



*м. Вінниця,
Україна*

15-17 квітня 2025 р.

МАТЕРІАЛИ

*XIII-ої Міжнародної науково-технічної
інтернет-конференції «Проблеми та перспективи
розвитку автомобільного транспорту»*

MATERIALS

*of the XIII-th International scientific and technical
internet conference «Problems and prospects
of development of automobile transport»*

April 15-17, 2025

*Vinnytsia,
Ukraine*



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет (м. Вінниця, Україна)
Державний університет «Житомирська політехніка» (м. Житомир, Україна)
Луцький національний технічний університет (м. Луцьк, Україна)
Технічний університет Дрездена (м. Дрезден, Німеччина)
Університет прикладних наук Карлсруе (м. Карлсруе, Німеччина)
Університет Вітовта Великого (м. Каунас, Литва)
Технічний університет ім. Георгія Асакі (м. Ясси, Румунія)
Департамент транспорту та міської мобільності Вінницької міської ради

МАТЕРІАЛИ
XIII-ої МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ
«ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНОГО
ТРАНСПОРТУ»
15-17 квітня 2025 р.

MATERIALS
OF THE XIII-th INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL
INTERNET-CONFERENCE
«PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF
AUTOMOBILE TRANSPORT»
April 15-17, 2025

Вінниця (ВНТУ) – 2025

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

Головний редактор

В. В. Біліченко, доктор технічних наук, професор

Відповідальні за випуск:

С. В. Цимбал, кандидат технічних наук, доцент

Є. В. Смирнов, кандидат технічних наук, доцент

Д. В. Борисюк, кандидат технічних наук, доцент

Рецензенти:

В. А. Макаров, доктор технічних наук, професор

А. А. Кашканов, доктор технічних наук, професор

А. П. Поляков, доктор технічних наук, професор

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 розглянуті питання.

Матеріали XIII-ої Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 15-17 квітня 2025 року : збірник наукових праць [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.] – Вінниця: ВНТУ, 2025. – (PDF, 415 с.)

ISBN 978-617-8163-47-1 (PDF)

Збірник містить Матеріали XIII-ої Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту» за такими основними напрямками: проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту та транспортних засобів; сучасні технології на автомобільному транспорті; транспортні технології, логістика, організація і безпека руху; сучасні технології організації та управління на транспорті; системотехніка і діагностика транспортних машин; стратегії, зміст та нові технології підготовки спеціалістів з вищою технічною освітою в галузі автомобільного транспорту.

Роботи публікуються 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 розглянуті питання.

УДК 629.3

ISBN 978-617-8163-47-1 (PDF)

**ЗМІСТ
(CONTENTS)**

Kashkanov V., Tereshkov V. APPLICATION OF ROUNDABOUTS TO IMPROVE ROAD TRAFFIC SAFETY	12
Melnyk V. RESEARCH ON THE IMPACT OF ELECTRIC VEHICLES ON THE ENVIRONMENT DURING THEIR OPERATION	16
Ragulskienė J., Pauliukas A., Paškevičius P., Maskeliūnas R., Maskeliūnas V., Kuzhel V., Ragulskis L. INVESTIGATION OF CIRCULAR ELEMENT OF TRANSPORTATION DEVICE WITH WINKLER FOUNDATION IN THE TANGENTIAL AND NORMAL DIRECTIONS	19
Абрамек К.Ф., Балицький О.І., Колесніков В.О. СУЧАСНІ КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ В ВОДНЕВИХ ТА ГІБРИДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ	23
Аданніков С.С. ПРОБЛЕМАТИКА ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ ПРИ ІМПОРТІ ТОВАРІВ В УКРАЇНУ	29
Аль-Амморі А.Н., Іщенко Р.М., Малиш М.І. РЕКУПЕРАЦІЯ ЕНЕРГІЇ ПІД ЧАС ГАЛЬМУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СУПЕРКОНДЕНСАТОРІВ	31
Антонюк О.П., Галушак Д.О. МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКІВ ВІДМОВ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА БЕЗПЕКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	34
Артюх О.М. ОПТИМІЗАЦІЯ ПЛАВНОСТІ ХОДУ ТА ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ВІБРАЦІЙ У АВТОБУСАХ: АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ УМОВ УКРАЇНИ	38
Балицька В.О., Балицький О.І., Колесніков В.О. СТІЙКІСТЬ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ПОЖЕЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ЗНОШУВАННЯ	42
Бикадорова Н.О., Ключ О.І., Ткаченко В.О. СТИСЛИЙ ОГЛЯД ДЕЯКИХ ІННОВАЦІЙ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ГАЛУЗІ	48
Біліченко В.В., Бруй А.Г. МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ СУХИМИ ПОРТАМИ У СВІТІ: ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ	53

Біліченко В.В., Матвійчук Д.М. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ТА ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І НАДІЙНОСТІ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ	57
Білоконь Я.Ю., Воронков О.А. ДИНАМІЧНЕ НАПРУЖЕННЯ (РОЗРАХУНКОВЕ) В КОНТАКТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗАГАЛЬНОЮ МАСОЮ ДО 40 Т З ДОРОГОЮ	62
Бондаренко П.Я., Діденко Ю.А., Антоновська Х.В. ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ БАЗОВИХ ШАСІ	65
Бондаренко О.О., Клименко В.В., Котов Д.О., Шелухін С.В., Азізов Б.Р. ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ В ТРАНСПОРТНІЙ ЛОГІСТИЦІ: ЦИВІЛЬНИЙ АСПЕКТ	70
Борисюк Д.В., Гатілов А.М., Зелінський В.Й., Вдовиченко О.В. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ РУЛЬОВОГО УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЯ TOYOTA CAMRY	73
Боркут А.В., Колесніков В.О. ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ В АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ	81
Бруннер Х., Лієрс Г., Макаров В.А., Сердюк Р.М. ДО НЕОБХІДНОСТІ ЗНИЖЕННЯ АВАРІЙНОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ	86
Бурдун В.В., Бикадорова Н.О., Ревякіна О.О. ДЕЯКІ НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ТА НАВЧАННЯ БАКАЛАВРІВ В ГАЛУЗІ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	91
Варчук В.В., Дмитрієва А.В. АНАЛІЗ РОБОТИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ У ВІННИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ В РОЗРІЗІ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ: АВТОБУСНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ	96
Вдовиченко В.О., Мельнікова Ю.І. СИНХРОНІЗАЦІЯ РОЗКЛАДІВ РУХУ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ: ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ	100
Вдовиченко В.О., Підлубний С.Ю. СТРУКТУРА МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ШВИДКІСНОГО АВТОБУСНОГО СПОЛУЧЕННЯ В УМОВАХ ВПРОВАДЖЕННЯ ВИДІЛЕНИХ СМУГ МПТ	104
Віштак І.В., Майданевич Л.О. УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ ЗА МОДЕЛЛЮ COSO: ОСНОВНІ ПІДХОДИ	108

Віщун І.В., Матвєєв К.К. ГІБРИДНИЙ БЕЗШАТУННИЙ ДВИГУН-ГЕНЕРАТОР	112
Гнип М.М. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ, ЯКІ ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ НА ПАЛИВНИХ СУМІШАХ	115
Голенко К.Е., Диха О.В., Дитинюк В.О., Налесник Д.В. ОЦІНКА РІВНОМІРНОСТІ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ОБІГРІВУ САЛОНУ МІСЬКОГО АВТОБУСА З ГІБРИДНОЮ СИЛОВОЮ УСТАНОВКОЮ	118
Голуб Д.В., Аулін В.В., Кічура Р.П., Ювженко О.В. РОЗРОБКА МЕТОДУ ДИНАМІЧНОГО УЗГОДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНО- ЛОГІСТИЧНИХ ПОСЛУГ В ПРОЦЕСІ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ	122
Гупка А.Б., Гевко І.Б., Цьонь Г.Б., Остапчук С.І. ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ	125
Дзюра В.О., Дживак Т.Я., Бица Р.О. НОВІ КОНСТРУКЦІЇ ШАТУННИХ ВКЛАДИШІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ	130
Домненко М.Г., Колесникова І.М. АНАЛІЗ ПРИЧИН, ЩОДО ПІДПАЛІВ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ	134
Захарчук В.І., Ярошук В.В. ПЕРЕОБЛАДНАННЯ ДИЗЕЛЯ ДЛЯ РОБОТИ НА СКРАПЛЕНОМУ НАФТОВОМУ ГАЗІ	138
Ільченко А.В. ПОХИБКА РОЗРОБЛЕНОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ВИТРАТ БІОПАЛИВ ДВИГУНОМ АВТОМОБІЛЯ	141
Катрушенко Н.А., Добровольський О.С. ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ЗОН ПАРКУВАННЯ ТА ВІДПОЧИНКУ ДЛЯ КОМЕРЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ	144
Кашканов А.А., Кав'юк В.В. МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ АЕРОДРОМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ АВІАЦІЇ	147
Кашканова А.А. ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕГРОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ АУДИТУ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ	152
Кищун В.А. ПЕРЕЛІК ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ ПРОДОВЖУЄ ЗРОСТАТИ	156

Клімов Е.С., Солтус А.П. ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ОПОРУ ПОВОРОТУ ВІЗКА ТРИОСЬОВОГО АВТОМОБІЛЯ ПІД ЧАС РУХУ ПО КРИВОЛІНІЙНІЙ ТРАЄКТОРІЇ	162
Козак Ф.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ОКСИДІВ АЗОТУ В ПЕРЕОБЛАДНАНИХ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНАХ ДЛЯ РОБОТИ НА ПАЛИВНИХ СУМІШАХ	166
Козак Ф.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДВИГУНА PEUGEOT 3008 1,5 Л BLUEHDІ У ПРОЦЕСІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ СПИРТУ	168
Колесніков В.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИСОКОАЗОТНИХ СТАЛЕЙ, ВИПРОБУВАНИХ В УМОВАХ СУХОГО ТЕРТЯ КОЧЕННЯ	172
Коробко А.І., Семенов І.В. ДОСЛІДЖЕННЯ МАНЕВРЕНОСТІ ПОВНОПРИВІДНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗЧІПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РУШІЇВ	176
Корпач А.О., Левківський О.О., Корпач О.А. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПЕРЕВІРКИ КОМПОНЕНТІВ ВИСОКОВОЛЬТНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	179
Кравченко О.П., Дижо Я.Я. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ДЕГРАДАЦІЇ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ АВТОМОБІЛІВ	183
Красота А.М., Шепеленко І.В., Красота М.В. ВИБІР СКЛАДУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ ФІНІШНОЇ АНТИФРИКЦІЙНОЇ БЕЗАБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ	188
Красота М.В., Шепеленко І.В., Осін Р.А. ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТУ КОРІННИХ ОПОР ЧАВУННИХ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ	191
Кривошапов С.І., Назаров О.І., Сергієнко М.Є. ВРАХУВАННЯ РЕЖИМУ РУХУ АВТОМОБІЛІВ В МЕЖАХ МІСТА НА НОРМУ ВИТРАТИ ПАЛИВА	193
Кубіч В.І., Чернета О.Г., Канський А.В. АМПЛІТУДА ТА ЧАСТОТА КОЛИВАНЬ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ «ДВИГУН – ОПОРА КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ – КУЗОВ» АВТОМОБІЛЯ OPEL АСТРА G	196

Лісняк В.О., Соколов Є.В., Рожкова А.Ю. КОНЦЕПЦІЯ ТРАНСПОРТУ МАЙБУТНЬОГО ВІД KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD	200
Макарець В.В., Марченко М.П. МЕТОДИ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУ	207
Макарець В.В., Сахипзадін М.Р. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ В УКРАЇНІ	210
Макаров В.А., Андрощук В.Д. АСПЕКТИ АНАЛІЗУ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ З ОГЛЯДУ НА СТАН ЕКОЛОГІЧНОСТІ ДОВКІЛЛЯ	214
Макарова Т.В., Свіргун А.В. ПРО ОЦІНКУ ВПЛИВУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛАСТИЧНИХ РУШІЇВ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	219
Мармут І.А., Шестов С.О. ДО ПИТАННЯ РОЗРАХУНКУ ПРИВЕДЕНОЇ ІНЕРЦІЙНОЇ МАСИ РОЛИКОВОГО СТЕНДУ	224
Марчук М.М., Марчук Н.М., Комков О.В. ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЕРОВАНОГО РУХУ ДОВГОМІРНИХ АВТОПОЇЗДІВ	228
Мельник В.В., Погрібний В.І., Паламарчук С.П., Гнилянський І.І., Панасюк Ю.В. ТЕХНОЛОГІЇ ДРОНОВОЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СТАНДАРТНИХ ПУНКТІВ ПРИЙОМУ ТА ВИДАЧІ ВАНТАЖУ	231
Мельник В.М., Козак Ф.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДВИГУНА Д21А1 У ПРОЦЕСІ ВИКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ОСНОВІ РІПАКОВОЇ ОЛІЇ	234
Мельник В.М., Козак Ф.В. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗОВОГО ПАЛИВА НА ДВИГУНІ AUDI A6 2,5 Л	238
Мигаль Г.В., Голомисов В.Д. ЕРГОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШРИФТІВ НА БЕЗПЕКУ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ	241
Микольченко В.С., Прозоровський А.М. ДІЯЛЬНІСНИЙ ПІДХІД ПРИ ВИКЛАДАННІ ДИСЦИПЛІН В ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ	245

Митко М.В., Козійчук В.В., Кутник В.О. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ ДЛЯ АВТОСЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ	248
Опенько П.В., Базіло С.М., Ткачов В.В., Білявський Б.А. НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ	252
Орисенко О.В., Криворот А.І., Скорик М.О., Шаповал М.В. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМАЩУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОТОРНОЇ ОЛИВИ ЗА КРИТЕРІЄМ МІЦНОСТІ МАСЛЯНОЇ ПЛІВКИ	257
Осипов В.О. ДОСВІД ВОДІЯ ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА ПІДСИСТЕМУ «ВОДІЙ» В СИСТЕМІ «ВОДІЙ-АВТОМОБІЛЬ-ДОРОГА-СЕРЕДОВИЩЕ»	260
Павленко В.М., Павленко В.М. ЗАСТОСУВАННЯ АГЕНТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОТОКІВ НА ТРАНСПОРТІ	263
Павлюк В.І., Булік Ю.В., Дубицький О.С. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ З ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИМИ МОДУЛЯМИ В ОСНОВІ	267
Паламарчук В.Л., Біліченко В.В. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПРИМІСЬКИХ МАРШРУТІВ НА ОРГАНІЗАЦІЮ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	269
Пащенко С.А., Сухонос Р.Ф. ОСОБЛИВОСТІ ЗАМІНИ КОМПЛЕКТУ РЕМЕНЯ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ДВЗ НА ПРИКЛАДІ ДВИГУНА RENAULT K9K	271
Петрюк Ю.І., Артюх О.М. ПЕРСПЕКТИВИ РОБОТИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ: ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ТА ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ У СУМІЖНОСТІ З АГРАРНИМ СЕКТОРОМ	275
Пікула М.В. ІНФОРМАЦІЙНІ КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ	278
Погорлецький Д.С., Грицук І.В., Худяков І.В. АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ТЕХНІЧНІЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	281

Подригало М.А., Нікорчук А.І. ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ КОЛОН З БЕЗПІЛОТНИМИ АВТОМОБІЛЯМИ	285
Поляков А.П., Мороз Л.В. ОСОБЛИВОСТІ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНОГО ЛАНЦЮГА	289
Порфіренко В.І., Кісільова А.О. ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ В ПІДПРИЄМНИЦЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ	293
Порфіренко В.І., Луговцов А.С. ВПЛИВ ВАРІАНТІВ ЗАПРАВКИ АВТОМОБІЛІВ З ДВЗ ТА ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА КОМЕРЦІЙНЕ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ	298
Почужевський О.Д., Почужевський В.Д. ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕСУВНИХ РЕМОНТНИХ МАЙСТЕРЕНЬ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ	302
Пряха І.Ю. ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	305
Ревякіна О.О., Бурдун В.В., Бикадорова Н.О. КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПОВЕДІНКИ МАТЕРІАЛІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	308
Рогозін І.В., Родюков А.О. ПЕРЕСУВНИЙ ТРЕНАЖЕРНИЙ КОМПЛЕКС ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВИХ ВОДІЇВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ С	314
Рудь М.П. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИНХРОНІЗАЦІЇ СВІТЛОФОРІВ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЗАТОРІВ	318
Самостян В.Р., Дембіцький В.М. ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ ОСВІТНИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ СПЕЦІАЛЬНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ	322
Сахно В.П., Марчук Р.М., Бишевич В.В. ДО ВИЗНАЧЕННЯ МАНЕВРНОСТІ ТРИЛАНКОВИХ АВТОПОЇЗДІВ ТИПУ В-TRIPLE З КЕРОВАНИМИ ОСЯМИ ВОЗИКІВ НАПІВПРИЧЕПІВ	325
Сахно В.П., Маяк М.М., Мурований І.С., Котенко А.С. ПОЛІПШЕННЯ МАНЕВРНОСТІ ШАРНІРНО-З'ЄДНАНИХ АВТОБУСІВ ЗА РАХУНОК САМОУСТАНОВЛЮВАЛЬНОЇ ОСІ ПРИЧЕПА	328

Сахно В.П., Онищук В.П., Босенко В.М., Стельмашук С.В. ДО АНАЛІЗУ ПРОЦЕСУ ГАЛЬМУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ З ПРИЧЕПОМ КАТЕГОРІЇ О2	332
Свічинський С.В. ОГЛЯД ВІДОМИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ У ВІДСТАНЯХ МІСЬКИХ ПЕРЕСУВАНЬ ІНДИВІДУАЛЬНИМ МОТОРИЗОВАНИМ ТРАНСПОРТОМ	336
Слободенюк С.М., Либа О.С., Колесніков В.О. ПЕРСПЕКТИВНІ ТА СПЕЦІАЛІЗОВАНІ АВТОМОБІЛІ	340
Смирнов О.П., Борисенко А.О. КОНЦЕПЦІЯ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	344
Сніжко Л.Л. ІНФОРМАЦІЙНІ ПОТРЕБИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ СЕРВІСНИХ ПРОДУКТІВ АВОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ	347
Сніжко Л.Л., Кісільова А.О. ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НА АТП ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНО- ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ	351
Соколов Є.В., Либа О.С., Ревякіна О.О. СПЕЦІАЛІЗОВАНІ АВТОМОБІЛІ ЯК	354
Стадник О.С. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ РЕЦИКЛІНГУ ПОВІТРЯНИХ ФІЛЬТРІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	360
Стефанишин В.Б., Стоцько З.І. ОГЛЯД СИСТЕМ ТУРБОНАДДУВУ З ДВИГУН-ГЕНЕРАТОРОМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ	363
Тарасенко О.В., Качанська Д.А. АВТОМАТИЗОВАНІ ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ ТА ЗАСОБИ ІНФРАСТРУКТУРИ: ПРОБЛЕМАТИКА КІБЕРБЕЗПЕКИ	366
Тесля В.О., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВАРТОСТІ ВОЛОДІННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ PEUGEOT PARTNER ТА PEUGEOT E-PARTNER В УМОВАХ УКРАЇНИ	369
Тодоренко Д.В., Смирнов Є.В. ПАРОВІ АВТОМОБІЛІ: ІСТОРІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ	372
Форнальчик Є.Ю., Ройко Ю.Я., Гілевич В.В. НА ШЛЯХУ ДО ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНОЮ СИСТЕМОЮ МІСТА	377

Хітров І.О. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ: ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ТА ВИКЛИКИ МАЙБУТНЬОГО	382
Хомин Н.Я. ОПТИМІЗАЦІЯ ГРАФІКА РОБОТИ ВОДІЇВ АВТОПІДПРИЄМСТВА З УРАХУВАННЯМ ЇХ ВЗАЄМОДІЇ В ТРАНСПОРТНОМУ ПРОЦЕСІ	385
Худяков І.В., Грицук І.В., Погорлецький Д.С., Черненко В.В. ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІЗУ ГРАФІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МОДЕЛІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ	389
Цимбал С.В., Глиняний В.С. ІННОВАЦІЙНА ЛОГІСТИКА У СИСТЕМІ ОРГАНІЗАЦІЇ І УПРАВЛІННЯ ПАСАЖИРСЬКИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ	394
Цимбал С.В., Мельник Р.В. ЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	398
Чуйко С.П. ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	402
Шарай С.М., Сахно В.П., Рой М.П., Поляков В.М. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ ЗАМОВЛЕНЬ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ	405
Шевчук Є.В., Наглюк І.С. ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ВВЕДЕННЯ СВІТЛОФОРНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ НА ПЕРЕХРЕСТІ	408
Шевчук В.В., Піндер В.Ф., Бачинська І.В. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ПІД ЧАС РУХУ КРИВОЛІНІЙНИМИ ДІЛЯНКАМИ ДОРОГИ	412

UDC 672.15

Kashkanov V., Tereshkov V.

APPLICATION OF ROUNDABOUTS TO IMPROVE ROAD TRAFFIC SAFETY

The issue of using a roundabout as a means of improving traffic performance on the street and road network of large cities of Ukraine is considered.

Keywords: intersection, car, traffic flow, street and road network, conflict points, road safety

Розглянуто питання застосування кільцевого перехрестя як засобу покращення показників дорожнього руху на вулично-дорожній мережі великих міст України.

Ключові слова: перехрестя, автомобіль, транспортний потік, вулично-дорожня мережа, конфліктні точки, безпека дорожнього руху

The rapid growth of the automobile fleet in Ukraine and internal migration processes related to the war have led to a significant increase in traffic intensity in large cities of the central and western regions. For example, a survey of road traffic flows in the Vinnytsia shows that the street and road network (STN) of the city operates at the limit of capacity, and in some places exceeds this limit [1].

Motorization provides convenience and speed of movement, but leads to an increase in the number of road accidents (TA). Intersections are one of the key places on the STN, where congestion occurs and the capacity of city highways decreases, and are also one of the most dangerous places in terms of the concentration of accidents [1, 2].

The safety of intersections can be improved by implementing a number of measures and strategies, for example:

- optimization of the operation of traffic light facilities in accordance with the traffic flow;
- introduction of traffic light regulation on unregulated elements of the STN;
- ensuring sufficient visibility at intersections from all directions;
- construction of roundabouts.

Improving the efficiency of intersections of any type is an important task. Effective traffic control at intersections can significantly reduce the number of accidents and their consequences, as the risk of collisions is reduced. In addition, high-quality traffic organization reduces waiting times at traffic lights or in queues, which improves traffic flow and reduces congestion. Efficient intersections optimize the movement of not only cars, but also pedestrians, cyclists and public transport, which contributes to the overall improvement of mobility in cities. Therefore, improving the efficiency of intersections can significantly improve safety, comfort and overall efficiency of traffic.

The introduction of roundabouts, where vehicles slow down and move around a central “island”, is an effective way to reduce the risk of accidents at intersections. This eliminates the need to cross roads in opposite directions, which contributes to a smoother flow of traffic and reduces congestion, thereby increasing capacity. This is why much of the research on this issue is focused on improving the efficiency of intersections by introducing roundabouts.

Roundabouts are generally safer than other types of intersections in terms of overall crash statistics at low and medium traffic levels. Accident injury rates for motor vehicle occupants are generally lower, although the proportion of single-vehicle crashes is generally higher. As for cyclists and pedestrians, statistics show that they are involved in a relatively higher proportion of injury crashes than at other intersections.

Figure 1 presents comparisons of before and after aggregate crash frequencies (average annual crashes per roundabout) involving users of eleven roundabouts constructed in the United States. The decrease in severe injury crashes is noteworthy. However, the “before” situation at these intersections required mitigation for safety. Therefore, some other feasible alternatives may also be expected to

have resulted in a reduction in the crash frequencies. This study yielded insufficient data to draw conclusions regarding the safety of bicyclists and pedestrians [3].

Type of roundabout	Sites	Before roundabout			Roundabout			Percent change		
		Total	Inj. ³	PDO ⁴	Total	Inj.	PDO	Total	Inj.	PDO
Single-Lane ¹	8	4.8	2.0	2.4	2.4	0.5	1.6	-51%	-73%	-32%
Multilane ²	3	21.5	5.8	15.7	15.3	4.0	11.3	-29%	-31%	-10%
Total	11	9.3	3.0	6.0	5.9	1.5	4.2	-37%	-51%	-29%

Notes:

1. Mostly single-lane roundabouts with an inscribed circle diameter of 30 to 35 m (100 to 115 ft).

2. Multilane roundabouts with an inscribed circle diameter greater than 50 m (165 ft).

3. Inj. = Injury crashes.

4. PDO = Property Damage Only crashes.

Figure 1 – Average annual crash frequencies at 11 U.S. intersections converted to roundabouts [3]

Good roundabout design places a high priority on speed reduction and speed consistency. Such designs require that vehicles negotiate the roundabout through a series of turning maneuvers at low speeds, generally less than 30 km/h.

