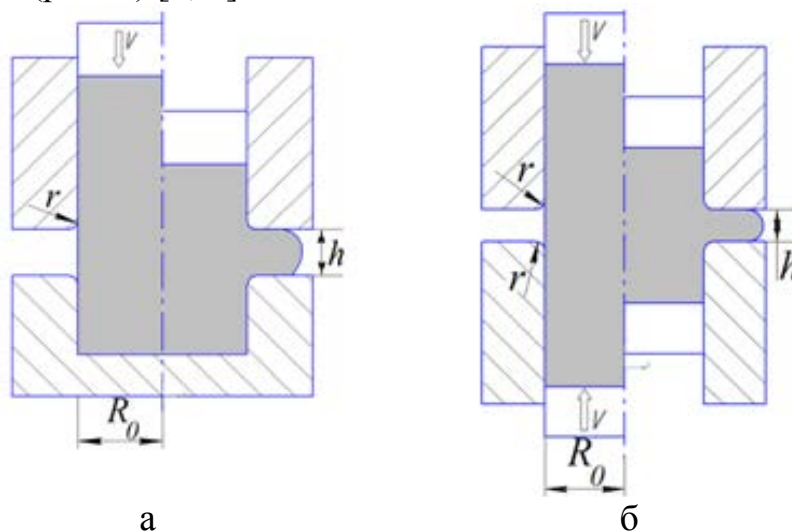


Рисунок 1 – Схемы выдавливания боковых отростков с односторонней (а), и двусторонней (б) подачей

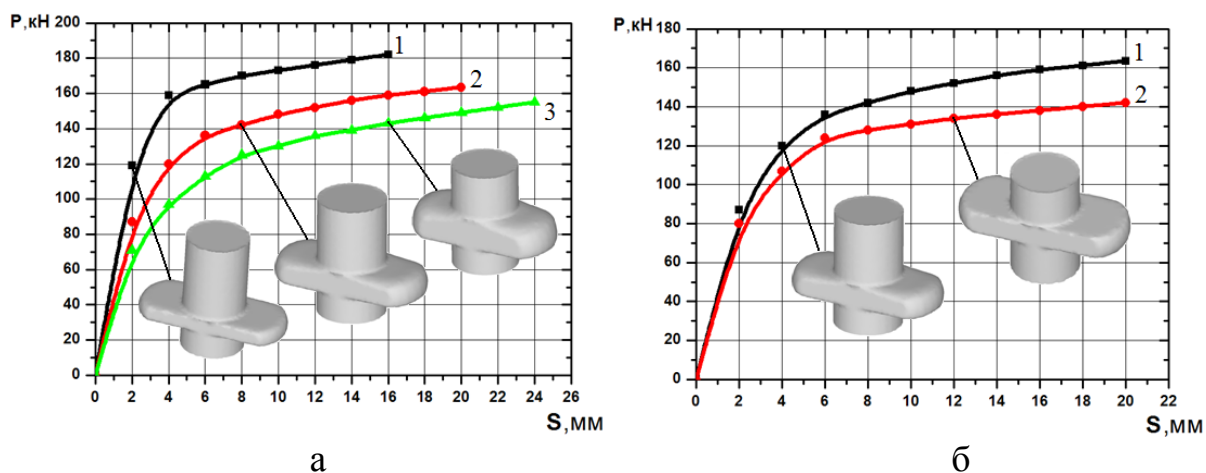


Рисунок 2 – График зависимости усилия выдавливания при односторонней подачей (а), (1 –  $h/R_0=0,5$ ; 2 –  $h/R_0=0,75$ ; 3 –  $h/R_0=1,0$ ), и сравнение усилия выдавливания с односторонней (1) и двусторонней (2) подачами при  $h/R_0=0,75$  (б) от хода инструмента,  $r=1$  мм

Из рисунка 2-а видно, что при односторонней подачи при увеличении относительной высоты фланца ( $h/R_0$ ) от 0,5 до 1,0 наблюдается снижение усилия выдавливания из-за уменьшения степени деформации металла, а также из-за увеличения зоны контакта заготовки (очаг деформации) с полостью матрицы. Сравнение усилия выдавливания с односторонней и двусторонней подачами при  $h/R_0=0,75$  (рис. 2-б) показало, что при двусторонней подачей требует меньшее усилие, в среднем на 10-25%, чем при выдавливании с односторонней подачей. Это преимущество в облегчении силового режима является следствием уменьшения неравномерности деформации и сокращения поверхности контакта инструмента и заготовки.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев И. С. Моделирование формоизменения в процессе бокового выдавливания / И. С. Алиев, О. А. Жукова, П. Б. Абхари, // Секція «Машинобудування». Підсекція «Механіка пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів». – Київ: НТТУ «КПІ», 2014. – С. 64–66.

2. Исследование энергосиловых параметров в процессе бокового выдавливания в разъемных матрицах / И. С. Алиев, П. Б. Абхари, А. А. Еремина, В. Т. Лебедь // Обработка материалов давлением : сборник научных трудов. – Краматорск : ДГМА, 2015. – № 1 (40). – С. 13–17.

**Абхари Пейман Бахменович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри ОМТ, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, e-mail: payharies@gmail.com

**Payman Abhari**, Ph. D., associate professor, associate professor of MF department, Donbass state engineering academy, Kramatorsk, e-mail: payharies@gmail.com

Ю. І. Адамов<sup>1</sup>  
О. Ф. Дяченко<sup>2</sup>  
В. В. Завальнюк<sup>1</sup>

## ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИСОТОМІРУ З МЕТОЮ УДОСКОНАЛЕННЯ ПАРАШУТНО-РЕАКТИВНОЇ СИСТЕМИ

<sup>1</sup>Військова академія, м. Одеса

<sup>2</sup>Одеська державна академія технічного регулювання та якості

### Анотація

Представлено потенційну заміну традиційного механічного висотоміру-щупа, який застосовується при десантуванні важкої техніки, радіовисотоміром на базі радіолокаційної системи ближнього діапазону

**Ключові слова:** парашутно-реактивна система (ПРС), радіолокаційна система, термінальна швидкість зниження, атмосферний тиск

### Abstract

This article proposes the possible replacement of the traditional mechanical altimeter in vehicle airdrop operations by radio altimeter on the basis of short-range radar system

**Keywords:** altimeter, radar system, terminal velocity, atmospheric pressure

Десантування важкої техніки та вантажів з літаків пов'язано з необхідністю доставки її у район застосування за призначенням у найкоротші терміни. На сьогодні найбільшу швидкість, надійність та точність приземлення техніки, яка десантується, забезпечують парашутно-реактивні системи (ПРС). Для своєчасного запалення порохового заряду реактивного двигуна парашутно-реактивної системи особливо важливим є питання визначення та установки необхідної довжини її щупів.

Існуючий варіант десантної системи комплектується (зазвичай) двома щупами, що ініціюють запуск гальмівної системи у момент механічного контакту щупа з поверхнею землі (або іншою перешкодою). Довжина щупів виставляється перед десантуванням з урахуванням як маси бойової машини, так і температурних умов – температур атмосферного повітря та пороху реактивної гальмівної системи. Основними недоліками цієї системи є неможливість точного визначення температури повітря в момент десантування, неможливість врахування наявності та потужності висхідних потоків повітря, висока ймовірність похибки у визначенні повної маси бойової машини перед десантуванням та інші, в тому числі й необхідність заміни щупів після десантування.



Актуальність питання розвитку засобів десантування спеціальної техніки і вантажів, спонукає до продовження роботи у цьому напрямку з метою підвищення надійності, точності та безпечності десантування.

Вимоги до потенційної заміни існуючих механічних висотомірів, немеханічним принципом дії є доволі жорсткими: висотомір повинен забезпечувати високу точність визначення висоти над землею та швидкості зниження, бути стійким до наявності туману та задимлення, забезпечувати високу швидкість роботи, достатню для точного ввімкнення гальмівної системи.

Швидкість зниження є одним з основних параметрів, що визначає оптимальну висоту ввімкнення реактивної гальмівної системи.

Для досягнення вертикальної швидкості приземлення у встановленому нормами діапазоні 0-5 м/с далекомір повинен забезпечувати високу частоту вимірювання висоти та швидкості зниження – не менш ніж 50-100 Гц у разі відсутності додаткового програмного забезпечення, що проводитиме інтерполяцію отриманих даних. Похибка у вимірюванні висоти повинна становити  $< 1$  м, а похибка у визначенні швидкості –  $< 0.5$  м/с (звісно, вказані значення є наближеними та сильно залежать одне від іншого, а також від припустимих помилок у визначенні маси машини та динаміки згоряння порохового заряду реактивної системи).

Швидкодіючий висотомір дозволяє не тільки визначати поточне положення бойової машини під час парашутного спуску, але й визначати миттєву швидкість зниження.

Таким чином, застосування дистанційного висотоміру під час зниження дозволяє, шляхом прямого вимірювання швидкості зниження, повністю позбавитись від одного з неявно визначених параметрів – температури атмосферного повітря (яка грає роль у визначенні швидкості зниження), а також частково нівелювати важливість іншого параметра – маси бойової машини, яка впливає як на значення швидкості зниження, так і на динаміку гальмування після ввімкнення реактивної системи. Похибки у визначенні польотної маси машини призводитимуть до значно менших похибок у визначенні оптимальної висоти початку гальмування, якщо швидкість зниження буде відома з прямих вимірювань.

Серед дистанційних висотомірів прилади радіохвильового діапазону є значно стійкішими до таких перешкод, як наявність туману, задимлення, дощові капелі та інших подібних атмосферних явищ. В залежності від обраного діапазону довжин хвиль, можуть ігнорувати листя і гілки дерев та інші дрібні перешкоди.

Можливість створення радіолокаційної системи, спроможної задовольнити даним вимогам, можна продемонструвати на прикладі Delphi Electronically Scanning Radar – фазованої радарної решітки міліметрового

діапазону (173x90x49 мм, 575 г), що застосовується в сучасних автомобілях з функцією автопілоту. Звісно, дана система була розроблена та налаштована для задач зовсім іншого типу, де важливими є не стільки швидкість роботи та точність вимірювання відстані, а відносно широке поле зору та спроможність знаходити та супроводжувати велику кількість об'єктів в ньому при відносно невеликій максимальній відстані роботи.

Наведена система характеризується частотою отримання даних у 20 Гц, максимальною дальністю роботи 174 м, точністю визначення відстані  $\pm 0.5$  м  $\pm 5\%$  в режимі великої дальності (до 174 м) та  $\pm 0.25$  м  $\pm 5\%$  в режимі середньої дальності (до 60 м). Точність вимірювання швидкості становить  $\pm 0.12$  м/с, а діапазон вимірювання швидкостей – від  $-100$  до  $+40$  м/с.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що доопрацювання даного (або подібного йому) приладу разом із застосуванням додаткового програмного забезпечення (як і застосування більш точних радарних систем, у разі їх доступності) приведе до значного поліпшення вказаних вище параметрів та дозволить істотно зменшити ймовірність жорсткого приземлення.

Ще раз зауважимо, що запропонована система повністю скасовує необхідність прогнозування стану атмосфери (її температури, тиску та швидкості вертикального руху повітря) та відчутно зменшує вплив помилок у визначенні польотної маси машини (останні перестають впливати на оцінку термінальної швидкості зниження, проте все ж мають вплив на реальне значення гальмівного прискорення).

**Адамов Юрій Іванович**, старший науковий співробітник, Військова академія, м. Одеса, e-mail: Admov\_Urik@mail.ru

**Дяченко Олександр Феодосович**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Одеська державна академія технічного регулювання та якості, e-mail: daf60@uk.net

**Завальнюк Володимир Володимирович**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Військова академія, м. Одеса

*Adamov Yuriy*, senior researcher, Odesa Military Academy.

*Diachenko Oleksandr*, Ph. D., senior researcher, Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality.

*Zavalniuk Volodymyr*, Ph. D., assistant professor, Odesa Military Academy.

И. С. Алиев<sup>1</sup>  
Д. А. Картамышев<sup>1</sup>  
Л. В. Таган<sup>1</sup>

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ ШТАМПОВКИ КОНИЧЕСКИХ ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ

<sup>1</sup>Донбасская государственная машиностроительная академия

### Анотація

Проведено порівняння існуючих методів видавлювання порожнистих конічних деталей. Здійснено моделювання зворотного, комбінованого і прямого видавлювання з використанням програмного продукту DEFORM 3D. Розподіл інтенсивності деформації показав значні величини для частинь металу, що примикають до внутрішньої стінки чаші

**Ключові слова:** конічні деталі; комбіноване видавлювання; формозміна

### Abstract

Comparing the existing methods of extrusion hollow conical parts is performed. Simulation of backward, combined and direct extrusion with distribution is carried out by finite element software package De-Form 3D. The strain intensity distribution is showed significant elaborate metal adjacent to the inner wall of the cup

**Keywords:** conical parts; combined extrusion; deformation

Полюе конические детали (штуцеры, переходники, сопла, корпуса снарядов) получили широкое распространение в промышленности. Одним из методов получения высококачественных являются точная объемная штамповка (ТОШ). Традиционным способом ХОШ (характеризующееся установкой заготовки на верхнем торце противопуансона. Рассмотрены возможности процессов обратного (рис. 1а), комбинированного (рис. 1б) прямого с раздачей (рис. 1в) выдавливания [1].

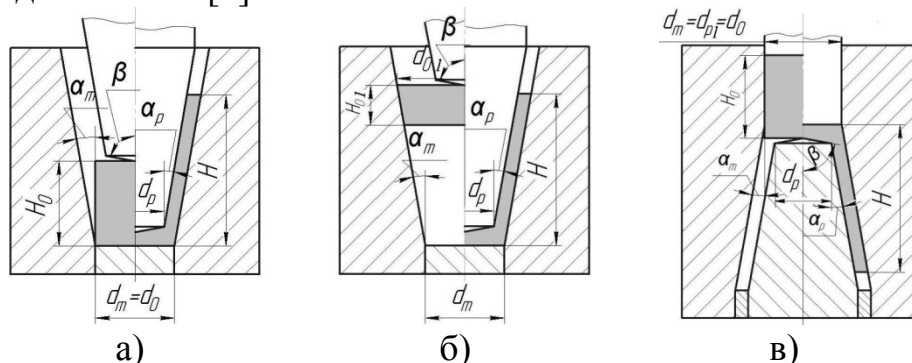


Рисунок 1 – Схемы выдавливания полый конической детали:  
а) обратное; б) комбинированное; в) прямое с раздачей

Моделювання процесів видавлювання полх коніческих деталей проводилося в програмному комплексі DeForm 3D. Проработку структури металла холодної пластическої деформацией по сеченню стенок и донної часті изделия оцінювали по розподіленню інтенсивності деформации  $\epsilon_1$ . (рис. 2).

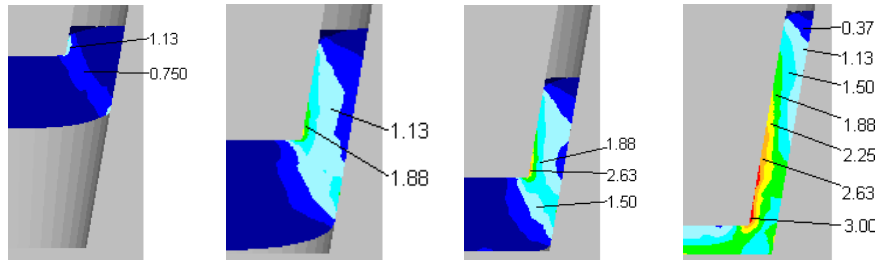


Рисунок 2 – Розподілення інтенсивності деформации  $\epsilon_1$  при комбінованому видавлюванні

При комбінованому видавлюванні проработка структури и деформування происходит більш рівномірно и с більшими сдвиговими компонентами, а силовий режим деформування и деформуємость заготовки мають благоприяний характер.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев И. С. Комбинированное выдавливание полых конических деталей из заготовок различной формы / И. С. Алиев, П. В. Гнездилов // Обработка материалов давлением : сборник научных трудов, Краматорск: ДГМА – 2015. – №2 (41). – С.162-165.

**Алієв Іграмотдін Серажутдінович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри ОМТ, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, e-mail: omd@dgma.donetsk.ua

**Картамішев Дмитро Олександрович**, аспірант кафедри ОМТ, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, e-mail: dima\_kartamyshev@ukr.net

**Таган Любов Вікторівна**, кандидат технічних наук, асистент кафедри ОМТ, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, e-mail: omd@dgma.donetsk.ua

**Aliiev Igramotdin**, Sc. D., professor, Head of MF Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, e-mail: omd@dgma.donetsk.ua

**Kartamyshev Dmytro**, graduate student of MF department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, e-mail: dima\_kartamyshev@ukr.net

**Tagan Lybov**, Ph. D., assistant of MF department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, e-mail: omd@dgma.donetsk.ua

Л. И. Алиева<sup>1</sup>  
Д. А. Картамышев<sup>1</sup>

## КОМБИНИРОВАННОЕ РАДИАЛЬНО-ПРЯМОЕ ВЫДАВЛИВАНИЕ ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ГИЛЬЗ

<sup>1</sup>Донбасская государственная машиностроительная академия

### Анотація

Розглянуто застосування процесу радіально-прямого видавлювання для виготовлення порожнистих деталей типу гільз з використанням програмного продукту DEFORM 3D. На основі результатів моделювання побудовано графіки залежності зусилля видавлювання від ходу процесу для різних кінематичних варіантів

**Ключові слова:** гільза; радіально-пряме видавлювання; формозміна

### Abstract

The application of the radial-forward extrusion for the manufacture of hollow parts such as cartridge case using software DEFORM 3D are considered. Based on simulation results, diagrams of process force from punch displacement for different kinematic variant are drawn

**Keywords:** cartridge case; kinematics; deformation

При изготовлении деталей ответственного назначения, например, гильз, пиростаканов и элементов стрелкового оружия применяют традиционные процессы листовой штамповки. При этом потери материала достигают 40 %. Поэтому перспективно применение прутковых заготовок с последующим выдавливанием для изготовления полых гильз [1].