Speed consistency refers to the design objective of slowing vehicles in stages down to the desired negotiating speed to be consistent with the expectations of drivers. Speed control is provided by geometric features, not only by traffic control devices or by the impedance of other traffic. Because of this, speed reduction can be achieved at all times of day. If achieved by good design, then in principle, lower vehicle speeds should provide the following safety benefits [3]:

- Reduce crash severity for pedestrians and bicyclists, including older pedestrians, children, and impaired persons;
- Provide more time for entering drivers to judge, adjust speed for, and enter a gap in circulating traffic;
- Allow safer merges into circulating traffic;
- Provide more time for all users to detect and correct for their mistakes or mistakes of others;
- Make collisions less frequent and less severe; and
- Make the intersection safer for novice users.

For example, Figure 2 shows that a pedestrian is about three times more likely to die when struck at 50 km/h than at 32 km/h, across a range of only 18 km/h difference in speed.

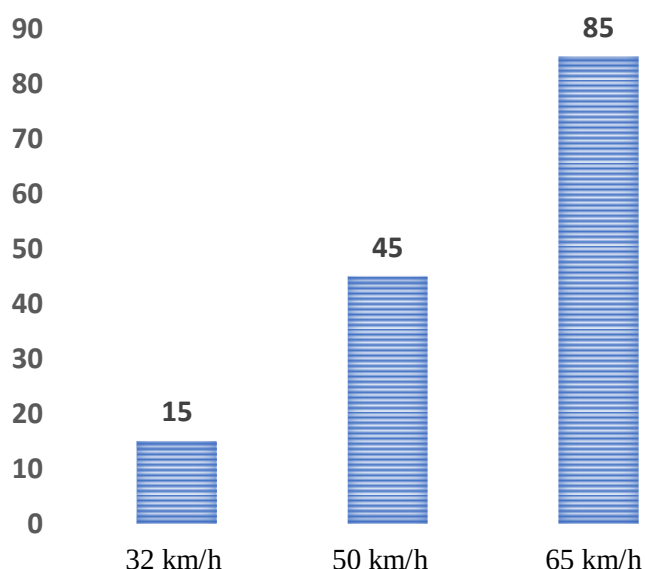


Figure 2 – Pedestrian's chances of death (at in percentage) if hit by a motor vehicle [3]

Typical commuter bicyclist speeds are in the range of 20 to 25 km/h. Therefore, the difference in design speed is critical to all users who are not within the protective body of a motorized vehicle. The minor additional delay or inconvenience to drivers of lower-speed roundabout designs (as compared to higher-speed roundabout designs) is a tradeoff for the substantial safety benefit to pedestrians and bicyclists.

The safety characteristics of single-lane and multi-lane roundabouts differ somewhat and are considered separately. Single-lane roundabouts are the simplest form of roundabout and thus provide a good basis for determining the safety characteristics of roundabouts compared to other forms of intersections. The crash rate at an intersection is related to the number of conflict points at the intersection and the magnitude of the conflict flows at each conflict point. A conflict point is a location where the paths of two vehicles, or a vehicle and a bicycle or pedestrian, diverge, merge, or intersect.

For example, Figure 3 shows a diagram of vehicle conflict points at a traditional four-way intersection and a four-way roundabout on two-lane roads. The number of vehicle conflict points for four-way intersections is reduced from 32 to 8 with roundabouts, a 75% reduction. Fewer conflict points mean fewer opportunities for collisions. These are not the only conflict points at roundabouts or traditional intersections, but they illustrate the differences between the intersection types. It is known that the severity of traffic accidents is largely determined by the impact speed and the impact angle: the higher the speed, the more severe the collision; the greater the impact angle, the more severe the collision. Roundabouts eliminate many of the serious conflicts found at traditional intersections and reduce the severity of traffic accidents.

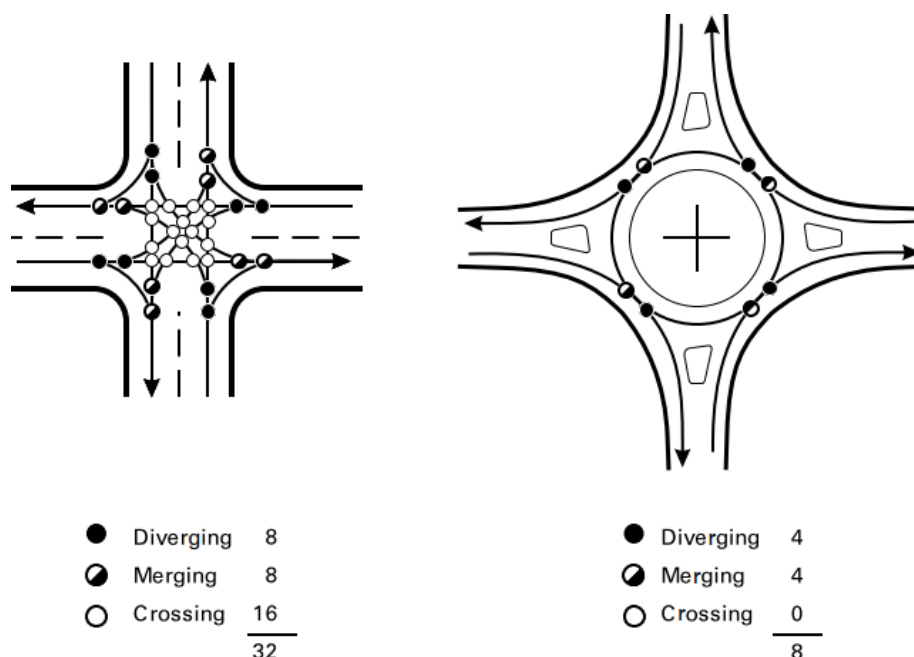


Figure 3 – Comparisons of vehicle conflict points for intersections with four single-lane approaches

As shown in Figure 3, a roundabout eliminates intersection conflicts by converting all traffic into right turns. At a traditional intersection, separate turning lanes and traffic control (stop signs or traffic signals) often reduce, but do not eliminate, the number of intersection conflict points by separating the conflicts in space and/or time.

It is known that the most serious crashes at signalized intersections occur when the traffic control intended to separate conflicts in time fails (e.g., a right-angle collision due to a driver running a red light, or a vehicle-pedestrian collision). The ability of roundabouts to reduce conflicts is more effective than relying on drivers to comply with traffic controls. At intersections with more than four ways, a roundabout or pair of roundabouts may sometimes be the most practical alternative for minimizing conflicts.

Drivers approaching a single-lane roundabout must make five key decisions regarding other

road users: 1) be aware of cyclists joining traffic from the right-hand side of the road, cycle lane or shoulder; 2) give way to pedestrians crossing the road on the entry; 3) choose an appropriate gap to enter the roundabout; 4) choose the correct exit from the roundabout; 5) give way to pedestrians crossing the exit lane.

In the case of a traditional intersection, a driver making a left turn from a minor section of an intersection with two-way stop controls must yield to pedestrians and cyclists and assess clearances both on the main street and on left and right turns on the main street and on oncoming minor right and left turns.

When operating within their capacity, roundabout intersections typically operate with lower vehicle delays than other intersection forms and control types. With a roundabout, it is unnecessary for traffic to come to a complete stop when no conflicts present themselves, or else deceleration will avoid a conflict. When there are queues on one or more approaches, traffic within the queues usually continues to move, and this is typically more tolerable to drivers than a stopped or standing queue. The performance of roundabouts during off-peak periods is particularly good in contrast to other intersection forms, typically with very low average delays.

Conclusion. Thanks to a detailed analysis of the impact of roundabouts on traffic flow, safety and environmental performance, city administrations will be able to implement them in the street and road network on a wider scale. This implementation will contribute to increasing the overall efficiency of road traffic management, reducing the number of accidents and reducing congestion. Roundabouts will help create a more stable and safe urban transport infrastructure, especially in conditions of increasing load on the street and road network of large cities, and directly the city of Vinnytsia.

References

1. Кашканов В.А., Лужанський Д.М. Необхідність покращення ефективності організації дорожнього руху на вулично-дорожній мережі міст. Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 25-27 жовтня 2021 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 95-97.

2. Кашканов В.А., Осьмірко С.О. Дослідження руху транспортного потоку на вулично-дорожній мережі міста. Матеріали X-ої міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2022 року: збірник наукових праць [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. Вінниця: ВНТУ, 2022. (PDF 331 с.) URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/683/1213/2431-1>

3. Roundabouts: An Informational Guide. Principal Investigator: Bruce W. Robinson, Co-Investigators: Lee Rodegerdts and others. Kittelson & Associates, Inc. Portland, Oregon, U.S.A., 2000, 284 p.

Kashkanov Vitalii – candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University

Tereshkov Vladyslav – master's student of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University

Кашканов Віталій Альбертович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет

Терешков Владислав Сергійович – магістрант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницького національного технічного університету

UDK 62-19

Melnyk V.

RESEARCH ON THE IMPACT OF ELECTRIC VEHICLES ON THE ENVIRONMENT DURING THEIR OPERATION

The world is rapidly moving towards electric vehicles. Most automakers are adding electric models to their lineups to prepare for a new electric future.

Analysis of the automotive market shows that interest in such vehicles is growing. They are expected to account for half of the models released after 2030.

Electric vehicles include battery electric vehicles. As stated in the literature and proven by experts, electric vehicles (EVs) should be an environmentally friendly alternative to conventional vehicles, and therefore the issue of studying the environmental impact of electric vehicles during production, operation and recycling is relevant and understudied.

Keywords: electric vehicle, operation, repair, maintenance, battery.

Using batteries for propulsion, electric vehicles do not produce tailpipe greenhouse gas emissions during operation. Accordingly, their emissions depend on the electricity sources of the region in which they operate [1]. Thus, taking into account the increase in renewable energy sources in the electricity sector by 2030, the use of battery electric vehicles (BEVs) could reduce greenhouse gas emissions by about half compared to emissions from an equivalent fleet of internal combustion engine vehicles [2].

However, the reduction in greenhouse gas emissions during the use phase of a BEV is not sufficient to demonstrate their improved environmental performance compared to internal combustion engines. For example, the battery is an important component of a BEV from an environmental perspective. Approximately 80% of the environmental impact during the life cycle of a BEV is determined by the battery [3], with the battery accounting for 40-50% of the total greenhouse gas emissions [4].

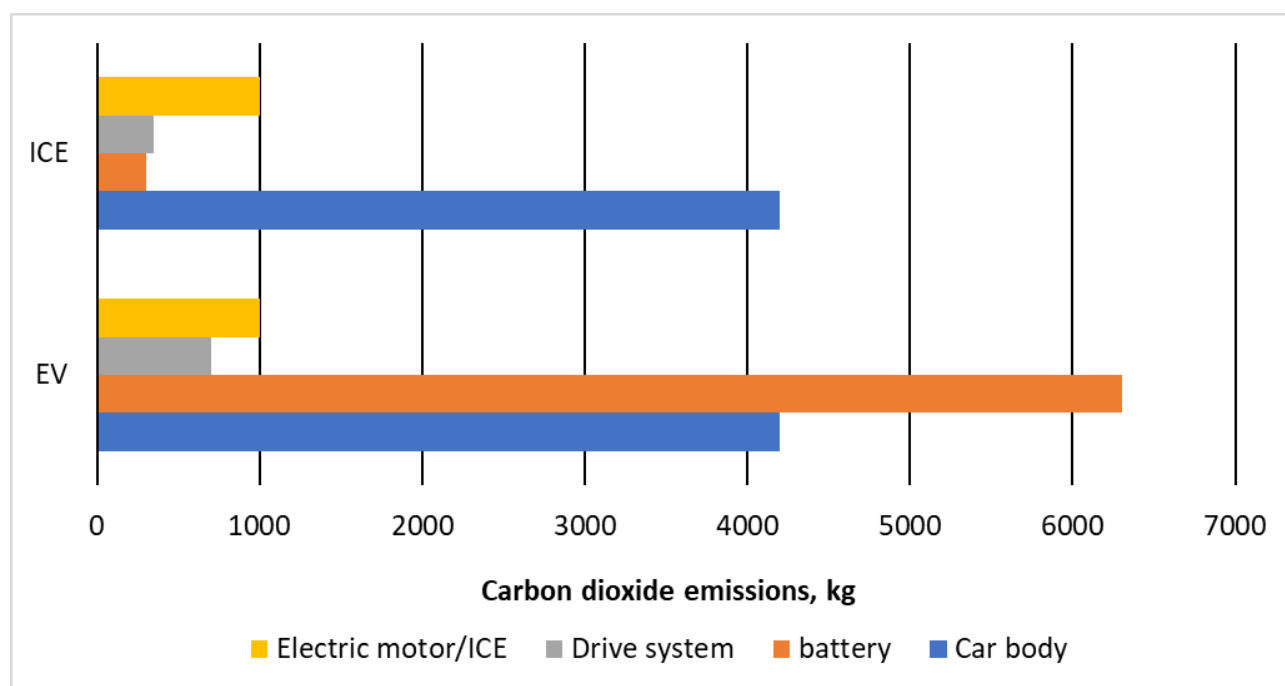


Figure 1 – Total carbon dioxide emissions during the production phase of electric and internal combustion engine vehicles

The CO₂ emissions from the production of an internal combustion engine vehicle are approximately 60% lower than those from the production of an electric vehicle (Fig. 1). This is due to the high level of greenhouse gas emissions from the production of lithium-ion batteries, electric traction motors and electronic controllers. It should also be noted that electric vehicles exhibit higher mercury emissions during the production stage. As a result of research, it was found that with modern technologies, mercury emissions from electric vehicles with a range of 550 km are 92% higher than from conventional internal combustion engine vehicles.

When operating electric vehicles, the source of electricity is an important issue, as it is the main cause of the environmental impact of electric vehicles during the operational phase. Only when global electricity generation is clean and virtually free of fossil-fuel CO₂ emissions will electric vehicles be able to fully realize their potential to reduce greenhouse gas emissions from transport.

Fig. 2 shows the results of studies of the total CO₂ emissions of electric (VW e-Golf) and petrol cars (VW Golf VII 1.4 TSI 140 km) over their life cycle. The calculations cover the entire life cycle of an EV, from production to disposal, with a long-term use period of 10 years and a total mileage of 150000 km.

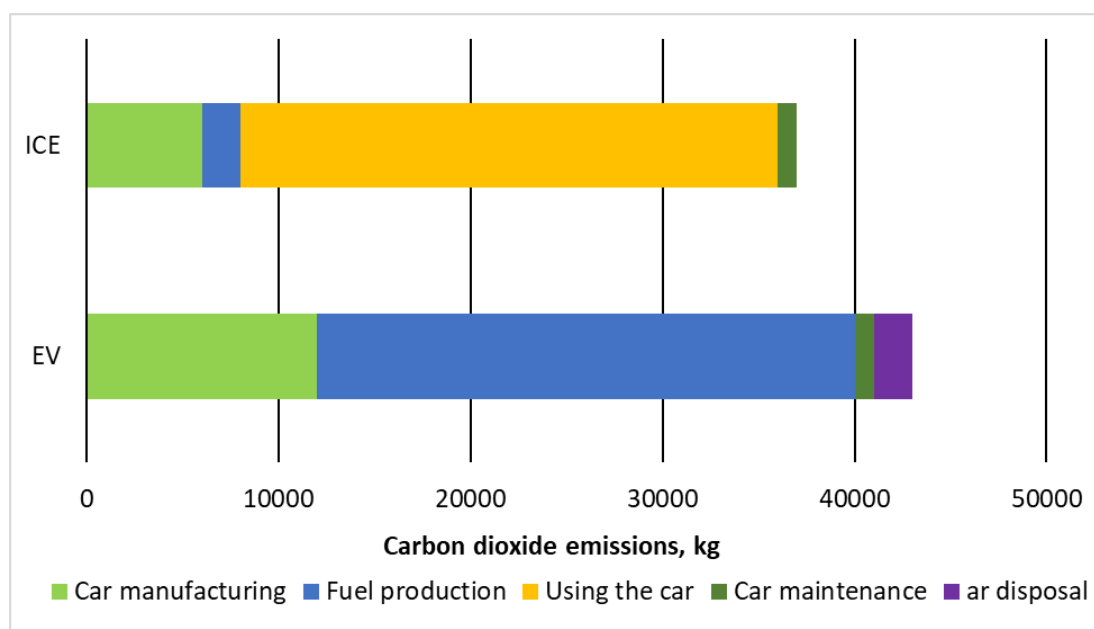


Figure 2 – Vehicle Lifecycle Emissions

At the end of its life, the end-of-life vehicle is taken directly to a dismantling station where it is dismantled. The automotive waste that is generated is collected and then disposed of by recovering parts and recycling raw materials. The essence of recycling is to minimize the amount of waste while reducing the need for raw materials and energy by incorporating recovered raw materials and materials into the recycling process. A variety of materials can be recovered from end-of-life vehicles; these include ferrous metals (71%), glass (3%), plastics (8%), rubber materials (5%) and light metals (7%). The drivetrain components of electric vehicles contain valuable resources that can be recycled or recovered. However, in the case of electric motors and lithium-ion battery systems in particular, this implies the need to adapt the dismantling and recycling process.

References

1. Karaaslan E, Zhao Y, Tatari O. Comparative life cycle assessment of sport utility vehicles with different fuel options. *Int J Life Cycle Assess* 2018;23:333-47. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1315-X>.
2. Temporelli A, Carvalho ML, Girardi P. Life cycle assessment of electric vehicle batteries: an overview of recent literature. *Energies* 2020;13. <https://doi.org/10.3390/en13112864>.

3. Messagie M. Life cycle analysis of the climate impact of electric vehicles. Transport & Environment; 2017.

4. Bouter A, Hache E, Ternel C, Beauchet S. Comparative environmental life cycle assessment of several powertrain types for cars and buses in France for two driving cycles: “worldwide harmonized light vehicle test procedure” cycle and urban cycle. Int J Life Cycle Assess 2020;25:1545–65. <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01756-2>.

Vasyl Melnyk – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Automobile Transport, Institute of Engineering Mechanics and Robotics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.

Мельник Василь Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту, інституту інженерної механіки та робототехніки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

UDC 656.078

Ragulskienė J., Pauliukas A., Paškevičius P., Maskeliūnas R., Maskeliūnas V.,
Kuzhel V., Ragulskis L.

INVESTIGATION OF CIRCULAR ELEMENT OF TRANSPORTATION DEVICE WITH WINKLER FOUNDATION IN THE TANGENTIAL AND NORMAL DIRECTIONS

A numerical model of the circular element of transportation device with elastic foundation of Winkler type in the tangential and normal directions is investigated. The problem of plane stress is solved. Supplementary stiffness in the tangential and normal directions on the internal and external circular surfaces from the elastic foundation of Winkler type having different coefficients of stiffness in the tangential and normal directions is taken into account. The first eigenmodes of the circular element of transportation device are presented and investigated.

Keywords: transportation device, circular element, elastic foundation of Winkler type, tangential and normal stiffness, eigenmodes, vibrations.

Досліджено числову модель кругового елемента транспортного пристрою з пружною основою типу Вінклера в тангенціальному та нормальному напрямках. Вирішено задачу про плоскі напруження. Враховано додаткову жорсткість у тангенціальному та нормальному напрямках на внутрішній та зовнішній кругових поверхнях від пружної основи типу Вінклера, що має різні коефіцієнти жорсткості у тангенціальному та нормальному напрямках. Наведено та досліджено перші власні моди кругового елемента транспортного пристрою.

Ключові слова: транспортний пристрій, круговий елемент, пружна основа типу Вінклера, тангенціальна та нормальна жорсткість, власні форми, коливання.

1. Introduction

A numerical model of the circular element of transportation device with elastic foundation of Winkler type in the tangential and normal directions is investigated. The first eigenmodes of the investigated circular element of transportation device are determined and analyzed.

Investigation is based on the material about the dynamics of vibrating systems described in [1] – [5].

2. Model of the investigated system

Plane stress problem is investigated. Lagrange quadratic finite element with nine nodes is used.

Elastic foundation of Winkler type in the tangential and normal directions is assumed on the internal and external radiuses of the circular element of transportation device. Further x and y denote the orthogonal coordinates, while ξ denotes the local coordinate of the one dimensional quadratic element. Derivatives are calculated in the following way:

$$\begin{bmatrix} \frac{dx}{d\xi} & \frac{dy}{d\xi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{dN_1}{d\xi} & \frac{dN_2}{d\xi} & \frac{dN_3}{d\xi} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ x_3 & y_3 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

where $N_1, \dots$ denote the shape functions, $x_1, \dots$ denote nodal x coordinates and $y_1, \dots$ denote nodal y coordinates.

Calculation of the derivative of the longitudinal coordinate s is performed in the following way:

$$\frac{ds}{d\xi} = \sqrt{\left(\frac{dx}{d\xi}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\xi}\right)^2}. \quad (2)$$

Transformation into the local directions is performed by using the following matrix:

$$[T] = \begin{bmatrix} -\frac{dy}{d\xi} / \frac{ds}{d\xi} & \frac{dx}{d\xi} / \frac{ds}{d\xi} \\ \frac{dx}{d\xi} / \frac{ds}{d\xi} & \frac{dy}{d\xi} / \frac{ds}{d\xi} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Matrix relating displacements in the finite element with the nodal displacements has the following form:

$$[N] = \begin{bmatrix} N_1 & 0 & N_2 & 0 & N_3 & 0 \\ 0 & N_1 & 0 & N_2 & 0 & N_3 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

In order to obtain the displacements in the normal and tangential directions the following matrix is used:

$$[\bar{N}] = [T][N]. \quad (5)$$

The matrix of stiffness constants of elastic foundation of Winkler type is introduced:

$$[D] = \begin{bmatrix} k_n & 0 \\ 0 & k_t \end{bmatrix}, \quad (6)$$

where k_n is the stiffness of elastic foundation in the normal direction and k_t is the stiffness of elastic foundation in the tangential direction.

The elastic foundation with different stiffness coefficients in the tangential and normal directions gives the following stiffness matrix:

$$[K] = \int [\bar{N}]^T [D] [\bar{N}] ds. \quad (7)$$

3. Investigation of the eigenmodes of the system

In the following presentation r_1 is the internal radius of the circular element of transportation device and r_2 is the external radius of the circular element of transportation device.

The parameters of the investigated system are assumed to have the following values:

$$r_1 = 0.2, r_2 = 0.4, E = 6 \cdot 10^8, \nu = 0.3, h = 0.01, \rho = 785, k_n = 6 \cdot 10^{12}, k_t = 6 \cdot 10^6, \quad (8)$$

where E is the modulus of elasticity, ν is the Poisson's ratio, h is the thickness of the investigated system and ρ is the density of the material of the investigated system.

The first eigenmode is presented in Fig. 1. The second and third multiple eigenmodes are presented in Fig. 2. The fourth and fifth multiple eigenmodes are presented in Fig. 3. The sixth and seventh multiple eigenmodes are presented in Fig. 4.