Высокие удельные нагрузки являются ограничением процессов холодного выдавливания. Снизить нагрузки можно путем применения комбинированного радиально-прямого выдавливания (рис. 1). Так как исходная заготовка имеет меньший диаметр, чем штампуемая деталь, это требует меньших сил деформирования [2].

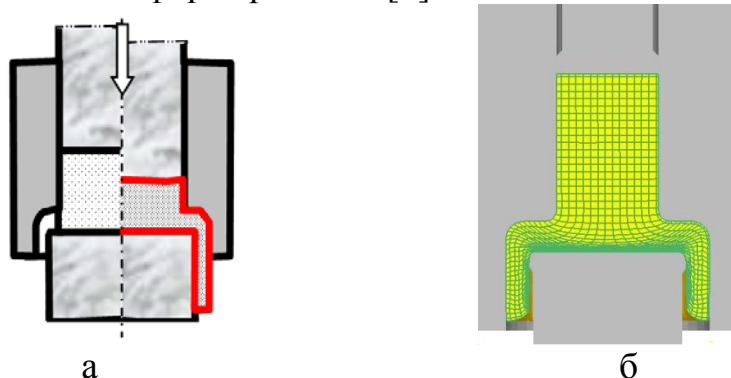


Рисунок 1 – Схема радиально-прямого выдавливания гильзы (а) и КЭ-модель процесса в комплексе DEFORM 3D (б)

Разноименная схема напряженного состояния при радиально-прямом выдавливании с раздчей металла способствует снижению гидростатического давления в очаге деформации и существенному (на 30-40 %) снижению нагрузок по сравнению с обратным или прямым выдавливанием полых деталей типа стакана и гильз.

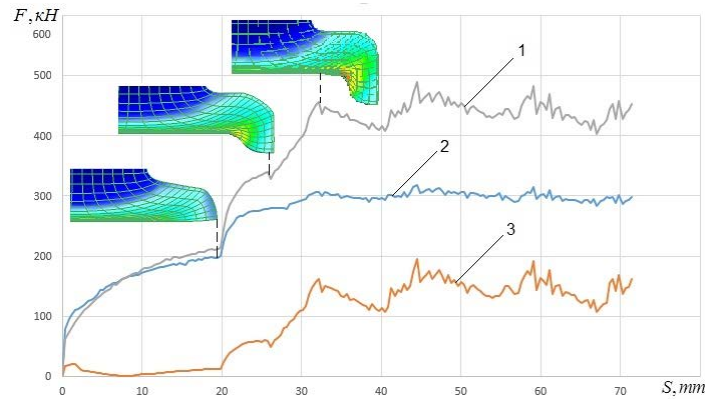


Рисунок 2 – Графики изменения силы выдавливания на контрпуансоне (1), матрице (2) и подвижном пуансоне (3)

На диаграмме «Путь-Сила» можно выделить три характерных этапа роста сил выдавливания на матрице, контрпуансоне и пуансоне: зона свободного радиального течения металла, зона разворота истечения металла в прямом направлении и зона стационарного течения с образованием очага деформации устойчивого объема (рис.2).

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н. П. Агеев [и др.] Справочник по технологии патронного производства: в 2 т. Т. 2 / СПб: Балт гос. техн. ун-т. 2011. – 345 с.
2. Алиева Л. И. Процессы комбинированного выдавливания и деформирования // ОМД. Краматорск: ДГМА. 2016. №1 (42). – С. 100-108.

*Алієва Лейла Ігнатівна*, докторант кафедри ОМТ, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, e-mail: omd@dgma.donetsk.ua.

*Картамішев Дмитро Олександрович*, аспірант кафедри ОМТ, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, e-mail: dima\_kartamyshev@ukr.net

*Aliieva Leila*, doktorant of MF Department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, e-mail: omd@dgma.donetsk.ua

*Kartamyshev Dmytro*, graduate student of MF department, Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, e-mail: dima\_kartamyshev@ukr.net

**М. В. Амброжевич<sup>1</sup>**  
**И. Ю. Долженко<sup>2</sup>**  
**В. А. Середа<sup>1</sup>**

## **ТЕХНОЛОГИЯ ОПЕРЕЖАЮЩИХ ЧИСЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ В СТВОЛЬНОМ И РАКЕТНОМ ВООРУЖЕНИИ**

<sup>1</sup>Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского  
«Харьковский авиационный институт»

<sup>2</sup>Государственное предприятие «Харьковское Конструкторское Бюро по  
Машиностроению им. А. А. Морозова»

### **Анотація**

Наведено технологію проектування, що є комплексним засобом забезпечення випереджаючих чисельних досліджень і базується на комплексно-спряжених моделях

**Ключові слова:** імпульсні теплові машини, чисельне моделювання, просторово-хвильові чинники

### **Abstract**

A design technology is described that is a complex means of providing advanced numerical studies and is based on complex conjugate models

**Keywords:** pulse heat machines, numerical simulation, space-wave effects

Обострение конкурентной борьбы на рынке современных систем вооружения и военной техники (ВВТ) вынуждает разработчиков внедрять качественно новые методы системного проектирования. При существующей системе финансирования разработки вооружений традиционные подходы к решению данной проблемы непродуктивны, а многовариантные этапы проектирования с помощью экспериментальной доводки натуральных образцов экономически неприемлемы. Единственным возможным выходом из сложившейся ситуации является радикальная перестройка программ НИОКР за счет широкого внедрения опережающих расчетных исследований.

Известные разработчики виртуальных технологий проектирования либо крайне ограничены в возможностях (например, Flow Works), либо доступны для пользователя в режиме настроек и узкоспециализированных вставок с использованием API- или UDF-функций (например, ANSYS Fluent). Само же математическое ядро приложения остается для пользователя «черным ящиком» и поэтому не позволяет делать однозначное заключение о применимости пакета к специфическому виду решаемых задач. Поэтому развитие ВВТ в некоторой степени

сдерживается возможностями «чужих» программ, а значит проблема разработки собственных, обладающих с широкими возможностями, является крайне актуальной.

Создана технология опережающих численных исследований траекторных процессов летательных аппаратов (например, рис. 1), рабочих процессов в тепловых двигателях, импульсных расширительных машинах и программный продукт для ее машинной реализации. Во-первых, технология включает в себя авторский пакет программ для генерации сеточного представления 3D поверхностей и тел [1], реализованный на языке Visual Basic 6.0. Пакет позволяет генерировать следующие виды масок: телесные гексаэдральные, поверхностные непроницаемые, частично проницаемые, осредненных нормалей. Во-вторых, в технологию входит математический аппарат и алгоритм его программной реализации для комплексного моделирования пространственно-неоднородных и нестационарных процессов в импульсных тепловых расширительных машинах [2]. Аппарат реализован на языке программирования Visual Fortran 6 и позволяет моделировать подвижность внутренних границ расчетной области, горение жидкого углеводородного или твердого топлива. В-третьих, разработаны средства визуализации численного эксперимента, обеспечивающего синхронное отображение моделируемого объекта в виде многофакторного виртуального образа [3].

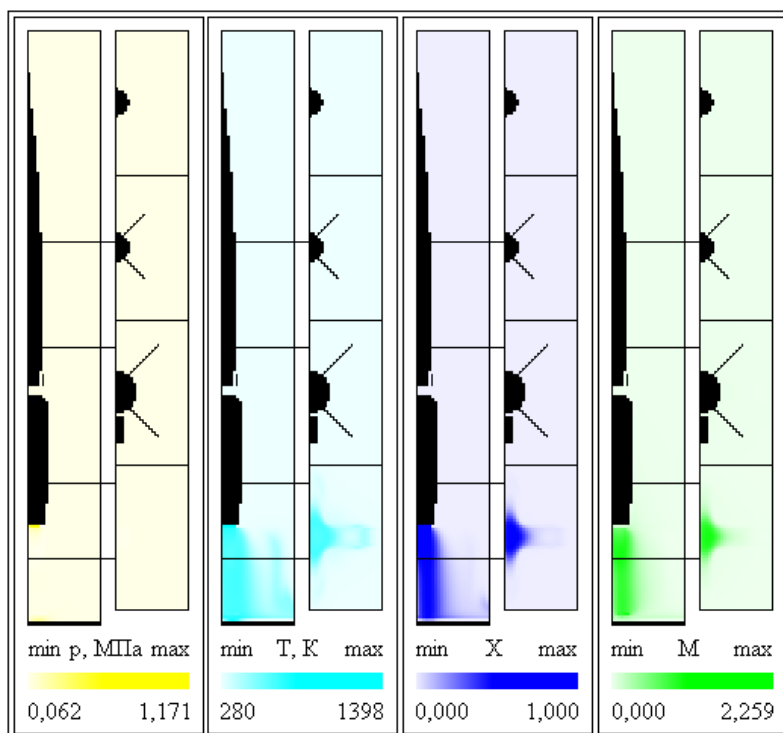


Рисунок 1 – Модель старта летательного аппарата с поверхности. Момент схода с направляющей и взаимодействие струи с отбойником



Предлагаемая технология проектирования обеспечивает качественно новый уровень проектных работ, способствует снижению технического риска и экономии ресурсов на этапе натурной доводки объекта.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Малоресурсный метод численного моделирования течений в геометрических областях сложной формы / А. В. Амброжевич, И. П. Бойчук, С. Н. Ларьков, В. А. Середа // Авиационно-космическая техника и технология. – 2008. – Вып. 6. – С. 5-10.

2. Амброжевич, А. В. Численное моделирование теплофизических процессов в двигателестроении : учеб. пособие / А. В. Амброжевич. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2005. – 233 с.

3. Бойчук И. П. Визуализация численного решения задач аэрогазодинамики / И. П. Бойчук // Авиационно-космическая техника и технология. – 2011. – № 1 / 78. – С. 59-62.

*Амброжевич Майя Володимирівна*, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри аерокосмічної теплотехніки, Національний аерокосмічний університет ім. Н. Е. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, e-mail: ambrozevich@mail.ua

*Долженко Іван Юрійович*, кандидат технічних наук, начальник відділу № 11, Державне підприємство «Харківське конструкторське бюро з машинобудування ім. О. О. Морозова», м. Харків

*Середа Владислав Олександрович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри конструкцій і проектування ракетної техніки, Національний аерокосмічний університет ім. Н. Е. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», м. Харків, e-mail: sereda\_vlad@ukr.net

*Ambrozevich Maya Volodimirivna*, Ph. D., associate professor, assistant professor of Department of Aerospace Heat Engineering, National Aerospace University by name N. E. Zhukovski «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, e-mail: ambrozevich@mail.ua

*Dolzenko Ivan*, Ph. D., Head of Department № 11, State-run Enterprise «Kharkiv Morozov Machine Building Design Bureau», Kharkiv

*Sereda Vladislav*, Ph. D., assistant professor of Department of Construction and design of missile technology, National Aerospace University by name N. E. Zhukovski «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, e-mail: sereda\_vlad@ukr.net

О. С. Аніщенко<sup>1</sup>  
В. В. Кухар<sup>1</sup>  
А. Г. Присяжний<sup>1</sup>

## ІЗОТЕРМІЧНЕ ВОЛОЧІННЯ ДРОТУ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ТИТАНОВИХ ЛИСТІВ КОРПУСІВ ПІДВОДНИХ ПЛАВЗАСОБІВ

<sup>1</sup>Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь

### Анотація

Наведена нова технологія ізотермічного волочіння дроту з титанового сплаву ПТ-7св для зварювання титанових листів при виготовленні корпусів підводних плавзасобів. Показаний вплив безфільтрального волочіння та розроблена методика врахування цього впливу на кінцеві розміри дроту

**Ключові слова:** дріт, ізотермічне волочіння, зварювання, титанові листи

### Abstract

New technology isothermal wire of titanium alloy PT-7sv for welding titanium sheets in the manufacture of submarine hulls and apparatus as presented. Influence of wire drawing dies-free after. The method of taking into account the impact on the final size of the wire

**Keywords:** wire, isothermal drawing, welding, titanium sheets

Для корпусів атомних субмарин, куль-балонів підводних плавзасобів радіозв'язку субмарин та стеження за надводними суднами використовують листи з титанових сплавів, з'єднані між собою зварюванням за допомогою зварювального дроту зі сплаву ПТ-7св. Найпоширеніша технологія такого дроту шляхом холодного волочіння зі скломастилами себе не виправдовує, оскільки ефективна лише у серійному виробництві.

Було впроваджено більш ефективну технологію ізотермічного волочіння дроту зі сплаву ПТ-7св, яка включає операції травлення вихідної катанки, нанесення під мастильного шару на поверхню дроту, його нагрів з оплавленням під мастильного шару, нанесення на поверхню нагрітого дроту порошку графіту та ізотермічне волочіння за багато проходів і нагрітій волоці [1].

Незважаючи на низьку швидкість волочіння, технологія забезпечувала суттєве збільшення коефіцієнту витяжки за прохід (в 1,5-3 рази), усунення меж операційних відпалів та осьової рихлості і за рахунок цих факторів в 2-2,5 рази зменшити тривалість повного циклу виготовлення дроту з потрібними механічними властивостями. Відносно низька продуктивність

процесу не була критичним фактором його використання, тому що об'єми поставок дроту були невеликими.

Однак було виявлено, що ізотермічне волочіння дроту при температурах більше ніж 550 °С супроводжується його безфільтрним волочінням (БФВ) на дільниці між фільтрою та барабаном волочильного стану. При температурах дроту 700-800 °С БФВ зменшує діаметр дроту на 2-13 %. Це примушує постачальників збільшувати величину граничних відхилень на розміри дроту до рівня 10-12 квалітетів (ГОСТ 2772).

Для збільшення точності розмірів діаметру дроту було виконано коригування його технології, що дозволило враховувати параметри волочіння як у фільтрах, так і поза ними. Наразі була запропонована формула розрахунків зміни діаметру дроту при БФВ:

$$D = \left[ D_0^{2n} + \left( \frac{4P}{k\pi} \right)^n \cdot \frac{1}{\alpha \cdot \ln t} \left( t^{-\alpha n t} - 1 \right) \right]^{m/2}, \quad (1)$$

де  $D_0$  і  $D$  – діаметри дроту на виході з фільтри та після БФВ;  $n = 1/m$ , – коефіцієнт швидкісного зміцнення, для сплаву ПТ-7св  $m = 0,229$ ;  $\alpha, k$  – константи,  $\alpha = -0,804$ ,  $k = 113,54$ ;  $t = T/1000$ ,  $T$  – температура волочіння;  $\tau = 1,16D_0 / \mu$ ,  $\mu$  – витяжка за один прохід;  $P$  – зусилля волочіння.

Параметр  $P$  доцільно розраховувати за формулою

$$P = \frac{p\pi D_0^2}{4} \left\{ \frac{b}{a} \left[ 1 - \left( \frac{1}{\mu} \right)^a \right] + 0,77 \operatorname{tg}(\gamma) \right\}, \quad (2)$$

де  $a = f \cdot \operatorname{tg}(\gamma)$ ,  $b = 1 + \operatorname{tg}(\gamma)$ ;  $f$  – коефіцієнт тертя,  $f = 0,08$ ;  $\gamma$  – напівкут фільтри, дорівнює 7°;  $p$  – опір деформації сплаву ПТ-7св, в даному випадку дорівнює напрузі БФВ і розраховується за формулою  $p = 113,54 t^{-0,804 \tau} \xi^{0,229}$ ,  $\xi$  – швидкість деформації.

Було визначено, що діаметр дроту на виході з фільтр майже не зміниться, якщо волочіння проводити при максимально припустимій температурі. В таких випадках навіть при  $\mu = 1,3-1,5$  та швидкості волочіння 145 мм/с діаметр  $D_0$  зменшиться не більш ніж на 0,2 мм, що дозволено ГОСТ 27765 на титановий дріт. Але температура волочіння не повинна перевищувати температуру  $\alpha+\beta$ -переходу в сплаві ПТ-7св. до того ж при  $T > 600$  °С відбувається інтенсивне збільшення водню в сплаві. Отже на останніх проходах дріт треба волочити при  $T = 750-800$  °С і  $\mu = 1,2-1,3$ .

Таким чином, наприклад виготовлення дроту діаметром 1,5 мм передбачає ізотермічне волочіння за 11 проходів катанки діаметром 7,0 мм з витяжкою, що зменшується з 1,44 до 1,22, швидкістю волочіння, що зростає з 100 до 260 мм/с і температурою, що знижується з 850 до 750 °С.

Діаметр  $D_0$  фільтри на 11-му проході з урахуванням БФВ і температури усадки збільшується до 1,63 мм.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Анищенко А. С. Изотермическая и сверхпластическая деформация металлов. Теория, эксперимент, технология / А. С. Анищенко.- Saarbrucken: LAP, 2014.- 129 s.

*Анищенко Олександр Сергійович*, кандидат технічних наук, ст. наук. співроб., доцент кафедри обробки металів тиском (ОМТ), Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь, e-mail: as4@ya.ru

*Кухар Володимир Валентинович*, доктор технічних наук, професор, професор кафедри ОМТ, Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь, e-mail: kvv\_mariupol@mail.ru

*Присяжний Андрій Григорович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри ОМТ, Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь, e-mail: prisyazhnyj@rambler.ru

*Anishchenko Oleksandr*, associate professor, senior researcher, assistant professor of MF department, Pryazovskyi State Technical University (PSTU), Mariupol, e-mail: as4@ya.ru

*Kukhar Volodymyr*, D. Sc., professor, professor of MF department, PSTU, Mariupol, e-mail: kvv\_mariupol@mail.ru

*Pryisyazhnyi Andrii*, associate professor, assistant professor of MF department, PSTU, Mariupol, e-mail: prisyazhnyj@rambler.ru

О. С. Аніщенко<sup>1</sup>  
В. В. Кухар<sup>1</sup>  
А. Г. Присяжний<sup>1</sup>

## ІЗОТЕРМІЧНЕ ДЕФОРМУВАННЯ ЛИСТОВИХ АНОДІВ ЗАХИСТУ КОРПУСІВ ВІЙСЬКОВИХ СУДЕН ВІД КОРОЗІЇ

<sup>1</sup>Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь

### Анотація

Наведена нова технологія виготовлення анодів для захисту корпусів суден від корозії. Технологія вміщує нагрів та деформування в ізотермічних умовах пакетів титан+мідь з подальшою витримкою під тиском в ізотермічному штамповому блоці, а також наступну прокатку пакету до розмірів біметалічного листового аноду. Технологія виключає прокатку в інертній атмосфері, що зменшує собівартість анодів та поліпшує умови праці

**Ключові слова:** аноди, біметал, ізотермічне деформування, інертна атмосфера, прокатка

### Abstract

New technology for the fabrication of anodes to protect ship hulls from corrosion as presented. Technology holds the heating and deformation under isothermal conditions packet titanium+copper followed by endurance under pressure in an isothermal die block and rolling the following package sizes to a bimetallic anode sheet. In technology there rolling operation in an inert atmosphere, which reduces the cost of anodes and improved working conditions.