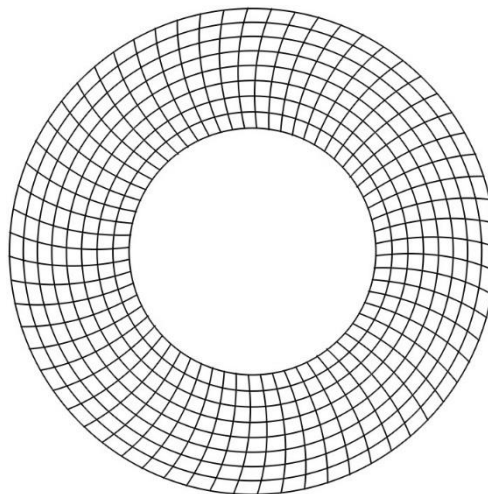


Figure 1 – The first eigenmode of the circular element of transportation device

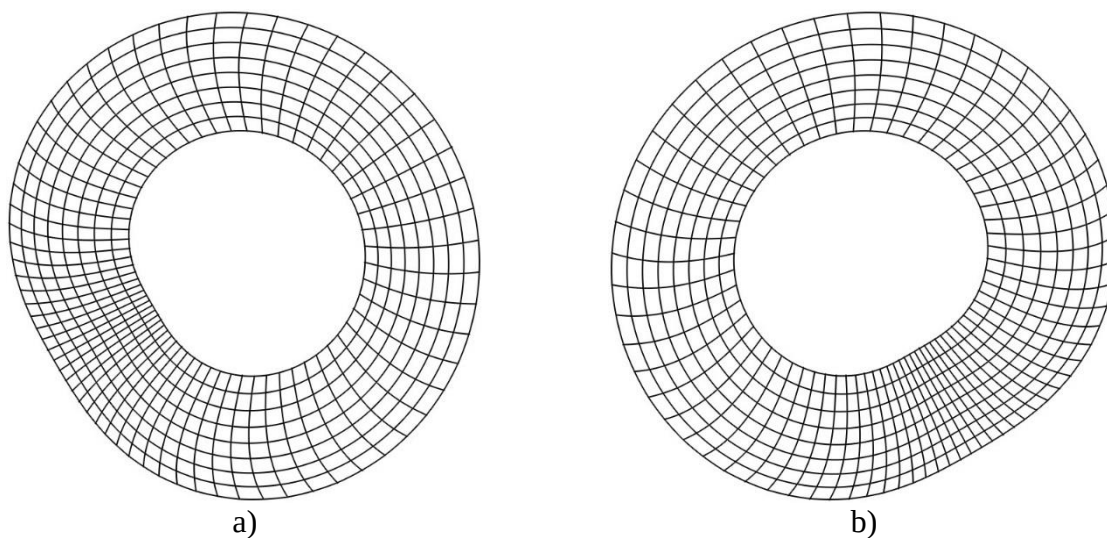


Figure 2 – The second and third multiple eigenmodes of the circular element of transportation device

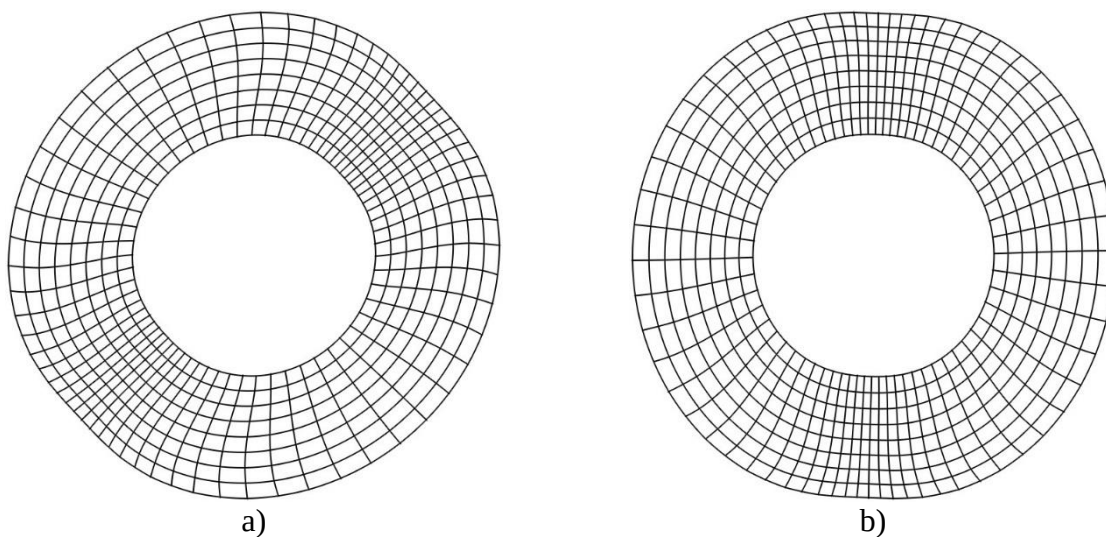


Figure 3 – The fourth and fifth multiple eigenmodes of the circular element of transportation device

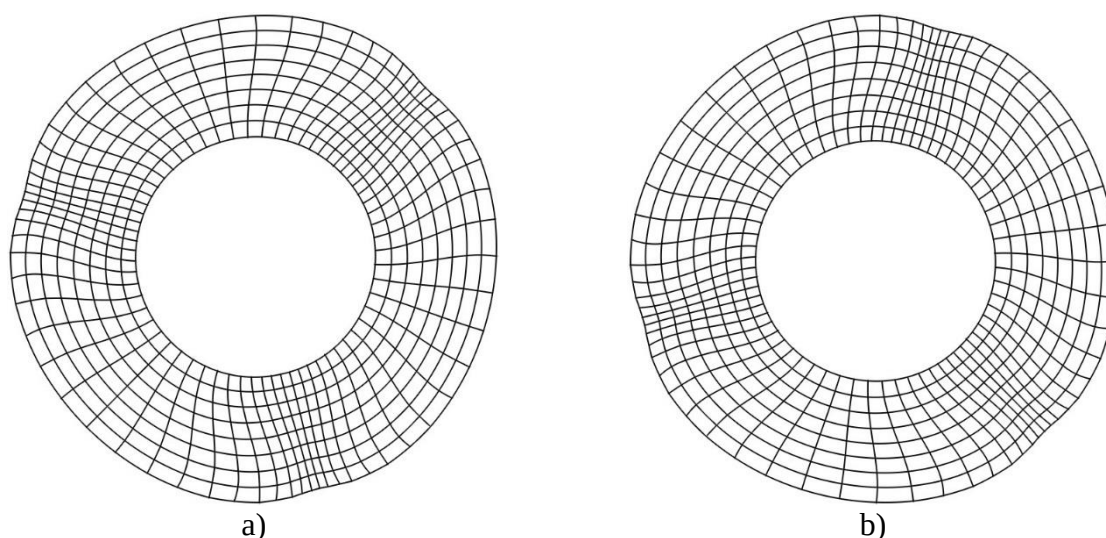


Figure 4 – The sixth and seventh multiple eigenmodes of the circular element of transportation device

The presented results are used in the process of design of elements of transportation devices.

4. Conclusions

First the numerical model of the circular element of transportation device is presented. The problem of plane stress is solved. Supplementary stiffness in the tangential and normal directions on the internal and external circular surfaces from the elastic foundation of Winkler type is taken into account.

The first eigenmodes of the circular element of transportation device are presented. The obtained results are used in the process of design of elements of transportation devices.

References

1. Ragulskis K., Pauliukas A., Paškevičius P., Maskeliūnas R., Maskeliūnas V., Kuzhel V., Ragulskis L. Investigation of reflection moire method for measurement of large amplitude vibrations of plate type structures. Materials of the XII International Scientific and Technical Internet – Conference “Problems and Prospects of Development of Automobile Transport”, April 16 – 18, 2024, Vinnytsia, Vinnytsia National Technical University, 2024, p. 28-32.
2. Ragulskis K., Pauliukas A., Paškevičius P., Spruogis B., Matuliasukas A., Mištinis V., Ragulskis L., Kuzhel V. Procedure for reproducing the transportation trajectory. Materials of the XVI-th International Scientific and Practical Conference “Modern Technologies and Prospects of Development of Automobile Transport”, October 23 – 25, 2023, Vinnytsia, Vinnytsia National Technical University, 2023, p. 25-28.
3. Ragulskis K., Pauliukas A., Paškevičius P., Spruogis B., Matuliasukas A., Mištinis V., Ragulskis L., Kuzhel V., Galushchak O. Investigation of dynamics of the pipe robot with impacts. Materials of the XIth International Scientific and Technical Internet – Conference “Problems and Prospects of Development of Automobile Transport”, April 13 – 14, 2023, Vinnytsia, Vinnytsia National Technical University, 2023, p. 18-22.
4. Maskeliūnas R., Ragulskis K., Pauliukas A., Paškevičius P., Bubulis A., Kuzhel V., Ragulskis L. Investigation of measurement of large amplitude vibrations by using the method of reflection moire. Agricultural Engineering, Vol. 53, 2021, p. 1-7.
5. Maskeliūnas R., Ragulskis K., Pauliukas A., Paškevičius P., Bubulis A., Ragulskis L. Reflection moire for the measurement of large amplitude vibrations. Modern Technologies and Prospects of Development of Motor Transport, XII International Scientific Practical Conference, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, 2019, p. 116-118.

Jūratė Ragulskienė – Doctor, Associate Professor, Department of Mathematical Modeling, Kaunas University of Technology, e-mail: jurate.ragulskiene@ktu.lt

Arvydas Pauliukas – Doctor, Lecturer, Department of Mechanical, Energy and Biotechnology Engineering, Vytautas Magnus University, e-mail: arvydas.pauliukas@vdu.lt

Petras Paškevičius – Doctor, Company “Vaivora”, e-mail: info@vaivorairko.lt

Rimas Maskeliūnas – Habilitated Doctor, Professor, Department of Printing Machines, Vilnius Gediminas Technical University, e-mail: rimas.maskeliunas@gmail.com

Vytautas Maskeliūnas – Bachelor, Graduate Student, Vilnius Gediminas Technical University, e-mail: vytautas.maskeliunas@stud.vgtu.lt

Volodymyr Kuzhel – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: kuzhel_v@vntu.edu.ua

Liutauras Ragulskis – Doctor, Junior research associate, Department of Systems Analysis, Vytautas Magnus University, e-mail: l.ragulskis@if.vdu.lt

УДК 629.113.004.6:620.1:620.92

Абрамек К.Ф., Балицький О.І., Колесніков В.О.

СУЧАСНІ КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ В ВОДНЕВИХ ТА ГІБРИДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ

Представлено загальний огляд сучасних конструкційних матеріалів, які розробляються, застосовуються та впроваджуються при виробництві водневих та гібридних автомобілів.

Ключові слова: конструкційні матеріали, автобус, водневий автобус, транспортні засоби, водневі автомобілі, гібридні автомобілі.

Based on available sources, a general overview of modern structural materials that are developed, used and implemented in the production of hydrogen and hybrid cars is made.

Key words: structural materials, bus, hydrogen bus, vehicles, hydrogen cars, hybrid cars.

Сучасна автомобільна промисловість перебуває у фазі глобальної трансформації, спричиненої потребою зниження викидів парникових газів та переходу до альтернативних джерел енергії. Водневі та гібридні транспортні засоби дедалі більше входять у серійне виробництво, що вимагає перегляду підходів до вибору конструкційних матеріалів.

У Польщі розвиток водневого транспорту та супровідної інфраструктури перебуває на динамічному етапі становлення, що відповідає загальноєвропейським тенденціям декарбонізації транспорту та переходу до сталих джерел енергії. Протягом останніх років зафіксовано суттєве зростання кількості водневих транспортних засобів, зокрема легкових автомобілів і автобусів на паливних елементах, що працюють на водні. Паралельно відбувається активне розширення мережі водневих заправних станцій, зокрема у ключових транспортних вузлах та великих містах, таких як Варшава, Катовіце, Познань та Краків. Ці процеси стимулюються як приватними інвестиціями, так і державною підтримкою, що свідчить про формування сприятливого середовища для інтеграції водневих технологій у транспортну систему країни.

У 2024 році в Польщі було зареєстровано 313 водневих легкових автомобілів, що на 44% більше порівняно з попереднім роком. Це свідчить про зростаючий інтерес до водневих технологій серед польських споживачів [1].

У вересні 2023 року групи Polsat Plus та ZE PAK відкрили першу публічну водневу заправну станцію у Варшаві під брендом NESO. Станція обслуговує як легкові автомобілі, так і автобуси, забезпечуючи швидке заправлення воднем [2].

Компанія ORLEN активно розширює мережу водневих заправних станцій. У грудні 2024 року було відкрито другу публічну станцію в Катовіце, що працює цілодобово та обслуговує як комерційні, так і приватні водневі транспортні засоби [3].

У планах ORLEN — будівництво водневих заправних станцій у таких містах, як Бельсько-Бяла, Гожув-Велькопольський, Краків, Варшава та Піла. Ці проекти отримали понад 60 мільйонів злотих безповоротної фінансової підтримки від ЄС [4].

За прогнозами, попит на відновлюваний водень у Польщі до 2035 року складе 514,5 тисяч тонн. Очікується, що до 2030 року в Польщі та Литві виникне значний дефіцит відновлюваного водню, тоді як у Латвії та Естонії можуть з'явитися надлишки [5].

У червні 2024 року польський ринок електромобілів демонстрував стійке зростання та розвиток інфраструктури. Загальна кількість електромобілів досягла 68 792 одиниць, що на 54% більше порівняно з попереднім роком [6].

Розвиток водневого транспорту в Польщі також включає впровадження водневих автобусів. Наприклад, компанія Solaris отримала найбільше в Європі замовлення на 130 водневих автобусів Urbino для італійського перевізника TPER [7].

Уряд Польщі підтримує розвиток водневої економіки, плануючи відкриття перших публічних водневих станцій. Міністерство клімату та навколишнього середовища планує конкурси на будівництво 2-3 водневих заправних станцій [8].

Найближчим часом ситуація кардинально зміниться, оскільки деякі міста зробили замовлення на 10 і більше водневих автобусів, які будуть введені в експлуатацію впродовж 2025, 2026 років. Лише на вулицях згаданих шести польських міст з'явиться понад 100 водневих автобусів: Хелм – 26 одиниць, Рибнік – 14, Гданськ – 10, Вальбжих – 20, Познань – 25, Люблін – 20 [9-11].

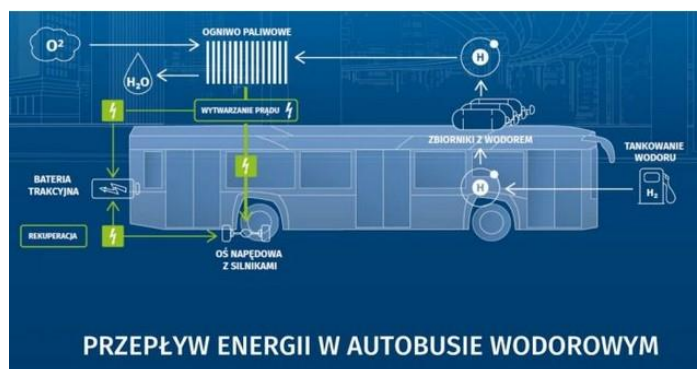


Рисунок 1 – Принципова схема автобуса на водневому паливі [9-11]



Рисунок 2 – Водневий автобус в Щеціні [9-11]

Увага до водню стала стимулом для промисловості Польщі – передусім, для виробників автобусів та паливних компаній. Це призвело до виникнення конкуренції на цьому ринку, що тільки-но зароджується. Зараз у країні активна конкуренція в сегменті водневих автобусів триває між двома гравцями – Solaris Bus & Coach та PAK-PCE Polski Autobus Wodorowy, ще дві компанії – польська Autosan та німецька Arthur Bus – роблять спроби зайняти свою нішу.

Використання водневих технологій сприяє зниженню викидів парникових газів та покращенню якості повітря в містах. Водневі транспортні засоби не виробляють шкідливих викидів, що робить їх екологічно чистою альтернативою традиційним видам транспорту.

Польща також бере участь у міжнародних проектах, спрямованих на розвиток водневої інфраструктури та технологій. Це включає співпрацю з іншими європейськими країнами у сфері досліджень та впровадження водневих рішень.

Розвиток водневого транспорту в Польщі є частиною ширшої стратегії переходу до відновлюваних джерел енергії та зниження залежності від викопних палив. Це відповідає європейським та світовим тенденціям у сфері екологічно чистого транспорту.

Загалом, Польща демонструє значний прогрес у розвитку водневого транспорту та

інфраструктури, що сприяє зменшенню викидів та переходу до стійких енергетичних рішень.

Основними критеріями при доборі конструкційних матеріалів є низька маса, висока механічна міцність, стійкість до корозії (в т.ч. водневої) та сумісність з елементами паливних систем. Важливо також забезпечити довговічність і безпеку під час тривалої експлуатації.

Наноструктуровані сплави демонструють підвищену стійкість до водневого впливу завдяки зменшенню дифузійних шляхів для водню та наявності численних меж зерен, які слугують пастками для атомів водню [12].

Композиційні матеріали на основі вуглецевих волокон забезпечують виняткове співвідношення міцність/маса, що є критичним для водневих авто, де важливо знизити масу для збільшення дальності ходу [13]. Вони знаходять застосування у виготовленні баків для зберігання водню під високим тиском.

У гібридних автомобілях важливим є вибір **термопластичних матеріалів** для батарейних блоків. Дослідження показують, що використання стійких термопластів покращує теплові характеристики та механічну міцність батарей, сприяючи підвищенню безпеки та ефективності транспортних засобів [14].

Високоміцні алюмінієві сплави серії 7xxx використовуються для зниження ваги автомобілів. Однак вони можуть бути схильні до водневої крихкості, що потребує додаткових досліджень для підвищення їхньої стійкості в умовах експлуатації [15].

Високоміцні сталі з підвищеною стійкістю до водневої крихкості розробляються для використання в конструкціях автомобілів, що працюють на водневому паливі, забезпечуючи безпеку та надійність.

Дослідження в галузі сучасного матеріалознавства спрямовані на створення матеріалів з високою щільністю зберігання водню, що може сприяти розвитку водневих технологій на транспорті.

Успішне впровадження водневих і гібридних транспортних засобів тісно пов'язане з прогресом у матеріалознавстві [14-42]. Сучасні конструкційні матеріали — це не лише елемент міцності, а й інструмент для енергетичної та екологічної ефективності.

Список використаних джерел

1. Total number of fuel cell electric passenger cars (FCEV) in Poland from 2021 to 2024. URL: <https://www.statista.com/statistics/1412010/poland-hydrogen-passenger-cars/>
2. The first hydrogen gas station was opened in Poland. How much does it cost to refuel a hydrogen car? 13 September, 2023. URL: https://eauto.org.ua/en/news/384-the-first-hydrogen-gas-station-was-opened-in-poland-how-much-does-it-cost-to-refuel-a-hydrogen-car?utm_source=chatgpt.com
3. ORLEN's second hydrogen refuelling station becomes available to general public in Poland. 23.12.2024. URL: https://www.orlen.pl/en/about-the-company/media/press-releases/2024/December-2024/orlens-second-hydrogen-refuelling-station-becomes-available-to-general-public-in-poland?utm_source=chatgpt.com
4. ORLEN to build hydrogen refuelling stations in more Polish cities. 14.09.2022. URL: https://www.orlen.pl/en/about-the-company/media/press-releases/2022/september-2022/ORLEN-to-build-hydrogen-refuelling-stations-in-more-Polish-cities?utm_source=chatgpt.com
5. The Demand for Renewable Hydrogen in Poland Will Amount to 514.5 Thousand Tons in 2035. July 2, 2024. URL: https://fuelcellsworks.com/news/the-demand-for-renewable-hydrogen-in-poland-will-amount-to-514-5-thousand-tons-in-2035?utm_source=chatgpt.com
6. June 2024 Polish Electric Vehicle Market Overview. 1 August 2024. URL: https://alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/general-information/news/june-2024-polish-electric-vehicle-market-overview?utm_source=chatgpt.com
7. Fuel cell bus. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Fuel_cell_bus?utm_source=chatgpt.com
8. Hydrogen economy. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_economy?utm_source=chatgpt.com#cite_note-127

9. Balitskii A. Kompendium wodorowe. H₂ Szczecin. Wodór napędem regionu. Przemysł Chemiczny, 103(1), 2024, s.9-11. <https://www.sigma-not.pl/publikacja-146967-h2-szczecin.-wod%C3%B3r-nap%C4%99dem-regionu-przemysl-chemiczny-2024-1.html> H₂Szczecin scientific and technical conference: Hydrogen as the driving force of the region, November 30, 2022, Szczecin, Poland. <https://h2szczecin.pl/>
10. Balitskii Alexander. III Ogólnopolska Konferencja „H₂Szczecin. Wodór napędem regionu”. Przemysł Chemiczny, 104(3), 2025, s.10-13. Balitskii Alexander. III Nationwide scientific and technical conference “H₂Szczecin, Hydrogen as the driving force of the region”. Przemysł Chemiczny, 104(3), 2025, s.10-13. <https://przemyslchemiczny.com/przemysl-chemiczny-3-2025/>
11. Микола Засядько. Водневі автобуси в Польщі: Перспективно, дорого і складно. URL: https://cfts.org.ua/articles/vodnevi_avtobusi_v_polschi_perspektivno_dorogo_i_skladno_2031/140906?utm_source=chatgpt.com
12. Dong, L., Wang, F., Wu, H.H. et al. Enhanced Hydrogen Embrittlement Resistance via Cr Segregation in Nanocrystalline Fe–Cr Alloys. Acta Metall. Sin. (Engl. Lett.) 36, 1925–1935 (2023). <https://doi.org/10.1007/s40195-023-01603-x>
13. Wen Zhang, Jun Xu, Advanced lightweight materials for Automobiles: A review, Materials & Design, Vol. 221, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2022.110994>
14. Bulut, M.S.; Ordu, M.; Der, O.; Basar, G. Sustainable Thermoplastic Material Selection for Hybrid Vehicle Battery Packs in the Automotive Industry: A Comparative Multi-Criteria Decision-Making Approach. Polymers 2024, 16, 2768. <https://doi.org/10.3390/polym16192768>
15. Martí López Freixes, Xuyang Zhou, Huan Zhao, Hélène Godin, Lionel Peguet, Timothy Warner, Baptiste Gault. Revisiting stress-corrosion cracking and hydrogen embrittlement in 7xxx-Al alloys at the near-atomic-scale. Materials Science. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.07058>
16. Wawrzyniec GOŁĘBIEWSKI, Tomasz OSIPOWICZ, Karol Franciszek ABRAMEK, Wojciech LEWICKI and Dominik GAŁDYŃSKI, Vol. 2024 (4) “Product Innovations in Hybrid Electric Vehicle Vehicles: Comparative Study of Carbon Dioxide Emissions and Operational Parameters of Selected Passenger Cars” Communications of International Proceedings, Vol. 2024 (4), Article ID 4341024, <https://doi.org/10.5171/2024.4341024>
17. Osipowicz, T.; Koniuszy, A.; Taustyka, V.; Abramek, K.F.; Mozga, Ł. Evaluation of Ecological Parameters of a Compression Ignition Engine Fueled by Diesel Oil with an Eco Fuel Shot Liquid Catalyst. Catalysts 2023, 13, 1513. <https://doi.org/10.3390/catal13121513>
18. Osipowicz, T.; Koniuszy, A.; Taustyka, V.; Abramek, K.F.; Mozga, Ł. Evaluation of Ecological Parameters of a Compression Ignition Engine Fueled by Diesel Oil with an Eco Fuel Shot Liquid Catalyst. Catalysts 2023, 13, 1513. <https://doi.org/10.3390/catal13121513>
19. W. Golebiewski, K. Prajwowski, K. Danilecki, M. Lisowski and K. F. Abramek, "Reducing the Fuel Consumption of an Hybrid Electric Vehicle With the Use of Model Predictive Control-Case Study," in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 72, no. 9, pp. 11458-11468, Sept. 2023, <https://ieeexplore.ieee.org/document/10102300>
20. Karol Franciszek ABRAMEK, Wawrzyniec GOŁĘBIEWSKI, Tomasz OSIPOWICZ, Wojciech LEWICKI and Oleh KLYUS, Vol. 2023 (6) “Green Transformation of Transport on The Example of Emission Assessment of Carbon Dioxide (CO₂) Emissions in Electric and Combustion Engine Vehicles During Operation” Communications of International. Proceedings, Vol. 2023 (6), Article ID 4238723, <https://doi.org/10.5171/2023.4238723>
21. Balitskii, A.; Kindrachuk, M.; Volchenko, D.; Abramek, K.F.; Balitskii, O.; Skrypnyk, V.; Zhuravlev, D.; Bekish, I.; Ostashuk, M.; Kolesnikov, V. Hydrogen Containing Nanofluids in the Spark Engine’s Cylinder Head Cooling System. Energies 2022, 15, 59. <https://doi.org/10.3390/en15010059>
22. Водневий вектор розвитку автомобільного транспорту // О.І. Балицький, В.О. Колесніков, О.О. Ревякіна, К.Ф. Абрамек, Л.М. Іваськевич, М.Р. Гаврилюк, Є.Б. Колеснікова // XIV Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», м. Вінниця, 25-27 жовтня 2021 року. С. 22 – 25.