**Keywords:** anodes, bimetal, isothermal deformation, inert atmosphere, rolling

Для захисту корпусів від корозії, налипання водоростей, молюсків та інше на військових суднах, ще з часів Радянського Союзу, використовується система катодного захисту. Через аноді та катоді, що встановлені відповідно в носовій та кормовій частинах, а також морську воду між ними пропускають електричний струм, який і забезпечує досягнення вищенаведеної мети.

Спочатку аноди представляли собою вузькі біметалічні листи титан+мідь, титан+платина. В удосконаленому варіанті стали використовувати аноди ніобій+платина, в яких плакуючий шар платини товщиною 120 мкм при пересуванні судна випускав електрони в напрямку катодів, поступово зникаючи з поверхні ніобію за 1,5-2 роки експлуатування.

Найбільш поширена технологія біметалу ніобій+платина, яка передбачає електролітичне осадження платини на поверхню ніобієвої підкладки, не забезпечувала належні експлуатаційні властивості анодів. В зв'язку з цим, аноди виготовляли гарячою прокаткою ніобієвих штабиків та платинової фольги в атмосфері аргону.

Технологію здійснювали в камері «Атмосфера-9», що населена. В камері заходились одноклітьовий стан дуо-230 і нагрівальна піч. Після подвійного очищення камери від повітря і заповнення її особливо чистим аргонем прокатники, що знаходилися в ній у водолазних скафандрах, нагрівали штабикі в електричній печі, накладали фольгу на штабик і прокатували анод за кілька проходів в гладких валках стана.

Технологічний процес характеризувався високою трудомісткістю та небезпекою для життя прокатників. Ліквідувати ці недоліки можна було б, якби не використовувати камеру, що населена. Але міцне з'єднання штабиків з фольгою можливо лише при гарантованій відсутності окислення нагрітих поверхонь, що з'єднують, тобто в інертному навколишньому середовищі.

Нами запропоновано змінити термомеханічний режим деформування анодів шляхом суміщення нагріву і плакування ніобію платиною в інертній атмосфері в штамповому блоці ізотермічного деформування металів [1] та подальшої прокатки біметалічної заготовки до кінцевих розмірів анода у відсутності інертної атмосфери, тобто поза камерою, що населена.

В зв'язку з високою вартістю ніобію і платини експерименти проводили на заготовках з титану та міді товщиною відповідно 10 і 1 мм. Пакет заготовок встановлювали в глуху порожнину кільцевої матриці, що була розташована в ізотермічному штамповому блоці БИГ-280 газового нагріву заготовок, який був розміщений на спеціалізованому гідропресі для ізотермічного деформування моделі ПА 2638 зусиллям 6,3 МН. Через отвір в боковій стінці в порожнину матриці подавали аргон, який створював інертну атмосферу в блоці. Після нагріву до 820...850 °С пакет титан+мідь осаджували в ізотермічних умовах на 10...20 % з швидкостями деформування 0,2...1,0 мм/с, а потім витримували під тиском впродовж 15...600 секунд.

Діапазон температур нагріву був вибраний таким чином, щоб виключити створення рідкої евтектики при ізотермічному деформуванні (бінарна система ніобій+платина передбачає наявність евтектик з температурами плавлення 870 і 1083 °С, в системі титан+мідь евтектика плавиться при температурі 870 °С).

Експерименти і наступні металографічні дослідження перерізу біметалу показали, що несучільності з'єднання титана та міді відсутні при термомеханічних режимах деформування, що близькі до мінімальної швидкості деформування і максимально припустимих температур нагріву,

а також ступеня деформації та терміну витримки під тиском. До того ж обов'язковою умовою було використання вельми хімічно чистого аргону (склад домішок в об'ємних відсотках – не більш ніж 0,001 O<sub>2</sub>, 0,01 N<sub>2</sub> і 0,003 H<sub>2</sub>O). Аргон стандартної чистоти в балонах не забезпечував повне очищення поверхні титана і міді від окремих молекул повітря, які були потім центрами створення несучільностей при деформуванні пакету.

Але ці режими серед можливих обумовлювали найбільшу трудомісткість виготовлення біметалу титан+мідь. Наступна оптимізація технології в напрямку зменшення трудомісткості при збереженні якості з'єднання металів дозволила визначити найліпші режими термомеханічної обробки: температура нагріву і деформування – 850<sub>-10</sub> °С, швидкість деформування – 0,8 мм/с, ступінь деформації при осаджуванні пакета – 20 %, час витримки під тиском 1,3...1,5 МПа – 500 секунд.

Виготовлені біметалічні заготовки в подальшому були прокатані нагарячо та нахолодно на повітрі. Суцільність з'єднання шарів біметалу була збережена при прокатці заготовок з нагрівом з сумарним обтиском 36 %, холодних заготовок – з сумарним обтиском 16 %. Таким чином була доведена принципова можливість виготовлення анодів з розмірами, що перевищують габаритні розміри робочого простору штампа.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Анищенко А. С. Изотермическая и сверхпластическая деформация металлов. Теория, эксперимент, технология / А. С. Анищенко.- Saarbrucken: LAP, 2014.- 129 с.

*Анищенко Олександр Сергійович*, кандидат технічних наук, ст. наук. співроб., доцент кафедри обробки металів тиском (ОМТ), Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь, e-mail: as4@ya.ru

*Кухар Володимир Валентинович*, доктор технічних наук, професор, професор кафедри ОМТ, Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь, e-mail: kvv\_mariupol@mail.ru

*Присяжний Андрій Григорович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри ОМТ, Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь, e-mail: prisyazhnyj@rambler.ru

*Anishchenko Oleksandr*, Ph. D., associate professor, senior researcher, assistant professor of MF department, Pryazovskyi State Technical University (PSTU), Mariupol, e-mail: as4@ya.ru

*Kukhar Volodymyr*, Sc. D., professor, professor of MF department, PSTU, Mariupol, e-mail: kvv\_mariupol@mail.ru

*Pryisyazhnyi Andrii*, associate professor, assistant professor of MF department, PSTU, Mariupol, e-mail: prisyazhnyj@rambler.ru

А. С. Анищенко<sup>1</sup>  
В. В. Кухарь<sup>1</sup>  
А. Г. Присяжный<sup>1</sup>

## МАТЕРИАЛ ДЛЯ ФИЗИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ В СОСТОЯНИИ СВЕРХПЛАСТИЧНОСТИ

<sup>1</sup>ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»,  
г. Мариуполь

### Аннотация

Предложено моделировать процессы сверхпластической деформации на оптически прозрачных материалах, созданных на основе диеновых и винилароматических углеводородов, полярного пластификатора и неокрашивающего стабилизатора. Показано, что коэффициент скоростного упрочнения таких материалов может изменяться от 0,2 до 1,0 в интервалах скоростей сверхпластической деформации

**Ключевые слова:** сверхпластичность, материал, моделирование, углеводороды, скоростное упрочнение

### Abstract

It is proposed to model the processes of superplastic deformation on optically transparent materials created on the basis of dienic and vinylaromatic hydrocarbons, a polar plasticizer and a non-color stabilizer. It is shown that the coefficient of high-speed hardening of such materials can vary from 0.2 to 1.0 in the intervals of superplastic strain rates

**Keywords:** superplasticity, material, modeling, hydrocarbons, high-speed, hardening

Состояние сверхпластичности металлов (СПМ) впервые наблюдал еще в 1912 году Bengough [1, 2], достигший удлинения 160 % в процессе растяжения бронзового образца при 700 °С. Спустя столетие СПМ из объекта экзотических исследований превратилось в эффективную основу для создания новых материалов и технологий обработки давлением, обеспечивающих уникальные свойства изготавливаемых деталей и высокую технико-экономическую эффективность производственных процессов.

Проектирование новых технологий сверхпластической деформации предусматривает моделирование основных операций обработки материалов путем: 1) изготовления опытных партий в производственных условиях; 2) компьютерного моделирования, 3) моделирования



техпроцессов с использованием специальных материалов. Первый вариант дает наиболее точные результаты, однако обуславливает высокие трудозатраты, которые не всегда экономически обоснованы. Второй вариант не предусматривает материальные затраты, но во многом зависит от субъективных мнений составителей компьютерных программ, использующих по своему усмотрению набор тех или иных моделей деформации, методов проведения расчетов и используемых формул. Третий вариант является упрощенной разновидностью первого и предполагает существенное снижение трудозатрат за счет выбора специальных модельных материалов, которые либо относительно дешевы, либо упрощают технологию моделирования и повышают ее эффективность.

В настоящее время превалирует второй вариант моделирования, хотя компьютерные методы расчетов процессов деформации все чаще подвергаются серьезной критике [3]. В связи с этим актуальны поиски новых модельных материалов как альтернативы первым двум вариантам моделирования.

По устоявшемуся мнению многих исследователей [2, 4, 5] наилучшим материалом для моделирования процессов сверхпластической деформации является эвтектический сплав *Sn-38%Pb*. Выбор этого сплава обусловлен следующими факторами:

- простота формирования ультрамелкозернистой сверхпластичной структуры в сплаве (интенсивная деформация после желательной быстрой рекристаллизации расплава);

- высокая чувствительность напряжения течения к скорости деформации, определяемая, обычно, по величине коэффициента скоростного упрочнения  $m = d(\ln\sigma) / d(\ln\dot{\xi})$  ( $\sigma$  – напряжение течения,  $\dot{\xi}$  – скорость деформации);

- низкие напряжения течения и большие предельные степени деформации сплава;

- диапазон оптимальных температур сверхпластичности эвтектики *Sn-38%Pb* включает и комнатную температуру, что устраняет проблемы, связанные с нагревом образцов.

Однако в литературе нигде не упомянут тот факт, что после интенсивной деформации заготовки из сплава *Sn-38%Pb* необходимо хранить в морозильнике во избежание роста зерен, происходящего в сплаве при комнатной температуре. Деформирование сплава в оптически прозрачном инструменте (например, в прозрачной матрице при сверхпластической формовке) позволяет наблюдать в динамике изменение деформированного состояния заготовки, но это касается только ее

поверхности, если на нее нанесена координатная сетка. Деформацию внутренних слоев сплава можно изучать лишь после прекращения самого процесса деформации и последующего разделения заготовки.

Для достижения поставленной цели необходим материал, который, кроме преимуществ эвтектики  $Sn-38\%Pb$ , обладает стабильными во времени физико-механическими свойствами при комнатной температуре и позволяет наблюдать деформацию как поверхностных, так и внутренних слоев заготовки, то есть быть оптически прозрачным.

Практически всем этим условиям удовлетворяли блок-сополимеры на основе диеновых и винилароматических углеводородов [6]. Для моделирования прессования были изготовлены составные по диаметральному сечению образцы размерами  $\varnothing 20 \times 30$  мм из нелинейно-вязкого материала состава полибутадиен - 25% полистирол. На плоскости разъема тушью наносили прямоугольную координатную сетку, после чего заготовку помещали в оптически прозрачный штамповый инструмент и прикладывали к ней деформирующую нагрузку.

Таблица 1 - Состав нелинейно-вязких полимерных композиций

Компоненты	Содержание компонентов, мас.ч. в вариантах композиции													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Бутадиенстирольный блок-сополимер	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	-	-
Изопренстирольный блок-сополимер	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	-
Бутадиен- $\alpha$ -метилстирольный блок-сополимер	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
2,6-ди-трет-бутил-4-метилфенол	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Дибутилфталат	5	10	15	20	30	40	-	-	-	-	-	-	20	30
Дибутилсебацат	-	-	-	-	-	-	5	10	15	20	30	40	-	-

Характер течения материала и искажение координатной сетки в процессе деформирования фиксировали на видеокамеру на всем протяжении формоизменения. В отличие от моделирования на сплаве  $Sn-38\%Pb$  в нашем случае, кроме данных по деформации координатной сетки удалось построить кинематические картины процесса прессования по линиям тока, то есть увеличить объем и качество получаемой информации.

Таблица 2 - Физико-механические свойства полимерных композиций

Показатель	Вариант композиции													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Условная прочность при растяжении, МПа	6,5	2,9	1,12	0,45	0,31	0,14	4,17	1,82	0,84	0,38	0,20	0,1	0,19	0,42
Относительное удлинение до разрыва, %	615	502	463	268	214	145	635	560	490	312	215	167	392	309
Относительная остаточная деформация после разрыва, %	18	24	52	37	26	18	22	29	56	47	32	21	41	27
Пластичность по Карреру	0,29	0,51	0,59	0,64	0,72	0,90	0,34	0,54	0,63	0,70	0,77	0,92	0,68	0,60
Коэффициент скоростной чувствительности $m$ при скоростях деформации $10^{-3}$ - $10^{-4}$ с <sup>-1</sup>	0,29	0,37	0,42	0,51	0,56	1,0	0,26	0,39	0,52	0,72	1,0	1,0	0,49	0,61

Моделирование других процессов ОМД [6] показало, что целесообразно в блок-сополимеры добавить небольшое количество полярного пластификатора и неокрашивающего стабилизатора. В связи с этим для моделирования сверхпластической деформации были разработаны ряд составов нелинейно-вязких полимерных композиций, содержание компонентов которых приведено в табл. 1. Блок-сополимеры с неокрашивающим стабилизатором вальцевали при 70-75 °С в течение 2 минут до образования эластичной ленты, затем вводили полярный пластификатор (дибутилфталат или дибутилсебацнат). Смесь перемешивали в вальцах путем частичной срезки ее с валков. Образцы для испытаний прессовали на гидропрессе при температуре плит 150 °С и давлении 7,5 МПа, после чего охлаждали под давлением до температуры 30 °С.

Физико-механические испытания образцов проводили в соответствии с ГОСТ 269, 270 для резин, коэффициент  $m$  определяли методом релаксации напряжений [4] на образцах с размерами Ø20x30 мм. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2 показывает, что чувствительность напряжения течения к скорости деформации предлагаемых материалов для моделирования может варьироваться в широких пределах, в первую очередь, за счет небольших добавок пластификаторов. Ввод и изменение содержания пластификатора в композиции вызывает уменьшение условной прочности при растяжении (упрощение условий моделирования) в сравнении с материалами без

пластификаторов, меняются также деформационные характеристики композиций, однако относительное удлинение до разрыва остается стабильно высоким.

Кроме этого, изменение параметра  $m$  можно достичь за счет выбора того или иного блок-сополимера. Вместе с тем, содержание пластификатора не должно составлять более, чем 40 % от массовой части блок-сополимера, поскольку, во-первых, сверхпластичных металлов и сплавов с коэффициентом  $m = 1$  практически не существует, а во-вторых, материал размягчается и плохо держит форму.

Представленные в табл. 1 композиции были использованы для изготовления заготовок и дальнейшего моделирования процесса осадки металла в состоянии сверхпластичности. Составную заготовку отливали в матрицу по частям, по плоскости разъема тушью наносили прямоугольную координатную сетку.

При моделировании процесса осадки подготовленные заготовки вместе с инструментом опускали в оптически прозрачную прямоугольную ванну, наполненную водой для устранения оптических искажений, возникающих в результате изменения кривизны поверхности заготовок. Проведенные эксперименты позволили, в частности, построить в логарифмических координатах графики  $\sigma = f(\xi)$  и определить коэффициент  $m$  по тангенсу угла наклона графиков к оси  $\xi$  (рис. 1).

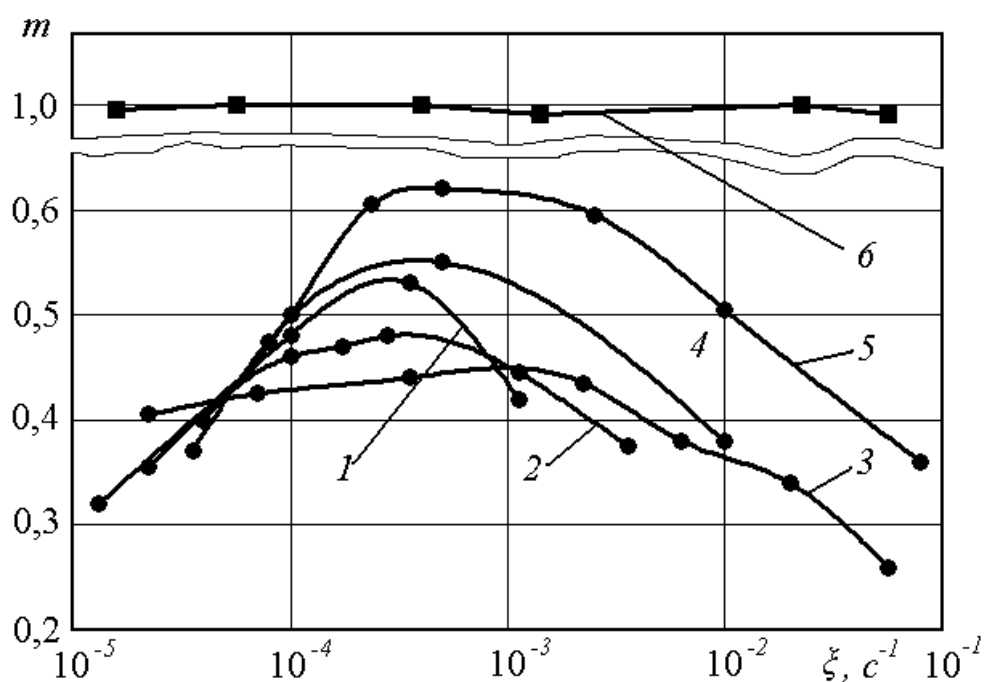


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента скоростного упрочнения от скорости деформации при осадке оптически прозрачных блок-сополимеров с содержанием компонентов согласно табл. 1

Анализ результатов, представленных на рис.1, показывает, что так же, как и для сверхпластичных металлов и сплавов, деформирование образцов из блок-сополимеров характеризуется высокой скоростной чувствительностью напряжения течения, коэффициент скоростного упрочнения  $m$  имеет максимум в том же диапазоне скоростей деформации, что и для металлических материалов.