23. Балицький О.І., Колесніков В.О., Гаврилюк М.Р. Стан розвитку та впровадження водневих технологій. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту. IX-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф. Матеріали. 14-15 квітня 2021 р., м. Вінниця, 2021. С. 15 – 19.
24. Риб'янець С. Р., Колесніков В. О. Розвиток та впровадження водневих технологій на автомобільному транспорті. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту. IX-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф. Матеріали. 14-15 квітня 2021 р., м. Вінниця, 2021. С. 223 – 226.
25. Бувалець М. Ю., Рулевська Т. Ф., Колесніков В. О. Стан впровадження водневих технологій на сучасному транспорті // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 31 - 36.
26. Рулевська Т. Ф., Єльбакієв Д. Г., Колесніков В. О. Перспективи «водневих» автомобілів // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 168 – 172.
27. Балицький О.І., Колесніков В.О., Іщенко Б.М. Передумови створення водневої інфраструктури для транспортної галузі. Частина 1. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 23–30.
28. Балицький О.І., Колесніков В.О., Іщенко Б.М. Передумови створення водневої інфраструктури для транспортної галузі. Частина 2. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 31–45.
29. Балицький О.І., Еліаш Я., Колесніков В.О. Сучасні уявлення про водневе матеріалознавство та водень // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД”. 19 квітня 2013 р., м. Краснодар. С. 32 - 38.
30. Балицький О.І., Колесніков В.О., Гребенюк С.О., Еліаш Я.Я., К.Ф. Абрамек. Устаткування для технічної діагностики системи поршень-втулка-циліндр при зношуванні конструкційних сплавів у воденьвмісному газовому середовищі. Патент на корисну модель України 127154 від 25.07.18, МПК (2016.01) G01N 3/56 (2006.01) G01N 15/10 (2006.01). Заявка № u 2017 11856; Чинна від 4.12.2017.- 4 с. Бюл. № 14, 25.07.2018.
31. Колесніков В.О. Водневі технології. Частина 1. Легкові водневі автомобілі. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 144–157.
32. Колесніков В.О. Водневі технології. Частина 2. Вантажні водневі автомобілі. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 158–165.
33. Колесніков В. О. Роль зеленого водню для транспортної галузі // Матеріали X-ої міжнародної науково-технічної інтернет- конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2022, Вінницький національний технічний університет. – Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 127 – 131.
34. Верещун А. В., Ануфрієв В. А., Колесніков В. О. Висвітлення деяких недоліків та переваг гібридних та водневих автомобілів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 71–74.
35. В.О. Колесніков. Впровадження водневих технологій на транспорті та суміжних галузях. XVI Міжнар. наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 179-181.
36. Р.С. Сидоренко, В.А. Ануфрієв, В.О. Колесніков. Нові технології в галузі

автомобільного водневого транспорту. XVI Міжнар. наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 317-319.

37. Іщенко Б.М., Крива Є.М., Фірсов О.І., Колесніков В.О. Приклади впровадження водневих технологій. Сучасна наука: стан, проблеми, перспективи: І-ша Всеукраїнська наук.-практ. інтернет-конф., 14-15 квітня 2020 р.: матеріали. Старобільськ, ДЗ «ЛНУ ім. Тараса Шевченка», 2020. С. 125–127.

38. Субота В.К., Жуков В.В., Колесніков В.О. Деякі інновації на ринку водневих автомобілів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 322–325.

39. Гібридні та електричні транспортні засоби. Підрозділ: «Водневий транспорт та водневі технології»: конспект лекцій з дисципліни «Гібридні та електричні транспортні засоби», для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівня денної та заочної форм навчання спеціальності 015.38 «Професійна освіта» освітньої-професійної програми «Транспорт»/ В. О. Колесніков ; Держ. закл. «Луган. нац. ун-т імені Тараса Шевченка». Полтава: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. 118 с.

40. Колесніков В.О. Водневі автомобілі та водневий транспорт. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 153–156.

41. Балицький О. І., Колесніков В. О., Гаврилук М. Р., Іваськевич Л. М. Діагностика та розбудова водневої інфраструктури. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 37–40.

42. Смирнов Є.В. Перспективи використання гібридних автомобілів на водневих паливних елементах. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. – 316 - 318.

Абрамек Кароль Францішек – доктор габілітований (техн. науки), інж., кафедри експлуатації автомобілів, факультету механічної інженерії та мехатроніки, Західнопоморського технологічного університету, м. Щецин, Польща.

Балицький Олександр Іванович – д.т.н., проф. провідний науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневомісних середовищах Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів, кафедра експлуатації автомобілів, Західнопоморського технологічного університету у Щеціні, м. Щецин, Республіка Польща.

Колесніков Валерій Олександрович – к.т.н., доцент кафедри технологій виробництва та професійної освіти, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни.

Abramek Karol Franciszek – Ph.D. (habilitated), Engineer, Department of Vehicle Operation, Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics, West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Poland.

Balitskii Olexsandr – professor, leading researcher at the Department of strength of materials and structures in hydrogen-containing environments, Karpenko Physico-Mechanical Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Department of Vehicle Operation, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Szczecin, Poland.

Kolesnikov Valerii – PhD in Engineering sciences of the Department of Production Technologies and Professional Education, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny.

УДК 656.025

Аданніков С.С.

ПРОБЛЕМАТИКА ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ ПРИ ІМПОРТІ ТОВАРІВ В УКРАЇНУ

Проаналізовано основні проблеми логістичних процесів на автомобільному транспорті при імпорті товарів в Україну з Європи та Китаю, комплексна оцінка яких, дозволила оцінити їх вплив на швидкість та якість надання транспортно-логістичних послуг.

Ключові слова: логістика, транспортна логістика, GPS-моніторинг, блокчейн, CRM-системи.

The main problems of logistics processes in road transport when importing goods to Ukraine from Europe and China have been identified, the comprehensive assessment of which made it possible to assess their impact on the speed and quality of the provision of transport and logistics services.

Keywords: logistics, transport logistics, GPS monitoring, blockchain, CRM systems.

Вступ

Імпорт товарів в Україну має надзвичайно важливе економічне значення. Проте процеси міжнародної логістики супроводжуються рядом проблем, що знижують ефективність доставки та збільшують витрати. Враховуючи сучасні виклики, такі як зміни в законодавстві, політичні ризики та технічні бар'єри, аналіз і оптимізація логістичних процесів є актуальним завданням.

Метою роботи є визначення основних проблем у транспортній логістиці під час перевезення вантажів автомобільним транспортом.

Результати дослідження

Основні проблеми логістики при імпорті товарів в Україну.

1. Тарифні та нетарифні бар'єри. Незважаючи на дію Угоди про асоціацію між Україною та ЄС [1], митне оформлення часто супроводжується затримками через бюрократичні процедури. Імпорт з Китаю додатково ускладнюється перевітками на відповідність стандартам і сертифікацією продукції.

2. Транспортна інфраструктура. Українська транспортна інфраструктура має потребу в модернізації. Зношеність залізничного та автомобільного парку, обмежені можливості морських портів та терміналів призводять до затримок вантажів.

3. Логістичні витрати. Значна частина вартості імпортованого товару припадає на логістичні витрати. Висока вартість пального, платні дороги в Європі, додаткові витрати на митні послуги збільшують загальні витрати бізнесу.

4. Політичні та економічні ризики. Військові дії та нестабільність у регіоні значно впливають на безпеку перевезень. Частина сталих маршрутів стає небезпечною або недоступною, що змушує шукати обхідні шляхи.

5. Інтеграція цифрових технологій. Низький рівень цифровізації логістичних процесів призводить до відсутності прозорості на етапах транспортування. Використання трекінгових систем, електронного документообігу та автоматизації митного оформлення досі є недостатнім.

Для вирішення вищезгаданих проблем існують наступні шляхи:

Модернізація інфраструктури через залучення інвестицій.

Спрощення митних процедур та впровадження "єдиного вікна" для оформлення вантажів.

Розвиток мультимодальних перевезень (зокрема використання залізничних маршрутів Китай-Європа-Україна).

Активне впровадження цифрових рішень у сфері логістики.

Державна підтримка страхування ризиків для імпортерів.

На основі отриманих даних видно, що на даному етапі часу коректно активно впроваджувати різноманітні цифрові рішення для вирішення актуальних проблем [2]. В таблицю 1 зведено варіанти рішень проблем, їх опис та вплив на логістику.

Таблиця 1 – Вплив цифрових рішень на логістику

№	Цифрове рішення	Опис	Вплив на логістику
1	TMS (Transportation Management System)	Платформи для планування та моніторингу маршрутів	Скорочення часу доставки, оптимізація витрат
2	Електронний документообіг (EDI)	Обмін електронними документами	Прискорення оформлення вантажів, зменшення помилок
3	GPS-моніторинг	Відстеження вантажу в реальному часі	Підвищення безпеки та прогнозованості доставки
4	Блокчейн	Непідробні дані про рух товарів	Підвищення прозорості ланцюга постачання
5	IoT (Інтернет речей)	Датчики на транспортних засобах і контейнерах	Контроль за умовами транспортування
6	Автоматизація митного оформлення	Використання AI та інтеграція з держсистемами	Скорочення часу проходження митниці
7	Big Data та аналітика	Аналіз великих обсягів даних для прогнозування	Оптимізація маршрутів, зменшення затримок
8	CRM-системи для замовлень	Управління обробкою і супроводом клієнтів	Підвищення рівня сервісу і клієнтської лояльності

Висновки

Ефективність логістичних процесів безпосередньо впливає на конкурентоспроможність імпорту в Україну. Вирішення існуючих проблем вимагає комплексного підходу, що поєднує модернізацію інфраструктури, удосконалення законодавства та впровадження сучасних технологій.

Список використаної літератури

1. Угода між Україною та Європейським Союзом про вантажні перевезення автомобільним транспортом № 654/2022 від 16.09.2022 [Електронний ресурс].
2. Кужель В. П. Перспективи розвитку вантажних перевезень в Україні в умовах сьогодення / В.П. Кужель, С.П. Куліш, Д.С. Литвинчук, М.С. Пашенько // Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. –Вінниця: ВНТУ, 2023. –С. 198-202. ISBN 978-966-641-950-0.

Аданніков Сергій Сергійович — асистент кафедри автомобілі та транспортний менеджмент, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: serhii1997adannikov@gmail.com

Adannkov Serhii — assistant of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

УДК 378.1+378.9

Аль-Амморі А.Н., Іщенко Р.М., Малиш М.І.

РЕКУПЕРАЦІЯ ЕНЕРГІЇ ПІД ЧАС ГАЛЬМУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СУПЕРКОНДЕНСАТОРІВ

У роботі отримано співвідношення для визначення величини електричного заряду суперконденсатора, якого він набуває за рахунок енергії рекуперативного гальмування електромобіля. Виконано розрахунок значень електричного заряду суперконденсатора для діапазону швидкостей руху електромобіля від 10 до 70 км/год. Встановлено, що електричний заряд суперконденсатора суттєво збільшується зі зростанням швидкості руху електромобіля, під час якої транспортний засіб почав процес гальмування.

Ключові слова: рекуперативне гальмування, електричний заряд суперконденсатора, кінетична енергія, швидкість електромобіля, опір коченню, опір повітря.

The paper obtained a ratio for determining the value of the electric charge of a supercapacitor, which it acquires due to the energy of regenerative braking of an electric car. The values of the electric charge of a supercapacitor for the range of speeds of an electric car from 10 to 70 km/h were calculated. It has been established that the electric charge of the supercapacitor increases significantly with increasing speed of the electric car, during which the vehicle begins the braking process.

Keywords: regenerative braking, supercapacitor electric charge, kinetic energy, electric car speed, rolling resistance, air resistance.

Вступ. Основними технічними характеристиками електромобілів, які забезпечують їх конкурентоспроможність з автомобілями, є запас ходу (мінімум 400 км) й час перезарядки на електрозаправках (не більше однієї години). Достатній запас ходу електромобілів може бути досягнутий наявністю акумуляторів великої ємності. Для підвищення запасу ходу електромобілів розробляються і впроваджуються різні енергозберігаючі та рекуперативні технології, зокрема, системи рекуперативного гальмування, амортизатори рекуперації та ін. Однак, під час практичного використання запропонованих систем збору енергії виникають суттєві проблеми, пов'язані зі складністю конструкції вказаних систем і технологій та їх установкою на реальному транспортному засобі. Відповідно, розробка конструкційно простої і водночас ефективної технології збору енергії під час гальмування електромобіля з використанням суперконденсаторів є актуальною науково-технічною задачею.

Отже, **мета дослідження** полягає у розробці технології збору енергії під час гальмування електромобіля з використанням суперконденсаторів.

Результати дослідження. Відомо, що після вимкнення електродвигуна, кінетична енергія електромобіля (E_k), що рухається зі швидкістю v , витрачається на роботу сили опору кочення коліс електромобіля ($A_{ок}$), роботу сили опору повітря ($A_{он}$) та на енергію, що виділяється під час рекуперативного гальмування (E_z):

$$E_k = A_{ок} + A_{он} + E_z. \quad (1)$$

Кінетична енергія електромобіля масою m , що рухається зі швидкістю v :

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}. \quad (2)$$

Робота сили опору кочення коліс електромобіля визначається співвідношенням [1]:

$$A_{ок} = m \cdot g \cdot f_k \cdot S, \quad (3)$$

де g – прискорення вільного падіння;

f_k – коефіцієнт опору коченню;

S – гальмівний шлях автомобіля.

Робота сили опору повітря під час руху електромобіля визначається співвідношенням [1]:

$$A_{\text{оп}} = \frac{\rho \cdot C_x \cdot A \cdot v^2 \cdot S}{2}, \quad (4)$$

де ρ – густина повітря;

C_x – коефіцієнт опору повітря, що визначається окремо для кожного типу кузова транспортного засобу;

A – лобова площа електромобіля, тобто площа проекції електромобіля на площину, перпендикулярну до його повздовжньої осі.

Отже, з врахуванням формул (2), (3) і (4), рівняння (1) набуває вигляду:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = m \cdot g \cdot f_k \cdot S + \frac{\rho \cdot C_x \cdot A \cdot v^2 \cdot S}{2} + E_z. \quad (5)$$

Енергія, що виділяється під час рекуперативного гальмування:

$$E_z = \frac{m \cdot v^2}{2} - m \cdot g \cdot f_k \cdot S - \frac{\rho \cdot C_x \cdot A \cdot v^2 \cdot S}{2}. \quad (6)$$

Необхідно відзначити, що частка енергії рекуперативного гальмування, що може перетворитися в енергію електричного струму і поповнити заряд суперконденсатора або акумулятора електромобіля, складає 70 %. Тобто, ККД рекуперації в електромобілі $\eta=0.7$ [2]. Отже, з врахуванням ККД рекуперації енергія рекуперативного гальмування визначається співвідношенням:

$$E_p = \eta \cdot E_z, \quad (7)$$

з врахуванням формули (6):

$$E_p = \eta \cdot \left(\frac{m \cdot v^2}{2} - m \cdot g \cdot f_k \cdot S - \frac{\rho \cdot C_x \cdot A \cdot v^2 \cdot S}{2} \right). \quad (8)$$

Енергія зарядженого суперконденсатора (E_3) визначається співвідношенням [3]:

$$E_3 = \frac{C \cdot U^2}{2} = \frac{q \cdot U}{2}, \quad (9)$$

де C – електроємність суперконденсатора;

U – напруга між обкладками суперконденсатора;

q – електричний заряд суперконденсатора.

Якщо вважати, що енергія рекуперативного гальмування E_p дорівнює енергії зарядженого суперконденсатора E_3 , то, прирівнявши формули (8) і (9), отримаємо наступне рівняння:

$$\eta \cdot \left(\frac{m \cdot v^2}{2} - m \cdot g \cdot f_k \cdot S - \frac{\rho \cdot C_x \cdot A \cdot v^2 \cdot S}{2} \right) = \frac{q \cdot U}{2}. \quad (10)$$

З рівняння (10) електричний заряд суперконденсатора дорівнює:

$$q = \frac{2 \cdot \eta}{U} \cdot \left(\frac{m \cdot v^2}{2} - m \cdot g \cdot f_k \cdot S - \frac{\rho \cdot C_x \cdot A \cdot v^2 \cdot S}{2} \right). \quad (11)$$

Як видно зі співвідношення (11), під час розрахунку заряду суперконденсатора ключовою змінною величиною є швидкість руху (v) електромобіля. Інші величини, що входять до співвідношення (11), не змінюються з часом. Розрахунки проводилися для поширеного у нашій країні електромобіля Nissan Leaf. Технічні характеристики вказаного електромобіля та фізичні сталі, що використовувалися під час розрахунку представлено у роботі [1]. Значення електричного заряду суперконденсатора (в А·год), розраховане за співвідношенням (11), якого він набуває за рахунок енергії рекуперативного гальмування для різного діапазону швидкостей електромобіля, під час яких транспортний засіб почав процес гальмування наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення заряду суперконденсатора під час рекуперативного гальмування

Швидкість електромобіля v , км/год	10	20	30	40	50	60	70
Електричний заряд q , А·год	0.55	3.29	7.63	13.9	22.1	32.1	43.3

Висновки. У роботі отримано співвідношення для визначення величини електричного заряду суперконденсатора, якого він набуває за рахунок енергії рекуперативного гальмування електромобіля. Ключовою змінною величиною в зазначеному співвідношенні є швидкість руху електромобіля, під час якої транспортний засіб почав процес гальмування.

Виконано розрахунок значень електричного заряду суперконденсатора для широкого діапазону швидкостей руху електромобіля (від 10 до 70 км/год). Встановлено, що електричний заряд суперконденсатора суттєво збільшується зі зростанням швидкості руху електромобіля. Відповідно, найбільш ефективне використання запропонованого методу отримання додаткової електричної енергії за рахунок рекуперативного гальмування виявляється в діапазоні швидкостей руху, що перевищують 40 км/год.

Список використаних джерел

1. Аль-Амморі А.Н., Іщенко Р.М., Верховецька І.М. Розрахунок балансу потужності електромобіля під час рівномірного руху. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науковий журнал.* 2022. Випуск 1 (51). С. 3-10. DOI: 10.33744/2308-6645-2022-1-51-003-010.
2. Рекуперативне гальмування в електромобілях. *Ecofactor.* 2025. Режим доступу: <https://ecofactortech.com/ua/rekuperatyvne-galmutvannya-v-elektromobilyah-prostymy-slovamy/>.
3. Partridge J., Abouelamaimen D.I. The role of supercapacitors in regenerative braking systems. *Energies.* 2019. № 12. Р. 2683 (15). <https://doi.org/10.3390/en12142683>.

Аль-Амморі Алі Нурддинович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки факультету транспортних та інформаційних технологій Національного транспортного університету.

Іщенко Руслан Миколайович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки факультету транспортних та інформаційних технологій Національного транспортного університету.

Малиш Микола Іванович – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри інформаційно-аналітичної діяльності та інформаційної безпеки факультету транспортних та інформаційних технологій Національного транспортного університету.

Al-Ammouri Ali – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Information Analysis and Information Security, [Faculty of Transport and Information Technologies](#), National Transport University.

Ishchenko Ruslan – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Information Analysis and Information Security, [Faculty of Transport and Information Technologies](#), National Transport University.

Malysh Mykola – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Department of Information Analysis and Information Security, [Faculty of Transport and Information Technologies](#), National Transport University.

УДК 656.13.07(075.8)

Антонюк О.П., Галушак Д.О.

МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКІВ ВІДМОВ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА БЕЗПЕКУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Обґрунтовано необхідність контролю якості запасних частин, що впливають на безпеку експлуатації автотранспортних засобів на підприємствах автомобільного транспорту. Розглянуто деякі особливості визначення безвідмовності агрегатів та вузлів транспортних засобів від рівня дефектності у партіях запасних частин.

Ключові слова: матеріально-технічне забезпечення, технологічний процес, управління запасами, рівень дефіциту, рівень обслуговування, інвентарний контроль, планування поставок запасних частин, ймовірність, очікування.

The necessity of quality control of spare parts affecting the safety of operation of motor vehicles at motor transport enterprises is substantiated. Some features of determining the reliability of units and assemblies of vehicles from the level of defects in batches of spare parts are considered.

Keywords: logistics, technological process, inventory management, shortage level, service level, inventory control, spare parts supply planning, probability, expectation.

Як зазначалося вище, відмова однієї деталі у вузлі (агрегаті) часто призводить до відмови вузла (агрегату) в цілому, наслідки якого призводять до позапланового повернення з лінії або неможливості виходу на неї; до простоїв рухомого складу, як в очікуванні ЗЧ, так і в очікуванні ремонту; до збільшення ймовірності дорожньо-транспортних пригод. До таких відмов АТЗ відносяться відмови систем управління, таких як кермові механізми, тяги, підсилювачі, гальмівні циліндри (головний, робітники) з нормою пробігу до їх заміни на 30 тис. км, [1-3].

Якщо рухомий склад ПАТ в основному експлуатується по одних і тих же маршрутах у будь-який час року, а також повністю використовує свою вантажопідйомність, то напруження, інтенсивність та умови експлуатації приймемо за однакові, але з урахуванням непередбачених факторів (дефект у деталях). Не можна стверджувати, що потік відмов у системах управління буде лінійною залежністю, тобто. $\Delta t_1 \neq \Delta t_2 \neq \Delta t_3$ і т.д. Новий встановлений вузол починає свою експлуатацію в той момент, коли у попереднього вузла добіг кінця термін служби. Перший елемент відпрацьовує час Δt_1 , другий - Δt_2 , третій - Δt_3 і т.д.

Випадкова ситуація, що складається в період експлуатації рухомого складу, у разі миттєвого відновлення працездатного стану системи управління, що відмовила шляхом заміни якого-небудь вузла, показана на рис. 1.

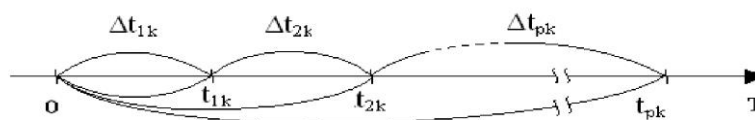


Рисунок 1 – Випадкова ситуація в період експлуатації рухомого складу

На рисунку 1 видно, що вузол системи управління починає свою роботу в момент часу $t = 0$ і, відпрацювавши випадковий час Δt_{1k} , виходить з ладу в момент $t_{1k} = \Delta t_{1k}$. У цей момент вузол миттєво змінюють на новий, і він знову працює випадковий час Δt_{2k} . Через деякий час вузол рухомого складу знову виходить з ладу в момент $\Delta t_{2k} = t_{1k} + t_{2k}$ і знову миттєво відновлюється (відбувається заміна).

Протягом напрацювання на деталі та вузли систем управління різною мірою впливають ті чи інші фактори, такі як стан дорожнього полотна; якості проведення ТО та ПР; якості що поставляються ЗЧ; температури довкілля; інтенсивність експлуатації; кваліфікації робочого персоналу, відповідно інтервали часу між відмовами являють собою систему взаємно незалежних випадкових величин із щільностями розподілу напрацювань між відмовами, [4].

У процесі експлуатації рухомого складу моменти відмов чи відновлень вузлів утворюють ряди чисел:

$$t_{pk} = \sum_{i=1}^p \Delta t_{ik} = \sum_{i=1}^{p-1} \Delta t_{ik} + \Delta t_{pk}, \quad (1)$$

де t_{ik} – напрацювання вузла до i -ї відмови в k -й період, годину;

Δt_{ik} - напрацювання вузла між $(i-1)$ -ми та i -м відмовами в k -й реалізації, год.,

Числа $t_{1k}, t_{2k}, \dots, t_{pk}$ утворюють випадковий потік, що є відновлювальним процесом, який, як зазначалося вище, буде різним для вузлів систем управління і продовжується до списання рухомого складу [5].

Для дослідження надійності вузлів систем управління рухомого складу (як ремонтіваних, так і неремонтіваних) використовують три типи процесів:

1) простий, тобто коли всі функції розподілу напрацювань до першої і між наступними відмовами $F_i(t)$ рівні між собою, зустрічається вкрай рідко;

2) загальний, тобто коли вид функції розподілу напрацювання до першої відмови вузла, встановленого заводом-виробником, відрізняється від виду функцій розподілу напрацювань вузлів при наступних замінах на нові (відремонтівані), тобто $F_i(t) \neq F_1(t)$, $i = 2, 3, 4, \dots$. Може виникнути у разі подальшого встановлення вузлів низької якості або ремонту.

3) складний (найпоширеніший), тобто коли всі функції розподілу $F_i(t)$ різні через вплив великої кількості факторів, що змінюються на рухомий склад і, зокрема, на вузли.

Головною характеристикою відновного процесу є функція відновлення $\Omega(t)$, а також її диференціальна характеристика - щільність відновлення $\omega(t)$, що визначаються за формулами:

$$\Omega(t) = \sum_{n=1}^{\infty} F_n(t); \quad (2)$$

$$\omega(t) = \sum_{n=1}^{\infty} f_n(t). \quad (3)$$

де $f_n(t)$ та $F_n(t)$ - відповідно щільність та функція розподілу напрацювання до n -го відмови.