Незначительное изменение содержания пластификатора позволяет моделировать либо поведение сплава с той или иной сверхпластичной структурой, либо те или иные температурные условия деформирования.

Выводы.

1. Моделирование процессов сверхпластической деформации с помощью оптически прозрачных, нелинейно-вязких блок-сополимеров на основе диеновых и винилароматических углеводородов, полярного пластификатора и неокрашивающего стабилизатора позволяет наглядно наблюдать процесс формоизменения на всем протяжении деформирования образцов.

2. С помощью координатной сетки, нанесенной на диаметрально плоскость таких образцов, и видеосъемки процесса деформации можно проводить анализ качественных и количественных изменений по всему объему образцов в любой промежуток времени.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Giuliano G. Superplastic forming of advanced metallic materials / G. Giuliano.- Oxford: Woodhead Publishing Limited, 2011. – 377p.

2. Васин Р. А. Введение в механику сверхпластичности. Часть 1 / Р. А. Васин, Ф. У. Еникеев.- Уфа: ГИЛЕМ, 1998.- 280 с.

3. Воронцов А. Л. Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением. В 2 томах. Том 1 / А. Л. Воронцов. – М. : МГТУ им. Баумана, 2014.- 396 с.

4. Рудской А. И. Механика динамической сверхпластичности алюминиевых сплавов / А. И. Рудской, Я. И. Рудаев. – СПб.: Наука, 2009.- 218 с.

5. Коршак В. Ф. Структурно-фазовая релаксация в сверхпластичном эвтектическом сплаве Sn-38 % вес. Pb. / В. Ф. Коршак, Ю. А. Шаповалов, Н. Н. Васеленко // Металлофизика и новейшие технологии. – 2015, т.37, №12, С.1633-1642.

6. А.с. 1247146. СССР. МПК В21J5/00. Материал с нелинейно-вязкими свойствами для физического моделирования процессов обработки металлов давлением в состоянии сверхпластичности. / Цепин М. А., Смирнов О. М., Анищенко А. С. [и др.].- Опубл. 30.07.1986, Бюл. №28. – 1 с.

7. А. с. 1389107. СССР. МПК В21J5/00. Материал для физического моделирования процессов обработки металлов давлением в состоянии сверхпластичности. / Цепин М. А., Доровских М. А., Кондратьев А. Н. [и др.]. – Оpubл. 30.11.1987, Бюл. №44. – 5 с.

**Анищенко Александр Сергеевич**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры обработки металлов давлением (ОМД), Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь, e-mail: as4@ya.ru

**Кухарь Владимир Валентинович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры ОМД, Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь, e-mail: kvv\_mariupol@mail.ru

**Присяжный Андрей Григорьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры ОМД, Приазовский государственный технический университет, г. Мариуполь, e-mail: prisyazhnyj@rambler.ru

**Anishchenko Oleksandr**, Ph. D., associate professor, senior researcher, assistant professor of MF department, Pryazovskyi State Technical University (PSTU), Mariupol, e-mail: as4@ya.ru

**Kukhar Volodymyr**, Sc. D., professor, professor of MF department, Pryazovskyi State Technical University PSTU, Mariupol, e-mail: kvv\_mariupol@mail.ru

**Pryisyazhnyi Andrii**, Ph. D., associate professor, assistant professor of MF department, Pryazovskyi State Technical University, Mariupol, e-mail: prisyazhnyj@rambler.ru

А. О. Бабарика<sup>1</sup>  
С. М. Табенський<sup>1</sup>

## ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ

<sup>1</sup>Національна Академія Державної Прикордонної служби України  
імені Богдана Хмельницького

### Анотація

Об'єктом даного дослідження є використання нейронних мереж в системах автоматичного розпізнавання образів. Аналіз основних переваг та недоліків

**Ключові слова:** розпізнавання образів, нейрон, нейронні мережі, MegaFace

### Abstract

The object of this study is the use of neural networks in automatic pattern recognition. Analysis of the main advantages and disadvantages

**Keywords:** pattern recognition, neuron, neural networks, MegaFace

Розпізнавання образів – це наукова дисципліна, метою якої є класифікація об'єктів по декільком категоріям чи класам. Об'єкти називаються образами.

Класифікація основана на прецедентах. Прецедент – це образ, правильна класифікація котрого вже відома. Тобто прецедент- це вже класифікований об'єкт, що приймається як зразок при рішенні задач класифікації. В теорії розпізнавання образів усі об'єкти розбиті на певне число класів. Для кожного класа відомо та вивчено певне число об'єктів – прецедентів. Задача розпізнавання образів полягає в тому, що віднести новий розпізнаваний об'єкт до певного класу.

Виміри, що використовуються для класифікації образів називаються признаками. Признак – це певний кількісний вимір будь-якого об'єкта. Сукупність при знаків, що відносяться до одного образу, називається вектором при знаків. Вектори признаков приймають значення в просторі признаков. Кожному образу відповідає єдине значення вектора при знаків, та навпаки: кожному значенню вектора при знаків відповідає єдиний образ. Класифікатором або вирішуючим правилом називається правило віднесення образу до одного з класів на основі його вектора признаков [1].

В залежності від наявності чи відсутності прецедентної інформації розрізняють задачі розпізнавання з навчанням та без навчання. Задача розпізнавання на основі наявної множини прецедентів називається класифікацією з навчанням (з учителем). У випадку, коли є множина

векторів признаков, отриманих для деякого набору образів, але правильна класифікація цих образів невідома, виникає задача розділення цих образів на класи по подібності відповідних векторів при знаків. Ця задача називається кластеризацією, або розпізнаванням без навчання[2].

В теорії розпізнавання образів для вирішення задачі класифікації існують такі математичні методи як класифікація на основі Байєсовської теорії рішень, алгоритм персептрона, оптимальна розділяема гіперплощина, багатосаровий персептрон, метод потенціальних функцій, комітетні методи рішення задач розпізнавання, класифікація на основі порівняння з еталоном, контекстно-залежна класифікація та ін..

Серед розробників систем розпізнавання образів найбільш перспективним напрямком вважається використання штучних нейронних мереж в задачі класифікації. Базисним елементом в нейронних мережах є штучний нейрон, який являє собою певну нелінійну функцію від лінійної комбінації усіх вхідних сигналів. Таку функцію називають функцією активації. Отриманий результат посиляється на єдиний вихід.

На вхід штучного нейрона поступає певна кількість сигналів. Кожен вхід множиться на відповідну вагу, відповідну синаптичній силі, та усі результати сумуються, визначаючи рівень активації нейрона. Штучні нейрони об'єднуються в мережі, що з'єднують виходи одних нейронів з входами інших. Штучні нейрони, будучи об'єднаними в достатньо велику мережу з управляємою взаємодією можуть виконувати доволі складні задачі. Нейронні мережі не програмуються у звичному розумінні, а вони навчаються. Можливість навчання є однією з головних переваг нейронних мереж перед традиційними алгоритмами. Технічно процес навчання полягає у знаходженні коефіцієнтів взаємозв'язків між нейронами. В процесі навчання нейронна мережа може знаходити складні залежності між вхідними та вихідними даними, а також виконувати узагальнення. Таким чином, у випадку успішного навчання, нейронна мережа може видати вірний результат навіть на основі даних що не були у навчальній вибірці, або навіть при частково спотворених вхідних даних.

Існує декілька різновидів нейронних мереж, що використовуються в задачах розпізнавання образів. Саме при розробці системи розпізнавання образів перед вченими полягає завдання вибору топології нейронної мережі, вибір архітектури та методу навчання нейронної мережі.

Ефективність використання нейронних мереж показують і сучасні розробки таких провідних компаній як Google, Microsoft, IBM, Facebook, Baidu та ін. Компанія Google та її підрозділ Google DeepMind, створили мережі AlphaGo, и Google Brain. Власні розробки є і в Microsoft — ними займається лабораторія Microsoft Research. Створенням нейронних мереж займаються і в IBM, Facebook (підрозділ Facebook AI Research), Baidu



(Baidu Institute of Deep Learning) та інші компанії. Досить багато розробок ведеться в технічних університетах по всьому світі.

Аналіз ефективності методів розпізнавання образів проводиться на таких ресурсах як MegaFace [3]. У 2016 році російська компанія «Вокорд» з алгоритмом Vocord DeepVo1 зайняла перше місце в рейтингу MegaFace, друге місце зайняв алгоритм Large компанії Deepsense, створений групою вчених та колишніх програмістів із Google, Facebook та Microsoft. Третє місце зайняв алгоритм Tech розробників із Шанхайського технологічного університету. Усі вище перелічені алгоритми основані на використанні штучних нейронних мереж.

Отже враховуючи можливості нейронних мереж та тенденції світового розвитку щодо розвитку методів та алгоритмів розпізнавання образів можна зробити висновок про надзвичайну перспективність розробок алгоритмів розпізнавання образів основаних на використанні нейронних мереж.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лепский А. Е. Математические методы распознавания. Курс лекций / А. Е. Лепский, А. Г. Броневиц. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 155 с.

2. Стаття «Основы биометрии».: [Електронний ресурс] – <http://habrahabr.ru/blogs/infosecurity/126144/>

3. Електронний ресурс <http://megaface.cs.washington.edu/>

**Бабарика Анатолій Олександрович**, викладач кафедри зв'язку, автоматизації та захисту інформації, Національна Академія Державної Прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький, e-mail: aob.work@gmail.com

**Табенський Сергій Миколайович**, викладач кафедри зв'язку, автоматизації та захисту інформації, Національна Академія Державної Прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький, e-mail: nach\_899@gmail.com

**Anatoliy Babarika**, lecturer of chair communications, automation and data protection, the National Academy of State Border Service of Ukraine, Khmelnytsky, e-mail: aob.work@gmail.com

**Serghiy Tabenskiy**, lecturer of chair communications, automation and data protection, the National Academy of State Border Service of Ukraine, Khmelnytsky, e-mail: nach\_899@gmail.com

## УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ ДАЛЬНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ СТАНЦІЇ ПРИ ВПЛИВІ СЕЗОННОЇ МІНЛИВОСТІ ВИСОТИ ПЕРЕШКОД ТА КРИВИЗНИ ПОВЕРХНІ ЗЕМЛІ

<sup>1</sup>Національна академія Державної прикордонної служби України  
імені Богдана Хмельницького

### Анотація

Об'єктом даного дослідження є метод оцінки дальності виявлення доплерівської радіолокаційної станції при розробці якого враховано сукупність таких факторів як вплив гідрометеорів, доплерівський зсув частоти, сезонні зміни висоти перешкод та кривизни поверхні землі при розрахунку дальності виявлення рухомого об'єкту – правопорушника кордону радіолокаційною станцією

**Ключові слова:** дальність виявлення, рухомий об'єкт, радіолокаційна станція

### Abstract

The object of this study is the estimation method detection range of Doppler radar in the development which takes into account a set of factors such as the impact of hydrometeors, Doppler frequency shift, seasonal changes of curvature and height of obstacles in the calculation of the ground moving object detection range - the offender border radar station

**Keywords:** range detection, a moving object, radar

Важливими факторами впливу на дальність виявлення доплерівської радіолокаційної станції (РЛС) є кривизна поверхні Землі і наявність рослинності, інформація про яку потребує щорічної коректури. До того ж не враховується у цифрових картах місцевості, які застосовують у ДПСУ зміна висоти рослинності, зокрема листяного лісу, зі зміною пори року.

Зазначене потребує удосконалення моделі [1]. Сигнал від РЛС розповсюджуватиметься за умови [2]:

$$\varepsilon_k \geq \varepsilon_{k \min} , \quad (1)$$

де  $\varepsilon_k$  – кут місця лінії прямої радіовидимості;  $\varepsilon_{k \min}$  – мінімально допустимий кут місця лінії прямої радіовидимості.

Кут місця лінії прямої радіовидимості визначається з виразу [2]:

$$\operatorname{tg} \varepsilon_k = \frac{H_k - \left[ h_\alpha + \frac{D_k^2}{2R_e} \right]}{D_k}, \quad (2)$$

де  $R_e$  – еквівалентний радіус Землі, 6370 000 м;  $D_k$  – дальність виявлення РЛС при забезпеченні прямої радіолокаційної видимості;  $H_k$  – висота антени РЛС;  $h_\alpha$  – висота цілі;  $R_e$  – еквівалентний радіус Землі, 6370 000 м;

Мінімально допустимий кут місця лінії прямої радіовидимості визначається з виразу:

$$\operatorname{tg} \varepsilon_{k \min} = \frac{H_{s \max} - h_\alpha}{D_s}, \quad (3)$$

де  $H_{s \max}$  – висота максимальної наземної перешкоди в напрямку РЛС з урахуванням кривизни Землі;  $D_s$  – відстань від антени РЛС до найвищої наземної перешкоди.

Висота максимальної наземної перешкоди в напрямку РЛС з урахуванням кривизни Землі визначається з виразу [2]:

$$H_{s \max} = H_{0s} - \frac{D_s^2}{2R_e}, \quad (4)$$

де  $H_{0s}$  – абсолютна висота наземної перешкоди.

Тоді, з врахуванням попередніх викладок отримаємо удосконалену математичну модель визначення відстані від антени РЛС до найвищої наземної перешкоди. Виявлення цілі здійснюватиметься на дальності, яку можна отримати з рівняння:

$$\frac{-D_s}{2R_e} D_k^2 + \left( \frac{D_s^2}{2R_e} + h_\alpha - \delta H_{0s} \right) D_k + D_s [H_k - h_\alpha] = 0, \quad (5)$$

де  $\delta$  – коефіцієнт зменшення абсолютної висоти наземної перешкоди, якою є листяний ліс, після того як опаде листя.

При складанні рівняння (5) припускаємо, що  $\varepsilon_k = \varepsilon_{k \min}$ . Вирішення рівняння дозволяє завчасно визначити відстань від РЛС до найвищої наземної перешкоди. Якщо такою перешкодою є ліс, особливо листяний, то значення  $H_{0s}$  абсолютної висоти наземної перешкоди може зменшуватися після того, як опаде листя, що може збільшити дальність. Удосконалена математична модель (5) дозволяє більш коректніше здійснювати прогнозування зон не виявлення системи оптико-електронного спостереження. Застосовуючи згортку показників, остаточно дальність виявлення рухомого об'єкту РЛС при впливі сукупності факторів визначається із системи нерівностей:

$$D = \begin{cases} D_{нз} & \text{при } D_K < D_{нз}, \\ D_K & \text{при } D_K > D_{нз}, \end{cases} \quad (6)$$

де  $D$  – дальність виявлення доплерівською радіолокаційною станцією з врахуванням впливу сукупності природно-кліматичних факторів і руху правопорушника державного кордону.

Врахування зазначених факторів приведе до збільшення приведеної вартості системи, що потребуватиме оцінки ефективності різних типів технічних засобів охорони для пошуку перспективних напрямків здійснення охорони сухопутного кордону, а розроблена модель (6) може бути використана у більш загальній оцінці ефективності застосування технічних засобів охорони кордону.

Отже, уперше розроблено метод оцінки дальності виявлення доплерівської радіолокаційної станції з врахуванням впливу сукупності природно-кліматичних факторів і руху правопорушника державного кордону. Сутність наукової новизни методу полягає у врахуванні сукупності таких факторів як вплив гідрометеорів, сезонних змін висоти перешкод, кривизни поверхні Землі та доплерівського зсуву частоти при оцінці дальності виявлення радіолокаційної станції за умови відомої дальності виявлення без впливу зазначених факторів. Метод відрізняється застосуванням функції Ламберта і згортки показників оцінки різних факторів, що дозволило отримати аналітично точне рішення рівняння дальності виявлення доплерівської РЛС при впливі зазначених факторів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гришин Ю. П. Радиотехнические системы: Учеб. для вузов по спец. «Радитехника» / Ю. П. Гришин, В. П. Ипатов, Ю. М. Казаринов. – М. : Высш. шк. 1990. – 496 с.
2. Теорія озброєння. Науково-технічні проблеми та завдання: монографія: Технічні засоби. Військові системи дистанційного моніторингу навколишнього простору щодо рухомих об'єктів: методологічні аспекти обґрунтування вимог / П. М. Сніцаренко, С. В. Лапицький, А. А. Гультяєв, О. О. Головін, А. Ю. Гупало. – К. : Видавничий дім Дмитра Бураго. 2016. – 480 с.

**Бабій Юлія Олександрівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри ЗАЗІ, Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Б. Хмельницького, м. Хмельницький, e-mail: [julscorpio@gmail.com](mailto:julscorpio@gmail.com)

**Yuliya Babiy**, Ph. D., assistant professor of CAIS, The National Academy of State Border Guard Service of Ukraine named after Bohdan Khmelnytsky, Khmelnytsky, e-mail: [julscorpio@gmail.com](mailto:julscorpio@gmail.com)

Наукове видання

# Актуальні проблеми проектування, виготовлення і експлуатації озброєння та військової техніки

Матеріали всеукраїнської  
науково-технічної конференції  
17–19 травня 2017 року

Збірник тез доповідей

Підписано до друку 19.04.2017 р.  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman. Друк різнографічний.  
Ум. друк. арк. 21,94. Наклад 60 пр.  
Зам. № В2017-056

Вінницький національний технічний університет,  
ІРВЦ ВНТУ,  
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Тел. (0432) 59-85-32.

**press.vntu.edu.ua**; *email*: [kivc.vntu@gmail.com](mailto:kivc.vntu@gmail.com).

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.