У тому випадку, коли напрацювання між відмовами незалежні один від одного, функції розподілу $F_n(t)$ напрацювань до n -ї відмови знаходяться шляхом послідовного застосування математичних операцій для суми двох випадкових величин:

$$F_n(t) = F_{n-1}(t) \cdot F(\Delta t_n) = \int_0^t F_{n-1}(t - \Delta t) \cdot dF(\Delta t) \quad (4)$$

Необхідно врахувати, що складність одержання аналітичних виразів для $\Omega(t)$ та $\omega(t)$ за формулами (2) та (3) у тому, що вираз (4) лише деяких законів розподілу обчислюється у кінцевому вигляді. Застосовувати аналітичні способи розрахунку щільності $\omega(t)$ та функції відновлення $\Omega(t)$ не рекомендується, оскільки необхідна математична формалізація стратегій

відновлення працездатності рухомого складу, що використовуються, є досить складною операцією, зокрема через необхідність урахування безлічі факторів, які впливають на заміну вузлів у рухомому складі. З урахуванням цих умов найбільш ефективним методом розрахунку $\Omega(t)$ та $\omega(t)$ є метод Монте Карло, при якому розрахунок провідної функції і параметра потоку відмов вузлів у випадках простого, загального або складного процесів здійснюється таким чином.

Відповідно до загальноприйнятих законів розподілу напрацювань елементів (вузлів систем управління) із застосуванням формул перетворення моделюються ряди випадкових величин між i -ми відмовами. Розмірність кожного ряду дорівнює N .

Потім розраховуються значення напрацювань до i -ї відмови:

$$t_{ik} = t_{(i-1)k} + \Delta t_{ik} \quad (5)$$

де i - номер фактора ризику (відмови);

k - кількість факторів при моделюванні;

Отримані випадкові величини напрацювань групуються за часовими інтервалами.

Параметр та провідна функція потоку відмов вузлів систем управління в j -му часовому інтервалі визначаються за такими формулами, [5-6]:

$$\omega_j(t) = \sum_{i=1}^p \frac{n_{ij}}{\Delta t \cdot N} = \frac{n_j}{\Delta t \cdot N}; \quad (6)$$

$$\Omega_j(t) = \sum_{j=1}^h \sum_{i=1}^p n_{ij} = \frac{S_j}{N}, \quad (7)$$

де n_{ij} - число влучень випадкового напрацювання до i -ї відмови t_{ik} в j -й часовий інтервал ($j = \overline{1, h}$) за N реалізацій.

$$n_j = \sum_{i=1}^p n_{ij} \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^h \sum_{i=1}^p n_{ij} = \begin{cases} S_1 = n_1; \\ S_2 = n_1 + n_2; \\ \dots\dots\dots; \\ S_h = n_1 + n_2 + \dots + n_j + \dots + n_h. \end{cases} \quad (9)$$

де h - максимальна кількість інтервалів часу.

Далі визначаються залежності безвідмовності систем АТЗ від рівня дефектності в партіях ЗЧ (рис. 2).

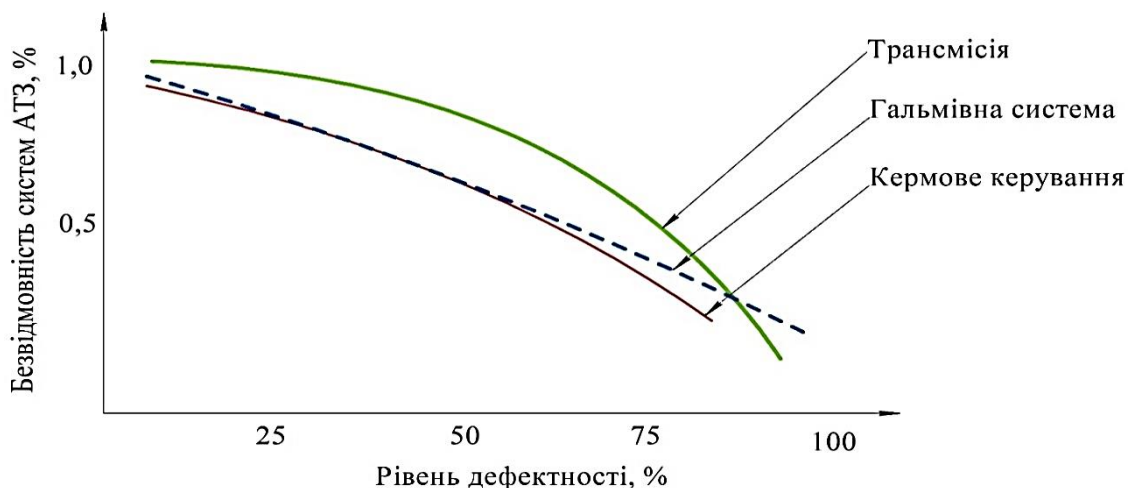


Рисунок 2 - Залежність безвідмовності систем АТЗ від рівня дефектності у партіях ЗЧ

Графіки показують падіння показників безвідмовності АТЗ загалом, незалежно від того у яких вузлах (системах) виявлено дефектні ЗЧ.

Ця методика є найбільш ефективною, оскільки дозволяє математично формалізувати застосовувані стратегії відновлення працездатного стану рухомого складу і враховує безліч факторів, таких, як технологічні, експлуатаційні та ін., що впливають на заміну вузлів систем керування рухомого складу. Це важлива умова безперебійного функціонування рухомого складу, чому сприяє грамотна робота матеріально-технічного забезпечення ПАТ.

Список використаних джерел

1. Андрусенко С. І., Січко О. Є., Бугайчук О. С. Дослідження впливу постачання запчастин на роботу виробничої системи підприємства автосервісу. Вісник Національного транспортного університету, 2010. № 20. С. 187–192.

2. Біліченко В.В., Макаров В.А., Макарова Т.В., Антонюк О.П. Про раціональний підхід до забезпечення запасними частинами вантажних АТП регіону. Луцький національний технічний університет. Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки»), вип. 62, 2018. С. 29-35.

3. Біліченко В. В., Антонюк О. П. Обґрунтування критеріїв оцінки ефективності вибору запасних частин, що зберігаються на складі АТП для підтримки в справному стані його рухомого складу. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки, 2016. №2(77). С. 56–61.

4. Біліченко В. В., Макаров В. А., Макарова Т. В., Антонюк О. П. Характеристика концепції щодо впровадження раціонального забезпечення регіонального вантажного АТП запасними частинами. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки, 2018. № 2 (82). С. 21 - 24.

5. Литвишко Л. О. Організація постачання запасними частинами об'єктів автотранспортних систем. Вісник Національного транспортного університету, 2010. № 21(1). С. 376 – 378.

6. Лукінський В.С., Бережний В.І., Бережна Є.В. Логістика автомобільного транспорту: навч. допомога. Харків: Фінанси та статистика, 2014. – 368 с.

Антонюк Олег Павлович, к.т.н., доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: AntonukOP@gmail.com.

Галушчак Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: galuschak.d@vntu.edu.ua.

Antoniuk Oleg P., Ph.D., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: AntonukOP@gmail.com.

Galushchak Dmytro O., Ph.D., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: galuschak.d@vntu.edu.ua.

УДК 629.331:534.8

Артюх О.М.

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЛАВНОСТІ ХОДУ ТА ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ВІБРАЦІЙ У АВТОБУСАХ: АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ДЛЯ УМОВ УКРАЇНИ

Проблема вібрацій і шуму в автобусах є критичною для України через незадовільний стан доріг, що знижує комфорт пасажирів і ефективність транспорту. Дослідження планує комплексний аналіз і моделювання для оптимізації плавності ходу. Новизна – у адаптації рішень до місцевих умов. Очікується покращення якості перевезень і зниження експлуатаційних витрат.

Ключові слова: плавність ходу, вібрації, шум, автобуси, дорожні умови, комфорт пасажирів, адаптивні підвіски.

The issue of vibrations and noise in buses is pressing for Ukraine due to poor road conditions, impacting passenger comfort and transport efficiency. The study plans a comprehensive analysis and modeling to optimize ride smoothness. Its novelty lies in adapting solutions to local conditions. Expected outcomes include enhanced transportation quality and reduced operational costs.

Key words: ride smoothness, vibrations, noise, buses, road conditions, passenger comfort, adaptive suspensions.

АКТУАЛЬНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проблема плавності ходу, вібрацій і шуму в автобусах набуває особливого значення в умовах України, де пасажирські перевезення значною мірою залежать від автобусного транспорту. За даними Державного агентства відновлення та розвитку інфраструктури України, із 172 тис. км автомобільних доріг 90% потребують ремонту, що спричиняє нерівності з амплітудою до 5-10 см [1]. Це призводить до вібрацій частотою 4-8 Гц, які, за медичними дослідженнями, негативно впливають на здоров'я пасажирів, викликаючи захворювання опорно-рухового апарату та підвищену втому [2]. На міжміських маршрутах (середня тривалість 3-5 годин) рівень шуму в салоні автобусів типу Богдан А092 чи МАЗ-203 сягає 75-80 дБ, перевищуючи норми ВООЗ (55 дБ удень) [3]. Економічно вібрації збільшують витрати: заміна амортизаторів потрібна кожні 50-70 тис. км замість 100 тис. км у країнах із кращими дорогами, а неефективна динаміка руху підвищує споживання палива на 5-10% [4]. У світі застосовують адаптивні підвіски (наприклад, у MAN Lion's City), але в Україні ці технології не адаптовані через брак локальних досліджень.

Мета дослідження

Метою запропонованого дослідження є визначення шляхів оптимізації плавності ходу та зниження рівня вібрацій у автобусах для підвищення комфорту пасажирів та ефективності експлуатації транспортних засобів в умовах українських доріг. Дослідження передбачає розробку нових підходів до проектування та модернізації автобусів, які враховуватимуть специфіку дорожніх умов України.

Методика дослідження

Дослідження на етапі планування передбачає комплексний підхід із трьома основними етапами:

1. **Аналіз спектру вібрацій.** Планується провести вимірювання вібрацій за допомогою акселерометрів (наприклад, моделі Brüel & Kjær) і віброметрів у ключових точках автобуса: на підлозі, кріпленнях сидінь, спинках крісел і точках з'єднання підвіски з кузовом. Вимірювання будуть здійснюватися на тестових ділянках із різним покриттям (асфальт із вибоїнами, гравій, бруківка) для оцінки частотного діапазону

(1-100 Гц) і амплітуди вібрацій. Отримані дані дозволять ідентифікувати основні джерела вібрацій і їхній вплив на конструкцію.

2. **Комп'ютерне моделювання.** У програмному забезпеченні Simulink і MATLAB буде створено математичну модель автобуса (на базі типових моделей, наприклад, Богдан А092 або МАЗ-203), яка враховуватиме масу транспортного засобу, жорсткість підвіски та характеристики шин. Моделювання планується для трьох типів підвісок: традиційної ресорної, пневматичної та адаптивної з електронним управлінням. Вхідними параметрами слугуватимуть профілі нерівностей доріг, отримані з реальних вимірювань, для оцінки динамічних реакцій і порівняння ефективності конструкцій.
3. **Дорожні випробування.** На другому етапі планується обладнати реальні автобуси (наприклад, міські та міжміські моделі вітчизняного виробництва) датчиками вібрацій (типу PCB Piezotronics) і шумомірами для збору даних під час руху на типових маршрутах (міських — до 50 км, міжміських — до 200 км). Випробування включатимуть різні режими руху (20-80 км/год) і типи покриття для оцінки впливу швидкості та дороги на рівень дискомфорту пасажирів і шумове навантаження (вимірювання в дБ).

Очікувані результати

На основі планованих експериментів передбачається:

- розробити рекомендації щодо модернізації підвіски автобусів, зокрема оцінити доцільність переходу на адаптивні системи з електронним управлінням (наприклад, типу Magneti Marelli), які автоматично регулюють жорсткість залежно від стану дороги. Очікується зниження вібрацій на 20-30% порівняно з ресорними підвісками;
- визначити ефективність композитних матеріалів (наприклад, склопластику або вуглеволокна) для елементів кузова та сидінь, що зменшуватимуть передачу вібрацій на пасажирів і знизять шум у салоні на 5-10 дБ;
- оптимізувати вибір шин, дослідивши вплив їхньої жорсткості, малюнка протектора та матеріалів (наприклад, низькопрофільні шини проти стандартних) на плавність ходу й зчеплення з нерівним покриттям. Очікується покращення показників на 10-15%;
- надати попередні оцінки економічного ефекту від впровадження рішень, зокрема скорочення витрат на ремонт ходової частини (до 15%) і палива (до 10%) за рахунок покращення динаміки руху.

Наукова новизна та практична значущість дослідження плавності ходу, вібрацій та шуму автобусів

Дослідження плавності ходу, вібрацій та шуму автобусів має значну наукову новизну, яка полягає в комплексному підході до вирішення проблеми, що поєднує теоретичні розробки, комп'ютерне моделювання та експериментальні випробування. Основні аспекти наукової новизни включають:

1. **Адаптація світового досвіду до українських умов.** На відміну від існуючих досліджень, які часто проводяться для ідеальних або стандартизованих дорожніх умов, дана робота враховує специфіку українських доріг, що характеризуються високим рівнем нерівностей та дефектів покриття. Це дозволяє розробити рішення, які будуть ефективними саме в реальних умовах експлуатації.
2. **Використання сучасних методів моделювання.** У дослідженні планується застосування програмного забезпечення Simulink та MATLAB для створення математичної моделі автобуса, яка враховуватиме динаміку руху на різних типах дорожнього покриття. Це дозволить не лише оцінити вплив нерівностей на плавність ходу, але й провести порівняльний аналіз різних типів підвісок (ресорної, пневматичної, адаптивної) для визначення оптимальних рішень.
3. **Комплексний аналіз вібрацій та шуму.** Дослідження передбачає використання сучасного обладнання (акселерометрів, віброметрів) для вимірювання рівня вібрацій у різних точках автобуса. Це дозволить виявити основні джерела вібрацій та шуму,

що є важливим кроком для розробки ефективних заходів щодо їх зниження.

4. **Розробка нових підходів до проектування автобусів.** На основі отриманих даних планується запропонувати нові рішення щодо використання композитних матеріалів для кузова та сидінь, які зменшать передачу вібрацій на пасажирів. Крім того, буде досліджено вплив оптимізації шин на плавність ходу, що є новим напрямом у контексті українських умов.

Практична значущість дослідження полягає в тому, що його результати можуть бути безпосередньо впроваджені у виробництво та експлуатацію автобусів, що призведе до значного покращення якості пасажирських перевезень та економії ресурсів. Основні аспекти практичної значущості включають:

1. **Підвищення комфорту пасажирів.** Зниження рівня вібрацій та шуму в салоні автобуса дозволить значно покращити умови подорожі для пасажирів. Це особливо важливо для довгих міжміських маршрутів, де високий рівень вібрацій може призводити до фізичного дискомфорту та втоми.
2. **Зменшення витрат на експлуатацію.** Оптимізація плавності ходу дозволить знизити навантаження на вузли та агрегати автобуса, що призведе до зменшення їхнього зносу та витрат на обслуговування. Наприклад, зниження вібрацій на 25-30% може зменшити витрати на ремонт ходової частини на 10-15%.
3. **Економія палива.** Покращення динамічних характеристик автобуса за рахунок оптимізації підвіски та шин дозволить знизити витрати пального на 5-10%. Це є особливо важливим для перевізників, які працюють в умовах обмежених фінансових ресурсів.
4. **Розробка нових стандартів.** Результати дослідження можуть стати основою для розробки нових стандартів експлуатації автобусів в Україні, які враховуватимуть специфіку дорожніх умов. Це дозволить підвищити якість транспортних послуг та забезпечити більш ефективну роботу перевізників.
5. **Екологічний ефект.** Зниження рівня шуму та вібрацій сприятиме покращенню екологічної ситуації в містах, де автобуси є основним джерелом шумового забруднення. Це відповідає світовим тенденціям щодо зменшення впливу транспорту на навколишнє середовище.
6. **Міжнародна значущість.** Хоча дослідження орієнтоване на українські умови, його результати можуть бути корисними для інших країн із схожими проблемами дорожньої інфраструктури. Це підкреслює міжнародну значущість роботи та можливість її впровадження у глобальному контексті.

Перспективи впровадження

Результати дослідження можуть бути використані для розробки нових стандартів для автобусів, що експлуатуються в Україні. Це включає рекомендації щодо використання адаптивних підвісок, композитних матеріалів та оптимізованих шин. Такі рішення дозволять не лише підвищити комфорт пасажирів, але й забезпечити більш ефективну експлуатацію автобусів в умовах українських доріг. Крім того, отримані дані будуть корисними для виробників автобусів, які прагнуть адаптувати свою продукцію до складних дорожніх умов.

Висновки

Дослідження плавності ходу, вібрацій та шуму автобусів має значну наукову новизну та практичну значущість для України. Воно спрямоване на вирішення конкретних проблем, пов'язаних із низькою якістю дорожнього покриття та їхнім впливом на комфорт пасажирів та експлуатаційні характеристики автобусів. Впровадження результатів дослідження дозволить не лише підвищити якість пасажирських перевезень, але й забезпечити значний економічний ефект для перевізників та виробників автобусів. Крім того, результати дослідження можуть бути корисними для інших країн із схожими умовами експлуатації транспортних засобів, що підкреслює його міжнародну значущість.

Список використаних джерел

1. Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України. Звіт про стан автомобільних доріг України за 2023 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://restoration.gov.ua/4489/zvity/59572/59573.pdf>. – Дата звернення: 04.04.2025.
2. Griffin M.J. Whole-body vibration: Health effects, measurement and minimization [Електронний ресурс] // ResearchGate. – 2015. – Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/281538740>. – Дата звернення: 04.04.2025.
3. enHealth. The Health Effects of Environmental Noise [Електронний ресурс]. – Canberra: Australian Government Department of Health, 2020. – Режим доступу: <https://www.health.gov.au/sites/default/files/documents/2020/02/enhealth-guidance-the-health-effects-of-environmental-noise.pdf>. – Дата звернення: 04.04.2025.
4. Zhang L., Wang Y. Vibration and noise reduction of urban buses using an integrated chassis control approach // Applied Acoustics. – 2023. – Vol. 204. – P. 108-120. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2023.108026>. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144164723000260>. – Дата звернення: 04.04.2025.
5. Kim J., Lee S. Analysis of Bus Ride Comfort Using Smartphone Sensor Data // CivilEng. – 2024. – Vol. 5, № 1. – P. 42-55. – DOI: <https://doi.org/10.3390/civileng5010042>. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2673-4591/84/1/42>. – Дата звернення: 04.04.2025.
6. Smith A., Johnson R. A review of vehicle noise and vibration refinement techniques // Applied Acoustics. – 2023. – Vol. 210. – P. 109-125. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2023.109186>. – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687023001862>. – Дата звернення: 04.04.2025.

Артюх Олександр Миколайович – к.т.н., доцент, в.о. зав. кафедри автомобілів, теплових двигунів та гібридних енергетичних установок НУ «Запорізька політехніка».

Artyukh Oleksandr – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Department of Automobiles, Heat Engines and Hybrid Power Plants, National University «Zaporizhzhia Polytechnic».

УДК 629.113.002.5; 620.1; 614.84

Балицька В.О., Балицький О.І., Колесніков В.О.

СТІЙКІСТЬ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ПОЖЕЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЙНОГО ЗНОШУВАННЯ

Наведено огляд сучасного стану досліджень щодо стійкості конструкційних матеріалів пожежних автомобілів до експлуатаційного зношування. Обґрунтовано необхідність дотримання сучасних нормативних документів та стандартів, які стосуються застосування нових технологій та матеріалів, що відповідають необхідним критеріям.

Ключові слова: автомобілебудування, пожежний автомобіль, стійкість матеріалів, експлуатаційне зношування.

It has been provides a brief overview of the current state of the art on the resistance of fire truck structural materials to operational wear. The need to comply with the standards related to this area and the use of new technologies and materials that meet the required criteria is emphasized. The analysis of materials used in the car production is presented.

Key words automotive industry, car, fire truck, material resistance, operational wear.

Стійкість конструкційних матеріалів пожежних автомобілів до експлуатаційного зношування є критично важливим аспектом, що визначає надійність та довговічність спеціалізованої техніки [1-3]. Пожежні автомобілі працюють у складних умовах, які включають високі температури, агресивні хімічні середовища та механічні навантаження.

Відповідно до ДСТУ 3649:2010, технічний стан колісних транспортних засобів, включаючи пожежні автомобілі, повинен відповідати вимогам законодавства та чинних нормативних документів щодо безпеки дорожнього руху й охорони навколишнього середовища. Це передбачає використання матеріалів, які забезпечують необхідну міцність та зносостійкість конструкційних елементів [4].

Згідно з ДСТУ EN 469:2017 [5], захисний одяг для пожежників повинен відповідати певним вимогам щодо показників якості, включаючи стійкість до проникнення води та водяної пари. Ці вимоги також можуть бути застосовані до матеріалів, що використовуються в конструкції пожежних автомобілів, оскільки вони піддаються впливу вологи та інших агресивних середовищ.

Важливим аспектом є контроль технічного стану та функціонування спеціального обладнання пожежних автомобілів. Відповідно до ДСТУ 3649:2010, технічний стан та функціонування спеціального або спеціалізованого обладнання повинні відповідати вимогам законодавства та настанов щодо експлуатування. Це підкреслює необхідність регулярного обслуговування та перевірки стану матеріалів та компонентів.

Дослідження, проведені С.В. Немиєм та Т.В. Ковальновою, вказують на те, що несправність електрообладнання є однією з основних причин пожеж в автомобілях. Це підкреслює важливість використання високоякісних матеріалів з високою стійкістю до зношування для електричних систем пожежних автомобілів [6].

Згідно з Методичними рекомендаціями з експлуатації та обслуговування пожежних рукавів, напірні рукави для пожежно-рятувальних автомобілів повинні відповідати певним вимогам щодо температурного діапазону експлуатації та стійкості до механічних пошкоджень. Це свідчить про необхідність використання матеріалів з високою зносостійкістю для забезпечення надійності обладнання [7].

Виробник пожежної та іншої спеціалізованої техніки в Україні «Пожмашина» запланувала будівництво у Львові нового заводу. Відповідна угода підписана з індустріальним парком «Формація.Львів» [8]. Зазначається, що буде інвестовано 15 мільйонів доларів,

тривалість будівництва – 2 роки. Промислова компанія «Пожмашина» зараз є виробником та постачальником пожежної техніки (рис. 1) [9].



Рисунок 1 – Приклад сучасного пожежного автомобіля АЦ-3,0-40 (EX8)-477Н, що використовується в Україні [9]

В екстрених службах інтеграція складних цифрових систем у системи керування автомобілями швидкого реагування трансформується згідно до сучасних вимог. Тенденції до відмови від застарілих систем, таких як наземний мобільний радіозв'язок (LMR), та радіо через Інтернет-протокол (RoIP) спонукають інвестувати в передові технології для служб швидкого з метою якісного виконання відповідальних місій. Тестуються та вдосконалюються прототипи вантажівок, які є не тільки транспортними засобами, а об'єктами застосування передових цифрових систем [10].

Ці ініціативи зосереджені на використанні штучного інтелекту, розширених можливостях зв'язку та всебічному аналізі даних для посилення можливостей пожежогасіння. Крім того, вирішення ширших суспільних проблем за допомогою інноваційних рішень у сфері громадської безпеки підкреслює цілісний підхід, необхідний для проактивного зниження ризиків для громади в сучасних складних сценаріях надзвичайних ситуацій. Оскільки дискусії поширюються на включення передових технологій, таких як повністю самокеровані транспортні засоби і стратегії квантових обчислень, очевидно, що багатовимірною стратегією буде лежати в основі майбутнього транспортних засобів для реагування на надзвичайні ситуації. Ця стратегія включатиме аналіз даних і механізми зворотного зв'язку в реальному часі і надаватиме пріоритет адаптивності, програмно-визначеним функціям і прагненню до постійних інновацій [10].

Новітній автомобіль швидкого реагування T-Mobile (рис. 2) [10] оснащений передовими можливостями супутникового зв'язку для підтримки зусиль громади з відновлення зруйнованих будівель. Це нововведення є частиною автопарку компанії, призначеного для забезпечення зв'язку в надзвичайних ситуаціях.

Одним із ключових факторів, що впливають на зношування матеріалів, є тертя. Методики та порядок виконання експериментальних досліджень в галузі тертя і зношування матеріалів, а також аналіз отриманих результатів є важливими для розуміння процесів, що відбуваються в конструкціях пожежних автомобілів під час тривалої експлуатації [11- 17].

Лісова пожежна машина (ЛПМ) (рис. 3) є однією з найважливіших одиниць техніки для безпосереднього гасіння пожеж, тому її технічне обслуговування має стратегічне значення для гарантування високого рівня надійності.



Рисунок 2 – Новітній автомобіль швидкого реагування T-Mobile [10]



Рисунок 3 – Португальська лісова пожежна машина (джерело: Fátima's FB) [11]

Історія втручання має важливе значення для підтримки якості технічного обслуговування, а саме з урахуванням специфіки обладнання в фактичних умовах експлуатації. За відсутності попередньої інформації важливо вдаватися до додаткових інструментів, які дозволяють подолати цю прогалину, де зазвичай знання про технічне обслуговування, якими володіють фахівці та користувачі, є структурованими. Були зібрані та проаналізовані умови експлуатації вибірки пожежних команд. Аналіз і прийняття рішень стали можливими завдяки використанню нечіткої логіки, моделі Мамдані і методу центроїда на етапі дефазифікації. Проведено аналіз режимів, наслідків і критичності відмов (FMECA), щоб визначити, які з них будуть вирішальними, встановлено причину кожної з них і відповідні заходи з технічного обслуговування. Завдяки отриманим статистичним даним визначено набір елементів FFFV,

які враховують при технічному обслуговуванні транспортних засобів, щоб гарантувати необхідний рівень надійності та запропонувати програму технічного обслуговування з доданою вартістю порівняно з тим, що практикується [11].

Регулярне технічне обслуговування та контроль стану матеріалів є необхідними для запобігання передчасному зношуванню та забезпечення безпеки експлуатації пожежних автомобілів. Це включає перевірку стану зварних з'єднань, антикорозійного покриття та інших критичних елементів конструкції.

Впровадження новітніх технологій у виробництво та обробку матеріалів дозволяє створювати конструкції з покращеними характеристиками міцності та зносостійкості. Це сприяє підвищенню ефективності та надійності пожежних автомобілів у складних умовах експлуатації [18-28].

Важливим є дотримання рекомендацій виробників щодо експлуатації та обслуговування матеріалів та компонентів пожежних автомобілів. Це дозволяє зберігати їхні експлуатаційні характеристики на високому рівні протягом усього терміну служби.

Використання сучасних матеріалів (композитних, полімерів) значно підвищує стійкість конструкційних елементів пожежних автомобілів до зношування. Необхідно враховувати особливості їх експлуатації та можливі зміни властивостей під впливом високих температур та агресивних середовищ.

Таким чином, забезпечення стійкості конструкційних матеріалів пожежних автомобілів до експлуатаційного зношування є комплексним завданням, що включає добір якісних матеріалів, дотримання стандартів та нормативів, регулярне технічне обслуговування та впровадження сучасних технологій. Тільки комплексний підхід дозволяє гарантувати надійність та безпеку пожежної техніки в умовах інтенсивної експлуатації.

Список використаних джерел

1. <https://www.mototruck.pl/pl/ciezkie-samochody-ratowniczo-gasnicze-sd/man-tgm-18-320-4x4-bb-3-3-1>
2. Пожежні машини: навч. посіб. / О.М. Ларін, В.Г. Баркалов, С.А. Виноградов, А.Я. Калиновський, О.М. Семків. – Х.: НУЦЗУ, КП "Міська друкарня", 2016. –279 с.
3. Лаврівський М.З. (Львівський ДУ БЖД) Тенденції розвитку автомобілів для ліквідації надзвичайних ситуацій. Збірник науково-технічних праць. Національний лісотехнічний університет України. С. 104 –109. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_2/104_Lawriwskyj_19_2.pdf
4. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. URL: <https://patrul.in.ua/pdf/dstu-3649.pdf>
5. ДСТУ EN 469:2017. Захисний одяг для пожежників. Вимоги щодо показників якості захисного одягу для пожежників (EN 469:2005; A1:2006; AC:2006, IDT)
6. С.В. Немий, Т. В. Ребот. Електрична мережа автомобіля як джерело пожежної небезпеки. Збірник наукових праць ЛДУ БЖД. Пожежна безпека №26, 2015. С. 116 – 122. URL <file:///C:/Users/User/Downloads/280-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-907-1-10-20180822.pdf>
7. Про затвердження Методичних рекомендацій з експлуатації та ремонту пожежних рукавів в пожежно-рятувальних підрозділах Державної служби України з надзвичайних ситуацій. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. НАКАЗ. 26.12.2022 № 760. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0760388-22#Text>
8. Виробник пожежної техніки збудує у Львові новий ЗАВОД. URL: https://tvoemisto.tv/news/vyrobnyk_pozhezhnoi_tehniky_zbuduie_u_lvovi_novyj_zavod_172960.html
9. «Промислова компанія «Пожмашина». URL: <https://pkpm.com.ua/uk/>
10. Integrating Smart Command Vehicles for Enhanced Connectivity and Efficiency. URL:

<https://www.fireapparatusmagazine.com/magazine/integrating-smart-command-vehicles-for-enhanced-connectivity-and-efficiency/>

11. Silva, F.; Raposo, J.; Farinha, J.T.; Raposo, H.; Reis, L. Study of the Condition of Forest Fire Fighting Vehicles. *Fire* 2023, 6, 274. <https://doi.org/10.3390/fire6070274>

12. Jankauskas, V.; Žunda, A.; Katinas, A.; Tučkutė, S. Wear Study of Bulk Cargo Vehicle Body Materials Used to Transport Dolomite. *Coatings* 2025, 15, 227. <https://doi.org/10.3390/coatings15020227>

13. Firefighting equipment: The recent trends. URL: <https://www.isrmag.com/firefighting-equipment-the-recent-trends/>

14. The Future of Firefighting: Technologies Transforming Industrial Fire Safety. URL: <https://firepreventionindia.com/the-future-of-firefighting-technologies-transforming-industrial-fire-safety/>

15. Australasian Fire and Emergency Service Authorities Council. People in Vehicles During Bushfires (AFAC Publication No. 3008); AFAC: Melbourne, Australia, 2018.

16. Гуліда Е.М., Сабіров Є.М. Надійність багатофункціональної пожежної техніки. *Пожежна безпека* №5, 2004, С. 31- 35.

17. Технічні вимоги. Пожежні автомобілі для пожежогасіння та проведення рятувальних робіт URL: <https://dsns.gov.ua/upload/1/1/9/9/2/2021-5-1-3-texnicni-vimogi.pdf>.

18. Жуков В.В., Колесніков В.О., Балицька В.О. Аварійно-рятувальні автомобілі. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 110–113.

19. Balitskii, A.I.; Syrotyuk, A.M.; Kolesnikov, V.O.; Balitska, V.O.; Ivaskevych, L.M.; Havrilyuk, M.R. The Effect of Absorbed Hydrogen on the Rotors of Steel Machining Products During Powerful Turbo Aggregate Repairs. *Materials* 2024, 17, 6257. <https://doi.org/10.3390/ma17246257>

20. Balitskii, A.I.; Havrilyuk, M.R.; Balitska, V.O.; Kolesnikov, V.O.; Ivaskevych, L.M. Increasing Turbine Hall Safety by Using Fire-Resistant, Hydrogen-Containing Lubricant Cooling Liquid for Rotor Steel Mechanical Treatment. *Energies* 2023, 16, 535. <https://doi.org/10.3390/en16010535>

21. Еліаш Я. Балицький О., Гаврилюк М., Колесніков В., Балицька В. Екологічно чисті змащувально-охолоджуючі рідини на базі рослинних олій // Монографія “Проблеми хімотології та практика раціонального використання традиційних і альтернативних паливно-мастильних матеріалів” / За заг. ред. С.Бойченка – Центр учбової літератури. Київ, 2017. – С. 418-422

22. Balitskii A., Hawrilyuk M., Elias J., Balitska W., Kolesnikow W. Oddziaływanie wodoru na kształtowanie i odprowadzenie wiórow w obróbce skrawaniem stali wysokostopowych z użyciem ekologicznych cieczy smarująco-chłodzących // *Obrobka skrawaniem – 10. – Obrobka skrawaniem podstawa rozwoju metrologii / Pod redakcja Jana Burka // X Szkoła Obrobki Skrawaniem, Rzeszow-Lancut, 2016. – S. 447-452.*

23. Balitskii A., Hawrilyuk M., Elias J., Balitska W., Kolesnikow W. Oddziaływanie wodoru na kształtowanie i odprowadzenie wiórow w obróbce skrawaniem stali wysokostopowych z użyciem ekologicznych cieczy smarująco-chłodzących // *Mechanik. – 2016. – N 10. – S. 1412-1413.* <http://dx.doi.org/10.17814/mechanik.2016.10.387>.

24. Балицький Олександр, Балицька Валентина, Колесніков Валерій, Еліаш Яцек. Застосування комплексного підходу для оцінки якості стану матеріалу деталей та вузлів в енергомашинобудуванні та транспортних галузях для підвищення безпеки життєдіяльності. *Сучасна наука та освіта: стан, проблеми, перспективи: III Міжн. науково-практичн. конф., 20-21 березня 2023 року: матеріали. Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. С. 371-373.*

25. О.І. Балицький, В.О. Колесніков, М.Р. Гаврилюк, Л.М. Іваськевич, В.О. Балицька. Фрактографічні дослідження частинок зношування високоазотних хромомарганцевих сталей як індикаторів руйнування в транспортній та енергомашинобудівних галузях. XVI Міжнар.

наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023.

26. Н.О. Бикадорова, В.О. Колесніков, В.В. Бурдун, В.О. Балицька. Застосування комп'ютерного моделювання як метод підвищення безпеки на транспорті. XVI Міжнар. наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 60-62.

27. Балицький О.І., Колесніков В.О., Іваськевич Л.М., Гаврилюк М.Р., Балицька В.О. Ідентифікація пошкоджень на поверхнях виробів енергомашинобудування. «Актуальні питання експертної та оціночної діяльності»: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Полтава, 26–27 вересня 2024 року). Харків : Вид-во Іванченка І. С., 2024. С. 40 – 45.

28. Бикадорова Н.О., Бурдун В.В., Балицька В.О. Комп'ютерне моделювання як засіб для підвищення безпеки на автомобільному транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 44–47.

Балицька Валентина Олексіївна – к.фіз.-мат.н., доцент кафедри фізики та хімії горіння інституту пожежної та техногенної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, м. Львів.

Балицький Олександр Іванович – д.т.н., проф. провідний науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів, провесор кафедри експлуатації автомобілів Західнопоморського технологічного університету у Щеціні, м. Щецин, Республіка Польща.

Колесніков Валерій Олександрович – к.т.н., доцент кафедри технологій виробництва та професійної освіти, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни.

Balitska Valentina – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor of the Department of Combustion Physics and Chemistry, Institute of Fire and Technogenic Safety, Lviv State University of Life Safety, Lviv.

Balitskii Olexsandr – professor, leading researcher at the Department of strength of materials and structures in hydrogen-containing environments Karpenko Physico-Mechanical Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Department of Vehicle Operation West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Szczecin, Poland.

Kolesnikov Valerii – PhD in Engineering sciences of the Department of Production Technologies and Professional Education, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny.

УДК 629.3:004.94:620.1

Бикадорова Н.О., Ключ О.І., Ткаченко В.О.

СТИСЛИЙ ОГЛЯД ДЕЯКИХ ІННОВАЦІЙ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

У тезах розглянуто ключові тенденції інноваційного розвитку автомобільного транспорту, зосереджені навколо електрифікації, впровадження автономного керування, використання інтелектуальних систем допомоги водієві (ADAS), інтернету речей (IoT) та новітніх конструкційних матеріалів. Особливу увагу приділено «розумним» матеріалам і композитам, які, з одного боку, забезпечують підвищену енергоефективність і зниження ваги конструкцій, а з іншого — висувають нові вимоги до ремонтних технологій та обслуговування. Наведено приклади технологічних рішень, що застосовуються для ремонту алюмінієвих сплавів, вуглецевих композицій та самовідновлюваних покриттів. Також розглянуто роль комп'ютерного моделювання в забезпеченні віртуальних випробувань, оптимізації аеродинаміки, підвищенні безпеки та пришвидшенні розробки транспортних засобів. Підкреслюється, що сучасні цифрові інструменти, зокрема CAD/CAE-системи й моделювання методами кінцевих елементів (FEM), стали невід'ємною частиною автомобільної інженерії нового покоління.

Ключові слова: інновації в автомобілебудуванні; електромобілі; водневий транспорт; автономне керування; ADAS; інтернет речей (IoT); «розумні» матеріали; композити; ремонт сучасних авто; алюмінієві сплави; CAD/CAE-системи; моделювання FEM; цифрові технології; віртуальні краш-тести; транспорт майбутнього.

The abstracts discuss the key trends in the innovative development of road transport, centered around electrification, the introduction of autonomous driving, the use of intelligent driver assistance systems (ADAS), the Internet of Things (IoT), and the latest structural materials. Particular attention is paid to smart materials and composites, which, on the one hand, provide increased energy efficiency and weight reduction of structures, and on the other hand, put forward new requirements for repair technologies and maintenance. Examples of technological solutions used for the repair of aluminum alloys, carbon composites and self-healing coatings are presented. The role of computer modeling in providing virtual testing, optimizing aerodynamics, improving safety, and accelerating vehicle development is also considered. It is emphasized that modern digital tools, in particular CAD/CAE systems and finite element modeling (FEM), have become an integral part of the new generation of automotive engineering.

Key words: innovations in the automotive industry; electric vehicles; hydrogen transport; autonomous driving; ADAS; Internet of Things (IoT); smart materials; composites; repair of modern cars; aluminum alloys; CAD/CAE systems; FEM modeling; digital technologies; virtual crash tests; transport of the future.

Інновації на автомобільному ринку сьогодні охоплюють широкий спектр напрямів — від електрифікації транспорту та впровадження автономного керування до використання новітніх матеріалів і цифрових технологій. Зростає популярність електромобілів, гібридів та водневих автомобілів, які зменшують викиди та забезпечують високу енергоефективність. Виробники активно інтегрують штучний інтелект у системи допомоги водієві (ADAS), а також впроваджують «розумні» матеріали, здатні до самовідновлення або адаптації до умов середовища. Одночасно з цим, зростає роль інтернету речей (IoT), що дозволяє автомобілям обмінюватися даними з інфраструктурою та іншими транспортними засобами, формуючи основу для безпечного та ефективного руху в умовах міської мобільності майбутнього. [1 – 12].

Ремонт сучасних автомобілів, у конструкції яких застосовано інноваційні матеріали — зокрема композити, алюмінієві сплави, високоміцні сталі, наноструктуровані покриття та «розумні» матеріали — потребує спеціалізованого підходу, відмінного від традиційного ремонту сталевих конструкцій. Такі матеріали мають високу жорсткість при малій масі, але часто є менш пластичними або чутливими до локального перегріву. Наприклад, ремонт алюмінієвих кузовних елементів потребує спеціальних зварювальних технологій (TIG, MIG-пайка), а для карбонового волокна — застосування клеєвих з'єднань, полімеризації або повної заміни пошкодженого елемента. При ремонті елементів з «розумних» матеріалів (наприклад, із самовідновлюваними полімерними покриттями або адаптивними підвісками з магнітореологічною рідиною) необхідно враховувати специфіку їхньої роботи в умовах зміни температури або магнітного поля. Також ускладнює ремонт потреба у точному дотриманні заводських стандартів та використання діагностичних сканерів для відновлення електронних налаштувань. Усе це зумовлює необхідність підвищення кваліфікації майстрів та оснащення СТО спеціалізованим обладнанням [13-28].

Комп'ютерне моделювання відіграє ключову роль у сучасному автомобільному транспорті, забезпечуючи ефективне проєктування, оптимізацію та випробування транспортних засобів ще на етапі їх розробки. За допомогою CAD/CAE-систем (наприклад, Abaqus FEA, SolidWorks, CATIA, ANSYS) інженери можуть змоделювати аеродинаміку, механічні навантаження, теплопровідність і вібраційні характеристики конструктивних елементів автомобіля. Віртуальні краш-тести з використанням методів кінцевих елементів (FEM) дозволяють передбачити поведінку кузова при зіткненнях, не витрачаючи ресурси на фізичні прототипи. Комп'ютерні моделі також активно використовуються в розробці двигунів внутрішнього згоряння та електричних силових установок для оптимізації паливної економічності та зниження викидів. З розвитком автономних автомобілів, моделювання дорожніх ситуацій і поведінки транспортних засобів у реальному часі стало важливою складовою розробки систем ADAS і штучного інтелекту. Загалом, комп'ютерне моделювання суттєво скорочує час і вартість розробки, водночас підвищуючи надійність і безпеку автомобільного транспорту [29-40].

Список використаних джерел

1. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей: навчальний посібник В.В. Біліченко, О.Л.Добровольський, В. О. Огневий, Є. В. Смирнов – Вінниця : ВНТУ, 2017.163 с.
2. Біліченко В. В. Вступ до фаху: навчальний посібник [2-ге вид. перероб. і доп.] / Біліченко В. В., Кужель В. П., Кашканов А. А., Романюк С. О. – Вінниця : ВНТУ, 2015. 116 с.
3. Кашканов А.А., Ребедайло В.М. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту: конструкція. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 164 с
4. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів: навчальний посібник / Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 118 с.
5. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Організація самостійної та практичної роботи: навчальний посібник / М.В. Митко, О.П. Шиліна, С.В., Цимбал – Вінниця: ВНТУ, 2022. – 98 с.
6. Василенко О. Є., Безруков В. О., Шуліка С. О., Знова О. І., Іщенко Б. М., Колесніков В. О. Нові технологічні тенденції в автомобільному транспорті Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VII-ма міжн. науково-практичн. конф., 8–10 квітня 2018 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2019. С. 13–24.
7. Колесніков В. О., Гаврилюк М. Р., Бикадорова Н. О., Колеснікова Є. Б. Приклади застосування та впровадження нових технологій в транспортній галузі та енергомашинобудуванні. Частина 1. Змашувальні матеріали. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: X-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2022 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 139–146.

8. Зара, А. Є. Світова автомобілебудівна індустрія в умовах електрифікації транспорту: розвиток концепції та становлення нового центру виробництва / Зара А. Є. // Економічний вісник НТУУ «КПІ» : збірник наукових праць. – 2022. – № 24. – С. 43-50. <https://doi.org/10.20535/2307-5651.24.2022.274814>
9. Ставицький О. В., Стадник Л. Г., Колесніков В. О. Концепція автомобіля майбутнього. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-та міжн. науково-практичн. конф., 12–13 квітня 2018 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2018. С. 181–189.
10. Skouras, T.A.; Gkonis, P.K.; Ilias, C.N.; Trakadas, P.T.; Tsampasis, E.G.; Zahariadis, T.V. Electrical Vehicles: Current State of the Art, Future Challenges, and Perspectives. Clean Technol. 2020, 2, 1-16. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol2010001>
11. Garikapati, D.; Shetiya, S.S. Autonomous Vehicles: Evolution of Artificial Intelligence and the Current Industry Landscape. Big Data Cogn. Comput. 2024, 8, 42. <https://doi.org/10.3390/bdcc8040042>
12. Ali, W.A.; Fanti, M.P.; Roccotelli, M.; Ranieri, L. A Review of Digital Twin Technology for Electric and Autonomous Vehicles. Appl. Sci. 2023, 13, 5871. <https://doi.org/10.3390/app13105871>
13. Ревякіна О.О., Бурдун В.В., Колесніков В.О., Васецька Л.О., Рожкова А.Ю., Бикадорова Н.О. Приклади застосування деяких композиційних матеріалів на автомобільному транспорті. Частина 1. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 274–277.
14. Рожкова А.Ю., Бурдун В.В., Колесніков В.О., Бикадорова Н.О., Ревякіна О.О. Приклади застосування деяких композиційних матеріалів на автомобільному транспорті. Частина 2. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 278–281.
15. Бурдун В. В., Бикадорова Н. О.; Хорошевський О. О. Приклад заміни ремня ГРМ на автомобілі Ford Escort. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 58–62.
16. Бикадорова Наталія, Калембет Максим, Слободенюк Станіслав. Деякі причини виходу з ладу двигуна Volkswagen Passat. Стислий приклад ремонтних робіт. Сучасна наука та освіта: стан, проблеми, перспективи: III Міжн. науково-практичн. конф., 20-21 березня 2023 року: матеріали. Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. С. 377-380.
17. Бурдун В.В., Рожкова А.Ю., Бикадорова Н.О., Ревякіна О.О. Деякі підходи щодо проведення та оцінювання якості ремонтних робіт автомобілів. «Актуальні питання експертної та оціночної діяльності»: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Полтава, 26–27 вересня 2024 року). Харків: Вид-во Іванченка І. С., 2024. С. 96 – 101.
18. Колесніков В. О., Гаврилюк М. Р., Бикадорова Н. О., Колеснікова Єл. Б. Розпізнавання зображень частинок зношування як інструменту для технічної діагностики в транспортній галузі та енергомашинобудуванні. Актуальні питання, проблеми та перспективи розвитку науки та освіти: I Всеукраїнська міждисциплінарна науково-практичн. конф., 27-28 квітня 2022 р. Полтава: матеріали. Вид-во ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», 2022. С. 205–208.
19. Aabid, A.; Baig, M.; Hrairi, M. Advanced Composite Materials for Structural Maintenance, Repair, and Control. Materials 2023, 16, 743. <https://doi.org/10.3390/ma16020743>
20. Han, X.; Sun, X.; Li, G.; Huang, S.; Zhu, P.; Shi, C.; Zhang, T. A Repair Method for Damage in Aluminum Alloy Structures with the Cold Spray Process. Materials 2021, 14, 6957. <https://doi.org/10.3390/ma14226957>
21. Прохорова Т. В., Перчемлі І. Ф., Колесніков В. О. Матеріали та технології в автомобільній промисловості Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: V-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2017 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 105–112.

22. Балицький О.І., Еліаш Я., Колесніков В.О., Іваськевич Л.М., Мочульський В.М., Гребенюк С.О., Глюзицький О.О. Дослідження матеріалів для розробки гібридних автомобілів // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. - С. 28-38.
23. Смирнов Є.В. Перспективи використання гібридних автомобілів на водневих паливних елементах. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. – 316 - 318.
24. Ігнат'єва В. Аналіз роботи профільних виробів, армованих волокнами композитів у конструкції / В. Ігнат'єва // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“, 10-11 листопада 2022 року. - Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. - С. 60–61.
25. Игнат'ев Б.Б., Игнат'ева В.Б. Расчет технологических параметров при предварительном формовании полуфабриката стержневого изделия // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В. Даля. – 2007. – Частина перша. – № 7 (113). – С. 125-132.
26. Колесніков В.О., Павлова Ю.В., Рулевська Т.Ф. Застосування адитивних технологій в автомобільній галузі. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: V-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2017 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 97–102.
27. Кравцов О.В., Колесніков В.О. Сучасні стан і тенденція розвитку автомобільного транспорту // Матеріали регіональної науково-практичної конференції професійна освіта на Луганщині: теорія та практика 15–17 квітня 2014 року. м. Луганськ. - С. 167 - 175.
28. Czerwinski, F. Current Trends in Automotive Lightweighting Strategies and Materials. Materials 2021, 14, 6631. <https://doi.org/10.3390/ma14216631>
29. Колесніков В.А. Продукты износа в двигателях автомобилей // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД”. 19 квітня 2013 р., м. Краснодар. С. 362 -365.
30. Бикадорова Н.О., Бурдун В.В., Балицька В.О. Комп'ютерне моделювання як засіб для підвищення безпеки на автомобільному транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 44–47
31. Н.О. Бикадорова, В.О. Колесніков, В.В. Бурдун, В.О. Балицька. Застосування комп'ютерного моделювання як метод підвищення безпеки на транспорті. XVI Міжнар. наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 60-62.
32. А.Ю. Рожкова, В.В. Бурдун, О.О. Ревякіна, Н.О. Бикадорова, Л.О. Васецька. Застосування комп'ютерного забезпечення та моделювання для автономних транспортних засобів. XVI Міжнар. наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 306-307.
33. Бикадорова Н. О., Бурдун В. В., Сидоренко Р. С. Комп'ютерне моделювання як метод підвищення безпеки на транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 38–42.
34. В.В. Бурдун, В.О. Колесніков, Н.О. Бикадорова. Сучасні виклики при викладанні дисциплін в транспортній галузі. XVI Міжнар. наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 94-95.
35. Колесніков В.О., Бурдун В.В., Бикадорова Н.О., Рожкова А.Ю. Застосування комп'ютерного моделювання з урахуванням впливу структурно-фазового стану сплавів на механічну оброблюваність виробів з метою отримання якісної продукції в

енергомашинобудуванні. «Актуальні питання експертної та оціночної діяльності»: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Полтава, 26–27 вересня 2024 року). Харків: Вид-во Іванченка І. С., 2024. С. 133 – 138.

36. Балицький О.І., Колесніков В.О., Бикадорова Н. О., Рожкова А.Ю. Комп'ютерне моделювання ортогонального точіння жароміцного нікелевого сплаву. Нові сталі та сплави і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів: XV-та міжн. науково-практичн. конф., 8–9 листопада 2022 р.: зб. наук. праць. Запоріжжя: Національний університет Запорізька політехніка з УкрНДІСпецСталь, 2022. С. 84–86.

37. Віктор Васильович Бурдун, Валерій Олександрович Колесніков, Наталія Олексіївна Бикадорова. Перспективи та необхідність застосування сучасних комп'ютерних програмних комплексів в навчальному процесі для підготовки фахівців в транспортній галузі. Збірник тез доповідей III-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2023». 01.06.2023 – 03.06.2023: Збірник тез [Електронний ресурс]. – Вінниця: ВНТУ. – 2023. – С.442-443.

38. Garikapati, D.; Shetiya, S.S. Autonomous Vehicles: Evolution of Artificial Intelligence and the Current Industry Landscape. Big Data Cogn. Comput. 2024, 8, 42. <https://doi.org/10.3390/bdcc8040042>

39. Kim, J.J.; Ahn, J.S. Vehicle Collision Analysis of the Reinforced Concrete Barriers Installed on Bridges Using Node-Independent Model. Appl. Sci. 2024, 14, 10518. <https://doi.org/10.3390/app142210518>

40. Lahoz Navarro, M.; Jehle, J.S.; Apellániz, P.A.; Parras, J.; Zazo, S.; Gerdts, M. Deep Learning as a New Framework for Passive Vehicle Safety Design Using Finite Elements Models Data. Appl. Sci. 2024, 14, 9296. <https://doi.org/10.3390/app14209296>

Бикадорова Наталія Олексіївна – ст. викладач кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, Україна

Клюй Олександр Іванович – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» м. Полтава, м. Лубни, Україна

Ткаченко Володимир Олександрович – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» м. Полтава, м. Лубни, Україна

Bykadorova Natalia Oleksiivna – Senior Lecturer, Department of the Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Commerce, Serving Technologies and Tourism, Luhansk, Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, Ukraine

Klyuy Aleksandr Ivanovych – a 4th year student of the first (bachelor's) level of the specialty «Professional education. Transport», Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, Ukraine

Tkachenko Volodymyr Oleksandrovysh – 4th year student of the first (bachelor's) level of the specialty «Professional education. Transport», Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, Ukraine

УДК 656.025

Біліченко В.В., Бруй А.Г.

МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ СУХИМИ ПОРТАМИ У СВІТІ: ПЕРЕВАГИ, НЕДОЛІКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДЛЯ УКРАЇНИ

У статті проведено порівняльний аналіз основних моделей управління сухими портами, що застосовуються в різних країнах світу. Наведено їх переваги та недоліки, а також приклади реалізації. Особливу увагу приділено можливості адаптації даних моделей в Україні з урахуванням актуального стану та стратегічних цілей розвитку транспортної інфраструктури.

Ключові слова: сухий порт, ефективність, логістичні процеси, моделі управління, державно-приватне партнерство, транспортна система, Україна.

The article provides a comparative analysis of the main dry port management models used in different countries of the world. Their advantages and disadvantages, as well as examples of implementation, are considered. Special attention is paid to the possibility of adapting these models in Ukraine, taking into account the current state and strategic goals of transport infrastructure development.

Keywords: dry port, efficiency, logistics processes, management models, public-private partnership, transport system, Ukraine.

Сухі порти відіграють важливу роль у забезпеченні ефективності мультимодальних перевезень, сприяючи зменшенню навантаження на морські порти [1] та покращенню логістичних процесів. Однак, щоб забезпечити безперебійне та ефективне функціонування такої складної структури як сухий порт, його досконалу організацію, починаючи від етапу проектування, планування і до повноцінного введення в експлуатацію, із забезпеченням подальшого менеджменту усіх внутрішніх процесів, необхідно вирішити ключове концептуальне питання – обрати модель управління. У наш час застосовуються різні моделі управління сухими портами, вибір яких залежить від економічних, політичних та соціальних факторів [2]. Для України є важливим інтегруватися у європейський транспортний простір, саме тому вивчення та адаптація ефективних моделей управління є актуальним завданням, вирішити яке можливо проаналізувавши існуючий досвід розвинутих країн світу [3]. Це дасть можливість визначити які рішення є найбільш ефективними та прийнятними для нашої країни в сучасних умовах.

Аналіз численних публікацій та досліджень в напрямку ефективності управління логістичними ланцюгами та функціонування сухих портів дає змогу структурувати існуючий світовий досвід і визначити притаманні кожній моделі управління особливості (таблиця 1). Нижче наведемо порівняння таких моделей.

Порівняння показує, що в кожній з моделей управління є свої переваги і недоліки. Жоден із підходів не претендує на абсолютну ефективність та універсальність. Вибір моделі залежить від стратегічних пріоритетів країни, рівня економічного розвитку, інституційної спроможності та інфраструктурних потреб.

Нижче наведено дані, щодо функціонування 19 сухих портів в різних країнах світу (таблиця 2).

Представлена вибірка показників 19-и сухих портів, що функціонують у країнах Європи, Азії, Африки та Північної Америки, дає змогу зробити кілька важливих висновків щодо глобальних тенденцій у розвитку цього типу інфраструктури та підходів до їх управління.

Таблиця 1 – Основні моделі управління сухими портами

Модель управління	Країни застосування	Переваги	Недоліки
Державна (Public)	Буркіна-Фасо, Іспанія, Китай, Південна Корея	Повний контроль з боку держави. Інтеграція з національною транспортною стратегією.	Можлива неефективність через бюрократію. Обмеженість інновацій. Низька швидкість адаптації до навколишніх змін.
Приватна (Private)	Нідерланди, Німеччина, Бельгія, Україна	Гнучкість управління. Швидке спровадження інновацій [3]	Ризик нехтування суспільними інтересами. Обмежений державний контроль.
Державно-приватне партнерство (PPP)	Польща, Індія, Єгипет, Індонезія, Китай	Поєднання переваг державного контролю та ефективності приватного бізнесу [2, 4]	Складність координації між сторонами. Потреба у чітких правових механізмах.
«BOOT» (Build-Own-Operate-Transfer)	Нігерія, Китай	Залучення приватних інвестицій із подальшою передачею об'єкта державі для експлуатації.	Довгострокові зобов'язання. Ризики для інвесторів в умовах нестабільності.
«Орендодавець» (Landlord)	США, Швеція, Іспанія, Німеччина	Держава володіє інфраструктурою, приватні компанії – здійснюють операційну діяльність [5, 7]	Потребує високого рівня координації. Можливі конфлікти інтересів. Ризик лобіювання та корупції [5, 6]

Структура моделей управління є доволі різномірною: у країнах з високим рівнем регуляторної зрілості (Німеччина, Іспанія, США) переважають Landlord- та PPP-моделі [7], що поєднують державне стратегічне бачення із гнучкістю приватного оператора. У країнах, що розвиваються, все ще домінують державна або змішана форма управління, однак спостерігається поступовий перехід до моделей із залученням приватного капіталу.

Також видно, що динаміка розвитку сухих портів має сталу позитивну тенденцію, незалежно від регіону — середнє збільшення обсягів перевезень за останні 5 років становить від 4 до 10%, що свідчить про зростаюче значення сухих портів у мультимодальних логістичних ланцюгах, а найбільший показник приросту обсягів вантажоперевезень демонструє Сухий порт Мостиська, що є не лише позитивним індикатором розвитку конкретного об'єкта, а й маркером глибоких трансформацій у логістичній системі України. Цей порт, заснований у 2021 році, став стратегічно важливим, особливо в умовах повномасштабного вторгнення росії, яке змінило логістичну карту України. Оператором порту виступає приватна компанія, тому модель управління — приватна. Це дозволило забезпечити ефективне масштабування потужностей та додаткові інвестиції в інфраструктуру вже в перші роки роботи. Розбудова інфраструктури Сухого порту Мостиська триває і досі. Зростання обсягів перевезень також демонструє потенціал України до інтеграції у європейську логістичну систему за рахунок розвитку мультимодальних рішень та модернізації прикордонної інфраструктури. Важливо, що такі приклади як Мостиська можуть стати орієнтиром для державної політики у сфері залучення приватного капіталу та створення нових логістичних вузлів.

Слід відзначити, що дати заснування багатьох сухих портів різняться. Та загалом можна простежити активізацію їх відкриття після 2010 року — саме в цей період більшість країн почали усвідомлювати логістичні переваги децентралізації вантажопотоків із морських до внутрішніх терміналів [6].

Таблиця 2 – Існуючі сухі порти, їх модель управління та обсяги товарообігу

№	Назва порту	Країна	Модель управління	Обсяг перевезень (TEU/рік)	Середнє річне зростання обсягів перевезень за 5 років
1	Cikarang Dry Port	Індонезія	PPP	250 000	+5%
2	Muizen Dry Port	Бельгія	Приватна	100 000	+3%
3	Kaduna Inland Dry Port	Нігерія	BOOT	29 000	+4%
4	Modjo Dry Port	Ефіопія	Державна	130 000	+6%
5	Dalian Dry Port	Китай	PPP	1 200 000	+7%
6	Isaka Dry Port	Танзанія	Landlord	50 000	+2%
7	Inland Port Greer	США	PPP	200 000	+10%
8	Inland Port Dillon	США	PPP	50 000	+8%
9	Zaragoza PLAZA	Іспанія	Landlord	350 000	+4%
10	Duisburg Intermodal Terminal	Німеччина	Landlord	3 000 000	+5%
11	Dry Port of Khorgos	Казахстан	PPP	500 000	+12%
12	Qingdao Inland Port	Китай	Державна	1 000 000	+6%
13	Mostyska Dry Port	Україна	Приватна	72 400	+15%*
14	Port of Virginia Inland Port	США	Landlord	400 000	+3%
15	Dry Port of Isfahan	Іран	PPP	60 000	+4%
16	Uiwang Inland Container Depot	Південна Корея	Державна	1 500 000	+5%
17	Dry Port of Sialkot	Пакистан	Приватна	100 000	+6%
18	Dry Port of Bobo-Dioulasso	Буркіна-Фасо	Державна	25 000	+2%
19	Dry Port of Nairobi	Кенія	PPP	300 000	+7%

*Сухий порт Мостиська засновано в 2021 році

Ці дані підтверджують, що сухі порти є не лише складними інфраструктурними об'єктами, а й ключовими елементами економічної політики у трансформації транспортної системи.

Вивчення міжнародного досвіду та адаптація ефективних практик сприятимуть розвитку логістичної інфраструктури та інтеграції України у світову транспортну систему. Для нашої країни доцільно розглянути можливість впровадження моделі державно-приватного партнерства або «landlord» при розвитку сухих портів. Це дозволить поєднати державний контроль з ефективністю приватного сектора та залучити інвестиції. Важливо також врахувати необхідність створення чіткої правової бази та механізмів координації між учасниками процесу.

Список використаних джерел

1. Попель С.А. Особливості створення «сухих портів» у Сполучених Штатах Америки. Сталий розвиток економіки. 2023. №1(46). С.110-116. DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2023-46-15>

2. Jeevan, J., Chen, S.-L., & Cahoon, S. (2019). The evolution of dry ports in developing economies: The case of Malaysia. *Journal of Transport Geography*, 74, 103–112.
3. Платонов О.І. Державне регулювання мультимодальних перевезень за допомогою формування сприятливого середовища для розвитку «сухих портів». Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Державне управління. 2021. Том 32 (71) №5. С.13-18. DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-6468/2021.5/03>.
4. Ng, A. K. Y., & Liu, J. J. (2014). Port-focal logistics and global supply chains. Palgrave Macmillan. February 2014. DOI:[10.1057/9781137273697](https://doi.org/10.1057/9781137273697). Edition: First Publisher: Palgrave Macmillan. ISBN: 9781137273680.
5. Bergqvist, R., & Woxenius, J. (2011). The development of hinterland transport by rail: The story of Sweden. *Research in Transportation Economics*, 33(1), 25–34.
6. Notteboom, T., & Rodrigue, J.-P. (2009). Inland terminals within North American and European supply chains. *Transport and Communications Bulletin for Asia and the Pacific*, 78, 1–39.
7. World Bank. (2019). Strengthening Ukraine's Port Sector Governance: Consolidating Control Over Port Land Use and Moving Towards a Contextualized Landlord Model.

Біліченко Віктор Вікторович — д-р техн. наук, професор, ректор, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: bilichenko.v@gmail.com

Бруй Андрій Геннадійович — аспірант кафедри АТМ, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: andreygt@ukr.net

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

Bruy Andrii Gennadiyovich – Postgraduate Student of the Department of ATM, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: andreygt@ukr.net

УДК 621.43.05

Біліченко В.В., Матвійчук Д.М.

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРЕТИЧНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ТА ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ І НАДІЙНОСТІ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

У роботі проводиться систематизація методів отримання інформації під час проведення діагностування, визначається їх роль у забезпеченні безперервного контролю діагностичних параметрів технічного стану дизельних двигунів. Аналізується необхідність діагностування дизельних двигунів на початкових етапах експлуатації, визначаються та враховуються особливості впливу робочих режимів і змін зовнішніх умов на параметри стану двигуна.

Ключові слова: дизельний двигун; діагностика; параметри робочого процесу; надійність; довговічність.

The paper systematizes methods of obtaining information during diagnostics and determines their role in ensuring continuous monitoring of diagnostic parameters of the technical condition of diesel engines. The necessity of diagnosing diesel engines at the initial stages of operation is analyzed, and the influence of operating modes and changes in external conditions on engine condition parameters is identified and considered.

Keywords: diesel engine; diagnostics; working process parameters; reliability; durability

Точність прогнозування залишкового ресурсу дизельного двигуна визначається не тільки кількістю отриманих діагностичних параметрів, але й рівнем їхньої достовірності. Це підкреслює необхідність впровадження сучасних методів діагностики, які забезпечують високий рівень точності та дозволяють своєчасно виявляти потенційні несправності.

З розвитком діагностичних технологій оцінка технічного стану дизелів стала одним із ключових факторів забезпечення їхньої надійності. Адже своєчасне виявлення відхилень у роботі двигуна не лише зменшує ймовірність серйозних поломок, а й сприяє подовженню його експлуатаційного ресурсу [1]. У практичних умовах діагностика використовується не лише для локалізації несправностей, а й як профілактичний інструмент під час планового технічного обслуговування.

Ефективна систематизація методів отримання інформації про технічний стан дизелів дозволяє забезпечити безперервний контроль їхніх параметрів. На ранніх етапах експлуатації важливо враховувати вплив режимів роботи та змін зовнішніх умов, оскільки ці фактори суттєво впливають на стабільність роботи двигуна. Впровадження нових підходів у сфері діагностики сприяє підвищенню загальної надійності та ефективності експлуатації дизельних двигунів.

Протягом тривалого часу науковці та інженери намагалися розробити універсальну формулу для діагностики технічного стану дизельних двигунів [1]. Такі підходи дозволяють швидко та з мінімальними витратами ідентифікувати причини несправностей. Проте їх ефективне застосування можливе лише у випадках, коли йдеться про однотипні технічні одиниці, що працюють в однакових експлуатаційних умовах.

На практиці ж реалізація подібного універсального підходу є надзвичайно складною. Висока варіативність конструктивних особливостей дизельних двигунів, а також різноманіття умов їхньої експлуатації унеможливають створення єдиного діагностичного алгоритму, який був би придатним для всіх випадків. Це свідчить про те, що будь-яка система діагностики повинна мати адаптивний характер, коригуючись залежно від реального технічного стану двигуна під час його експлуатації [2].

У цьому контексті доцільним є впровадження принципу безперервного збору та аналізу діагностичних параметрів, що дозволяє систематично уточнювати причини виникнення відхилень. Кількість етапів уточнення отриманої діагностичної інформації залежить від необхідного рівня точності оцінки стану двигуна, а також від наявності відповідних технічних засобів для її обробки. При цьому, чим точніше проведена діагностика, тим коротшим є часовий проміжок, протягом якого її результати залишаються актуальними.

Діагностичний процес включає декілька рівнів оцінки технічного стану дизельного двигуна, кожен з яких виконує певні функції та базується на специфічних методах збору інформації.

Зовнішній рівень передбачає отримання даних на основі суб'єктивного аналізу зовнішніх проявів роботи двигуна, що змінюються з часом. До таких проявів належать вібрація, шум, перегрів окремих деталей, перевитрата палива, мастильних матеріалів і рідини системи охолодження. Умовно цей рівень можна розділити на два підходи: органолептичний (візуальне та слухове сприйняття) і програмний (аналіз даних, отриманих через діагностичне програмне забезпечення).

Індикаторний рівень базується на вимірюванні параметрів роботи дизельного двигуна, зокрема тиску і температури робочого середовища, швидкості руху деталей тощо. Для цього застосовуються базові інструментальні методи, такі як стетоскопія, компресометрія, аналіз об'єму картерних газів, газоаналіз, а також контроль витрат моторної оливи. Методики використання відповідних приладів детально описані в [3]. Однак варто зазначити, що через можливі похибки вимірювань та суб'єктивні фактори рівень достовірності отриманої інформації не перевищує 60%. Попри це, такі дані дозволяють отримати загальне уявлення про технічний стан дизеля, що в більшості випадків є достатнім для прийняття рішень щодо його подальшої експлуатації.

Усереднений рівень охоплює оцінку робочих процесів двигуна, їх сталих і змінних параметрів, а також взаємозв'язків між ними. Одним із ключових методів на цьому рівні є аналіз складу моторної оливи, що дозволяє оцінити технічний стан двигуна за наявністю в мастилі сторонніх домішок – води, палива, частинок зношених деталей та інших забруднень. Одним із ефективних способів оцінки є метод крапельної проби [4], який передбачає нанесення 3–4 крапель оливи на фільтрувальний папір. У процесі поглинання формується пляма з темним ядром, оточеним одним або кількома концентричними кільцями різного розміру та забарвлення. Аналіз структури плями дозволяє зробити висновки щодо ступеня забрудненості оливи та, відповідно, технічного стану двигуна.

На цьому етапі діагностичного дослідження виникає необхідність оптимізації методів оцінки технічного стану дизельних двигунів, зокрема на основі аналізу моторної оливи. Для підвищення ефективності контролю пропонується класифікація отриманих результатів і визначення стандартних алгоритмів подальшого тестування. Це передбачає такі ключові етапи:

- Занесення двигуна до групи контролю з можливістю коригування періодичності перевірок відповідно до отриманих даних.
- Додаткове уточнення стану шляхом повторного тестування або застосування більш детальних методів діагностики.

Аналіз конкретних підсистем дизеля, якщо є підозри на відмову окремих його компонентів. На цьому ж рівні доцільно проводити детальний хімічний аналіз моторної оливи [5]. До ключових характеристик, що підлягають перевірці, належать: кінематична в'язкість (при 40°C та 100°C); температура спалаху; лужне число (відповідає за антикорозійні властивості масла); вміст вологи та механічних домішок; рівень забрудненості сторонніми частинками.

Результати цього аналізу дозволяють оцінити ступінь старіння оливи, наявність у ній слідів пального, металевих включень або інших показників, що можуть свідчити про технічні проблеми двигуна. Детальна оцінка технічного стану виконується на більш високому рівні

діагностики, проводиться комплексний аналіз фізико-механічних властивостей деталей двигуна. Цей рівень поділяється на загальний і конкретний підрівні. Загальний підрівень спрямований на оцінку основних фізико-механічних характеристик деталей, зокрема їхніх триботехнічних властивостей, рівня зношування та змін у структурі матеріалів під впливом навантажень і температур. Конкретний підрівень передбачає детальне вивчення мікро і макроструктури поверхонь, визначення їхньої твердості, шорсткості, а також пошук механічних дефектів, тріщин чи ознак втомного зношування.

Застосування багаторівневого підходу до діагностики дозволяє значно підвищити точність оцінки стану дизельних двигунів, виявляти несправності ще до їхнього критичного розвитку та ефективніше планувати ремонтні роботи.

Діагностика технічного стану дизелів на вірогідному рівні починається з оцінки технічного стану дизельних двигунів на вірогідному загальному рівні шляхом спектрального аналізу моторної оливи. Даний метод дозволяє виявити наявність мікрочастинок металів, що утворюються внаслідок зносу основних вузлів та агрегатів двигуна. Для цього можна використовувати фотоелектричний спектрометр типу МФС-7, який здатний визначати понад 26 різних металів методом електродного аналізу з обертовим електродом [5]. Це дає змогу своєчасно ідентифікувати критичний рівень зношування деталей та запобігти серйозним поломкам. На рис. 1 наведено типовий результат спектрального аналізу у вигляді графіку, що показує вміст металевих домішок у ppm (частинах на мільйон), який дозволяє оцінити рівень зносу компонентів дизельного двигуна.

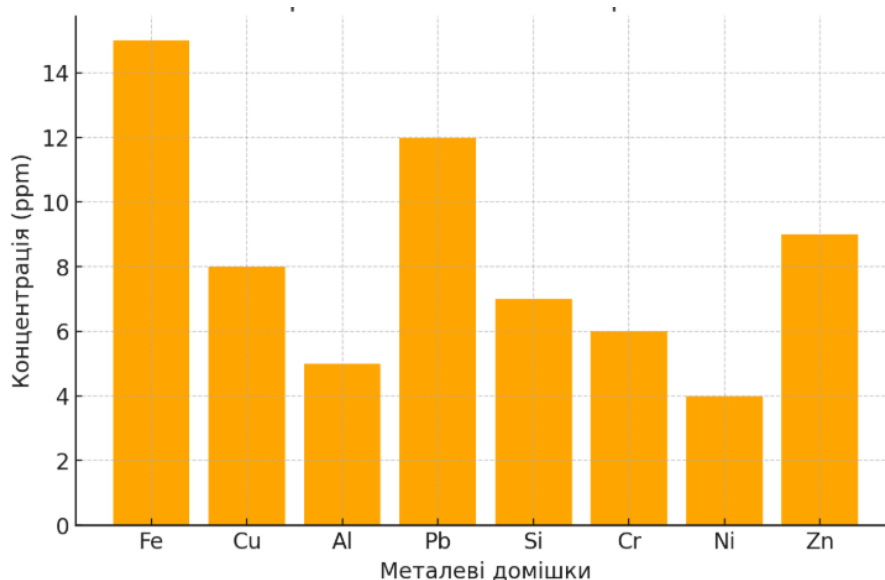


Рисунок 1 – Спектральний аналіз моторної оливи

На вірогідному конкретному рівні доцільно застосовувати вакууметричний метод, який забезпечує точне визначення параметрів технічного стану ключових елементів дизельного двигуна. Основна увага приділяється тим системам і вузлам, які безпосередньо впливають на ресурс і загальну надійність роботи дизеля.

Оцінка технічного стану на адекватному рівні, досліджуються фізико-хімічні зміни у матеріалах деталей, що зазнають максимальних навантажень у процесі експлуатації. До основних параметрів, які аналізуються, належать: напружено-деформований стан конструктивних елементів; наявність зон підвищеної концентрації механічних напружень; мікроскопічні дефекти (мікротріщини, пори, включення сторонніх часток); розподіл легуючих компонентів у поверхневих та внутрішніх шарах матеріалу.

Для виявлення локальних зон напруженості в деталях використовують сучасні методи неруйнівного контролю, такі як рентгенофлуоресцентний аналіз, електронна мікроскопія та метод акустичної емісії.

Такий підхід дозволяє не лише оцінити поточний стан двигуна, а й передбачити можливі відмови задовго до їхнього фактичного прояву, що є ключовим для забезпечення високої надійності та довговічності дизельних агрегатів. Для визначення напружено-деформованого стану та аналізу втомної міцності матеріалів доцільно застосовувати магнітний метод, що базується на вимірюванні коерцитивної сили (H_c) у різних напрямках дії навантаження [6]. Цей показник має пряму кореляцію з рівнем внутрішніх напружень у металі, а його зміна може свідчити про наявність прихованих дефектів, що не виявляються стандартними методами діагностики. На рис. 2 зображено графік залежності який демонструє як змінюється магнітна характеристика металу в залежності від механічного навантаження.

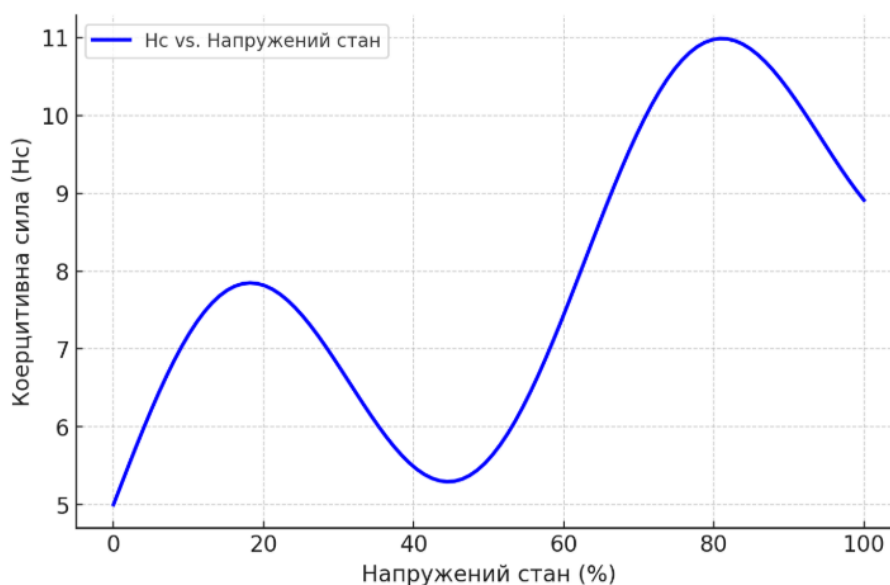


Рисунок 2 – Графік залежності коерцитивної сили H_c від напруженого стану матеріалу

Технологічні дефекти, що виникають у процесі виготовлення та експлуатації, спричиняють локальне підвищення напруженості матеріалу, що може призводити до передчасного руйнування елементів конструкції. Тому при оцінці залишкового ресурсу двигуна важливо враховувати не лише загальний стан матеріалу, але й дані про структурні зміни та макродефекти.

Для підвищення точності прогнозу в місцях вимірювання необхідно проводити додатковий контроль корозійного зношування, застосовуючи товщиноміри, які дозволяють визначити рівень деградації металу в реальному часі.

Локалізація зон дефектів у гільзах циліндрів дозволяє отримати більш достовірні дані про стан гільз циліндрів дизельних двигунів та потребує комплексного підходу. Перед використанням коерциметричного аналізу необхідно здійснити мікрометричний контроль, що дозволяє оцінити ступінь зношення поверхонь та виявити критичні зміни у геометрії деталей.

Об'єднання даних магнітного, мікрометричного та товщиномірного аналізу дозволяє з високою точністю локалізувати ділянки потенційних пошкоджень, ідентифікувати зони граничного зношування та виявити приховані концентрації напружень. Це дає змогу своєчасно вживати коригувальних заходів, запобігаючи серйозним поломкам і продовжуючи експлуатаційний ресурс дизельних двигунів.

Перед початком вимірювань необхідно встановити порогові значення для кожного досліджуваного зразка. Ці граничні показники є ключовими у процесі прогнозування залишкового експлуатаційного ресурсу деталей, оскільки дозволяють визначити критичний рівень структурних змін, що можуть вплинути на подальшу працездатність механізмів.

Поєднання даних про структурний стан матеріалу з результатами попередніх етапів діагностичного моніторингу значно підвищує точність оцінки технічного стану та дозволяє більш достовірно прогнозувати ресурс експлуатації дизельних агрегатів.

Список використаних джерел

1. Барановський Д.М., Жулай О.Ю. Проблема довговічності дизелів транспортних засобів. Кременчук: Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. Вип. 5(58) Ч.1 – 2009. 96-99 с.
2. Бажинов А.В. Наукові основи оцінки ресурсу силових агрегатів транспортних машин з урахуванням умов експлуатації. Харків: Дисертація доктора технічних наук 2001 р. 324 с.
3. Технічна діагностика. Терміни та визначення ГОСТ 20911- 89.
4. Барановський Д.М., Жулай О.Ю. Визначення технічного стану дизелів засобів транспорту за хімічним аналізом моторної оливи. Проблеми трибології – 2010. №1 26-28 с.
5. Барановський Д.М., Жулай О.Ю. Технічний стан матеріалу гільз циліндрів дизелів. Східноєвропейський журнал передових технологій. №3/8(39) – 2009. 31-34 с.

Біліченко Віктор Вікторович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

Матвійчук Дмитро Миколайович – аспірант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

Bilichenko Viktor – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

Matvijchuk Dmytro – PhD student of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University

УДК 629.3:656.13.052

Білоконь Я.Ю., Воронков О.А.

ДИНАМІЧНЕ НАПРУЖЕННЯ (РОЗРАХУНКОВЕ) В КОНТАКТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗАГАЛЬНОЮ МАСОЮ ДО 40 Т З ДОРОГОЮ

Викладено розрахунок (як приклад) напруження в контактній зоні вантажівок при русі асфальтобетонною дорогою, що стосується розгляду проблеми колійності.

Ключові слова: автомобіль, автопотяг, дорога, колеса, рух, напруження.

The paper presents an example of stress calculation in the tire-pavement contact zone of trucks traveling on asphalt concrete, addressing the issue of rutting in road surfaces.

Key words: truck, road train, pavement, wheels, motion, strain, rutting.

Визначальними для рівня напруження в контактній зоні шин автомобільних транспортних засобів з дорогою є навантаження коліс, насиченість рисунків протекторів і їх зношеність, тиск у шинах і твердість поверхні руху. Велика частка маршрутів припадає на дороги з асфальтобетонним покриттям, на яких, за певних обставин, утворюються найглибочіші заглиблення від коліс – колії.

Для розв'язання обчислювальних завдань так, щоб результати були характерними для сучасних умов вантажних перевезень, визначимо контактні напруження, що виникають між декількома варіантами автотранспортних засобів з неоднаковими типорозмірами шин (з максимально дозволеною масою та різними колісними схемами, причіпного і сидельного потягів) і дорогою з твердим покриттям.

При визначенні статичного навантаження коліс мостів скористаємося вихідними даними, вміщеними в технічних характеристиках обраних для розрахунків транспортних засобів, це: МАЗ-437041-261, бортовий (4х2); МАЗ- 555102-223, самоскид (4х2); МАЗ-630305-021, бортовий (6х4); КрАЗ-65032-043, позашляховик (6х6); МАЗ-8378-012, причіп (двомостовий); МАЗ-938662-025, напівпричіп (двомостовий); МАЗ-975830-3012, напівпричіп (тримостовий).

Примітки:

- при балансірній підвісці середнього та заднього мостів тримостових автомобілів навантаження на них приймаються однаковими;
- осі вважаються здвоєними або строєними, якщо відстань між суміжними не більше 2,5 м.

Навантаження переднього/заднього мостів рухомого автомобіля відрізнятиметься від статичного (внаслідок його перерозподілу). Розрахунки динамічного напруження в контактній зоні з дорогою виконаємо за умов, що: автомобіль (автопотяг) рухається дорогою 1-ої категорії (коефіцієнт опору коченню - 0,02); швидкість руху – 80 км/г; коефіцієнт опору повітря (коефіцієнт обтічності) – 0,11 (однаковий для всіх розрахункових варіантів, тому що розмір і конфігурація конструкцій подібні); тиск повітря в шинах – відповідний навантаженню. До доріг 1-ої категорії відносяться (ДБН В. 2.3-4:2015): дороги з капітальним покриттям (матеріал верхнього шару – асфальтобетон, цементобетон), статичне навантаження на вісь – 130 кН, розрахункова інтенсивність руху на одну смугу – 500 одиниць за добу.

Навантаження на передній міст автомобіля при русі визначимо за формулою:

$$G_{\text{п}} = (G \times a + G_{\text{пр.з.м}} \times L_{\text{пр}} - P_w \times h_w - M_f - P_g \times h_g) / L, \quad (1)$$

де G - загальна маса, кг;

a - поздовжня координата центра тяжіння, м;

L - поздовжня база автомобіля, м;

$G_{\text{пр.з.м}}$ - частина маси напівпричепа, що довантажує задній міст автомобіля, кг;

$L_{\text{пр}}$ - поздовжня координата точки зчипки, м;

P_w - сила опору повітря, $P_w=(k_w F \times V^2)/13$,

де $F=B \times H$ - площа лобової поверхні (контурна проекція машини на площину, перпендикулярну поверхні руху, m^2 ;

h_w - висота центра парусності, m ;

$M_f=f \times G \times r_k$ - момент опору коченню автомобіля, kgm , де r_k - радіус колеса, m ;

P_T -тяговий опір причепа (напівпричепа), kg ;

h_T - висота точки зчипки, m .

Навантаження на колеса заднього моста автомобіля визначимо за залежністю:

$$G_{з.м}=G+G_{пр.з.м}-G_{п.} \quad (2)$$

У процесі руху вантажного автомобіля з заповненим кузовом на шини задніх коліс припадає значно більше навантаження, ніж на передні. Поширеним способом вирішення проблеми є застосування здвоєних шин (навантаження на кожен суттєво зменшується, питомий тиск на дорогу знижується), хоча це супроводжується деякими технічними ускладненнями.

За припущення, що контактна площа між шинами й дорогою кругоподібна і взявши до уваги, що: ширина бігової частини (корони) шини вантажного автомобіля з дорожнім рисунком протектора становить 84% ширини профілю; насиченість рисунка задіяних у розрахунках шин складає 75%; для безпечного руху вантажівок рекомендується використовувати шини з глибиною рисунка не менше 3...4 мм – за контактну ділянку вважатимемо ту, яка утворена зовнішньою поверхнею виступів протектора.

Усереднений тиск у контакті шин з твердою поверхнею можна визначити за залежністю

$$P_B=G_K/F_B, \quad (3)$$

де G_K - навантаження колеса (чи спарки), kg ;

F_B - усереднена площа поверхні виступів протектора (зі зношенням рисунка вона зростає), $F_B=\pi \times a^2$,

де a – половина ширини контактної поверхні шини.

З таблиці 1, де представлені результати виконаних таким чином розрахунків, видно, що напруження в контакті шин із поверхнею дороги при різних колісних схемах автомобілів і комплектування автопотягів суттєво відрізняються. Отже, потребує уваги питання про те, як це впливає на технічний стан дорожнього покриття.

Тут варто додати, що довантаження шин коліс задніх мостів автомобілів (і напруження в контакті з дорогою) зростає зі збільшенням швидкості руху, а коливання навантажень коліс на дорогах із капітальним покриттям може сягати (за відомими публікаціями) 30%. Підсилює шкідливу дію на дорожню одежу надмірного напруження в контакті те, що це переважно стосується ведучих коліс автомобілів, між якими й дорогою створюється сила (зсувна дія за високої температури поверхні може набувати руйнівних для поверхні значень).

Внаслідок накопичення дефектів і деформацій утворюється колійність, що сьогодні в переліку найбільш відомих проблем, які зустрічаються при експлуатації автомобільних доріг. Дієві способи зниження рівня шкідливої дії шин автомобільних транспортних засобів - зменшення навантажень та збільшення площі контакту, наприклад встановленням більшої кількості коліс (здвоєні, додаткові мости тощо) або, що менш практично, зниженням внутрішнього тиску (якщо зниження тиску на 10% призводить до зменшення ресурсу шин на 10...15% то зниження на 50% - майже в 4 рази).

Отже, результати виконаних розрахунків засвідчують, що реальний тиск у контактних ділянках певних транспортних засобів з дорогою у різних схемах і комплектувальних варіантах перевищує той, що вважається за унормований, навіть при здвоєних колесах найбільш навантажених мостів (принагідно нагадаємо припис Правил дорожнього руху - маса вантажу, що перевозиться, і розподіл на осі не повинні перевищувати величин, визначених технічною характеристикою даного транспортного засобу; у період воєнного стану в Україні вимоги до вагових параметрів не поширюються на транспортні засоби, які здійснюють

перевезення вантажів з метою їх використання для забезпечення обороноздатності держави за рішенням військового командування.

Таблиця 1 – Результати визначення динамічного напруження в контакті автотранспортних засобів з дорогою

Автотранспортний засіб	Шина		Розрахункове динамічне навантаження, кг// контактне, з дорогою, напруження, кг/см ²	
	типорозмір	ширина корони, см	колеса переднього моста	колеса (спарки) заднього моста
МАЗ-437041-261	235/75R17,5	17,5	1790//7,8	3259//7,1
МАЗ-555102-223	12,00R20	25,6	3234//8,4	5866//7,6
МАЗ-630305-021	11,00R20	22,6	1300//4,3	5976//9,9
КрАЗ-65032-043	12,00R20	25,6	3216//8,3	6216//8,0
МАЗ-630305-021+ МАЗ-8378-012	11,00R20; 11,00R20	22,6	3133//10,4 причіп:	5058//8,4 5000//8,3
МАЗ-544008-021+ МАЗ-975830-3012	315/80R22,5; 385/65R22,5	26,4	2850//7,0 напівпричіп:	6452//7,9 4000//6,2
МАЗ-642205-220+ МАЗ-975830-3012	11,00R20; 385/65R22,5	22,6	3453//11,0 напівпричіп:	3324//5,5 4000//6,2

Дотримання обмежень вагових параметрів перевіряють територіальні підрозділи Укртрансбезпеки та обласні підрозділи Національної поліції України.

Список використаних джерел

1. Ошиновані колеса автомобілів і тракторів. Навч. Посібник / Білоконь Я.Ю., Лузан П.Г. К.: «СПД Кожуховський», 2022, 90 с.
2. Правила дорожнього руху України. К.: Арії, 2022, 48 с.

Білоконь Яків Юхимович – кандидат технічних наук, доцент.

Воронков Олексій Андрійович – викладач, голова циклової комісії транспортних технологій Фахового коледжу інженерії, управління та землевпорядкування Державного некомерційного підприємства "Державний університет "Київський авіаційний інститут".

Yakiv Yukhymovych Bilokon – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Oleksii Andriiovych Voronkov – Lecturer, Head of the Transport Technologies Department at the Vocational College of Engineering, Management and Land Management of the State Non-Commercial Enterprise "State University 'Kyiv Aviation Institute'".

УДК 623.1.7

Бондаренко П.Я., Діденко Ю.А., Антоновська Х.В.

ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ НАДІЙНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ БАЗОВИХ ШАСІ

Анотація: Від справності (працездатності) автомобільних базових шасі (далі – АБШ) залежить бойова готовність військових частин і підрозділів, а також своєчасність виконання ними поставлених завдань, з цього випливає необхідність підтримання заданого рівня надійності АБШ. При цьому необхідно оцінити існуючий рівень надійності АБШ підрозділів для визначення потрібної кількості справних (працездатних) машин, необхідних для забезпечення виконання бойових завдань.

Ключові слова: рівень надійності, автомобільне базове шасі, коефіцієнт технічної готовності, пробіг машини, умови експлуатації.

Annotation: The combat readiness of military units and divisions, as well as the timeliness of their task performance, depends on the serviceability (operability) of automobile base chassis (hereinafter referred to as the ASC), which implies the need to maintain a given level of ASC reliability. In this case, it is necessary to assess the existing level of ASC reliability of units to determine the required number of serviceable (operable) vehicles necessary to ensure the performance of combat missions.

Keywords: reliability level, basic automobile chassis, technical readiness coefficient, car mileage, operating conditions.

Науковою основою досліджень оцінювання рівня надійності та технічної готовності АБШ до виконання завдань є: теорія ефективності застосування військової техніки, технічна експлуатація машин, теорія надійності виробів техніки, теорія ймовірностей та математична статистика. Основні залежності, які використовуються при визначенні рівня надійності машин, наведені у працях [3–5]. Пропозиції з оцінювання показників надійності та боєготовності сучасних виробів техніки наведені у працях [6–8]. У статті [9] розроблені аналітичні залежності коефіцієнтів справності та боєготовності озброєння і військової техніки військових формувань від вихідних параметрів технічного забезпечення.

У навчальному посібнику [1] та настанові [2] пропонується як показник надійності та технічної готовності АБШ до виконання завдань використовувати коефіцієнт технічної готовності машин

$$K_{\text{тг}} = \frac{N_{\text{спр}}}{N_{\text{спис}}} \quad (1)$$

де, $N_{\text{спр}}$ – кількість справних машин, од.;

$N_{\text{спис}}$ – списочна кількість машин, од.

Проте цей коефіцієнт не враховує рік випуску машин, категорії умов експлуатації, професійність водіїв, можливості відновлення машин у випадках експлуатаційних відмов та інші експлуатаційні фактори. При цьому у зазначених працях не наведені залежності для визначення потрібної кількості справних машин для забезпечення виконання завдань.

Плануючи заходи автотехнічного забезпечення під час підготовки АБШ до спеціальної операції, начальник автомобільної служби, насамперед, визначає [1, 2]:

укомплектованість, стан і можливості АБШ;

стан доріг, колонних шляхів і місцевості, які впливають на використання машин, можливу витрату моторесурсів і вихід машин із ладу в результаті експлуатації;

можливості ремонтних і евакуаційних підрозділів з відновлення несправних машин в ході виконання службово-бойових завдань.

При плануванні участі АБШ в операції визначають можливий вихід машин з ладу через експлуатаційні відмови N_e [2], що ґрунтується на врахуванні $K_{гг}$:

$$N_e = \chi_{пп} * \chi_{то} \quad (2)$$

де, $\chi_{пп}$ – кількість умовних поточних ремонтів в одному циклі технічного обслуговування ($\chi_{пп} = 2$);

$\chi_{то}$ – кількість циклів технічного обслуговування.

Кількість циклів визначається за формулою [3]

$$\chi_{то} = \frac{P_M}{H_{ц}} \quad (3)$$

де $H_{ц}$ – норма пробігу за цикл технічного обслуговування, км (для автомобілів вона складає 6000 – 8000 км);

P_M – можливі витрати моторесурсу, км.

Можливі витрати моторесурсу визначаються за формулою [4]

$$P_M = P_c * N_{сис} * D, \quad (4)$$

де, P_c – середньодобовий пробіг на одну машину, км;

D – тривалість періоду, днів.

Недоліками такого розрахунку є неврахування року випуску машин, їх напрацювання та категорії умов експлуатації.

У працях [3, 4] пропонується як комплексний показник надійності АБШ використовувати коефіцієнт оперативної готовності.

Коефіцієнтом оперативної готовності називається ймовірність того, що система виявиться в працездатному стані у будь-який момент часу, крім запланованих періодів, коли використання об'єкта за призначенням не передбачається, і починаючи з цього моменту, буде працювати безвідмовно протягом заданого періоду t .

Вираз для визначення коефіцієнта оперативної готовності має такий вигляд [5]:

$$K_{ог}(t) = K_g * P(t) = \frac{T_0}{T_0 + T_B} e^{-\frac{t}{T_0}} \quad (5)$$

де, K_g – коефіцієнт готовності;

$P(t)$ – ймовірність знаходження машини у працездатному стані в будь-який момент часу;

T_0 – середній час безвідмовної роботи машин;

T_B – середній час відновлення машин.

Величина цього показника відповідає заданому інтервалу часу роботи машин T , зі збільшенням якого коефіцієнт оперативної готовності монотонно зменшується. Тому, з урахуванням коефіцієнта оперативної готовності, можна визначити середню кількість працездатних машин на час завершення маршруту (періоду t):

$$M_{спр_{км}}(t) = K_{ог}(t) * M_{спр_{пм}}, \quad (6)$$

де, $M_{спр_{пм}}$ – кількість працездатних машин на початок проведення маршруту.

З урахуванням середньої швидкості руху машин, залежно від категорії умов експлуатації [6], цю формулу можна записати так:

$$M_{спр_{км}}(l) = K_{ог}(l) * M_{спр_{пм}}, \quad (7)$$

де l – пробіг, км.

Математична модель процесу визначення кількості справних машин на час закінчення проведення операції має вигляд:

$$K_{ог}(l) = P(l) * \frac{L_0}{L_0 + L_B} \left(1 + \frac{L_B}{L_0} e^{-\frac{L_0 + L_B}{L_0 L_B} l} \right); \quad (8)$$

$$P(l) = e^{-\lambda_L l};$$

$$M_{\text{СПР}_{\text{км}}}(l) = K_{\text{ОГ}}(l) * M_{\text{СПР}_{\text{ПМ}}};$$

$$L_0 = \frac{1}{\lambda_L};$$

$$L_B = \frac{1}{\mu_L},$$

де L_0 – безвідмовний пробіг;

L_B – втрати пробігу під час ремонту;

λ_L – параметр потоку відмов;

μ_L – інтенсивність відновлення.

Зробимо такі припущення математичної моделі.

Зміна технічного стану підпорядковується експоненціальному закону розподілу.

Для нових (після капітального ремонту) машин $P(l) = 1$.

У період гарантійної експлуатації $P(l) = 1$, $\lim_{t \rightarrow \infty} P(l) = 0$, $dP(l)/dl \leq 0$.

Початкові умови: при $l = 0$, $P(l) = 1$; $L_A \leq L_0$.

Можливий вихід машин з ладу з причин експлуатаційних відмово у цьому випадку визначається за формулою:

$$M_E = M_{\text{СПР}_{\text{ПМ}}} - M_{\text{СПР}_{\text{км}}} \cdot K_{\text{ОГ}}(l), \quad (9)$$

де, $M_{\text{СПР}_{\text{км}}}$ - кількість справних машин на кінець проведення маршу.

Графіки залежності $K_{\text{ОГ}}$ від пробігу для автомобіля ЗІЛ-130 (СКП-11, АПМ-90М) для різних категорій умов експлуатації L представлені на рис. 1.

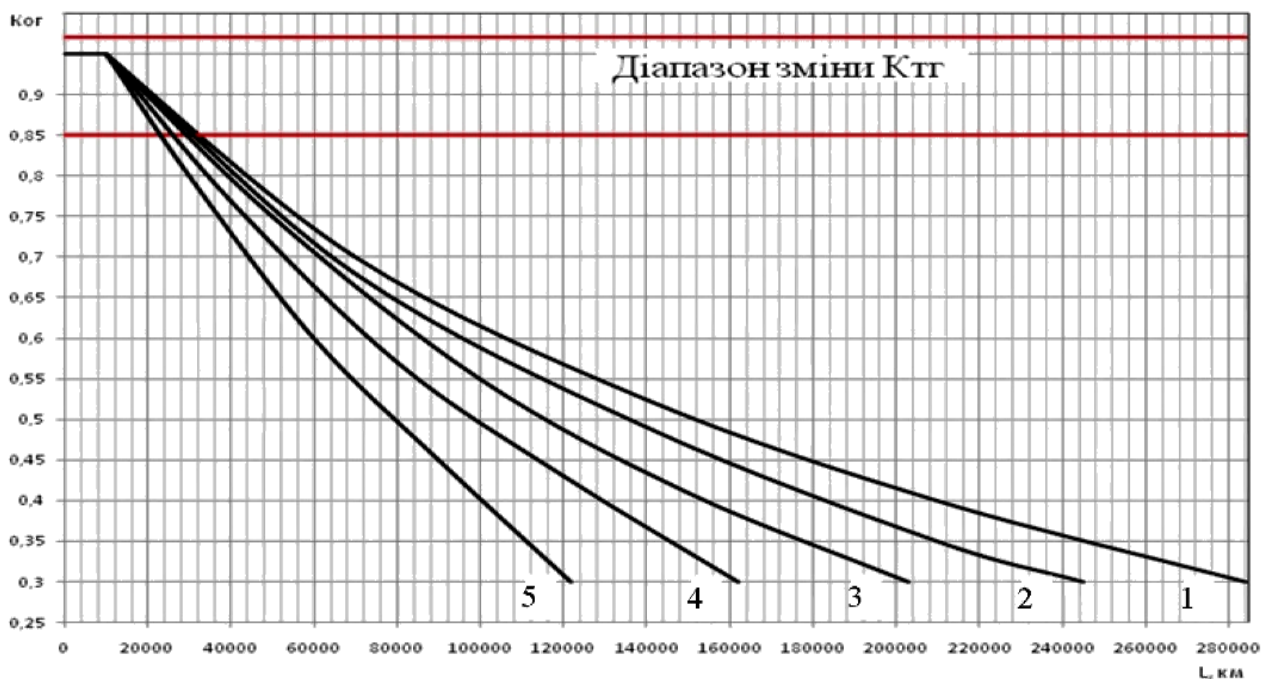


Рис.1 – Графік залежності $K_{\text{ОГ}}$ від L для автомобіля ЗІЛ-130 (СКП-11, АПМ-90М) для варіантів умов експлуатації з першої по п'яту

Визначимо потрібну кількість справних машин, необхідних для забезпечення проведення операції за таких вихідних даних:

$$P_C = 60 \text{ км}, M_C = 100 \text{ машин}, D = 3 \text{ дні}.$$

За допомогою формул (2-4), визначимо:

$$M_e = C_{IP} \cdot C_{TO} = 2 * 3 = 6 \text{ машин}.$$

Згідно з графіками залежності K_{OG} від L , які побудовані за допомогою математичної моделі (8) для різних варіантів умов експлуатації машин (при $\lambda(t) = 1 * 10^{-6} 1/\text{км}$), отримані такі результати:

при напрацюванні машин, які будуть задіяні у марші, до 10 000 км і тих самих вихідних даних $M_e = 0$;

при напрацюванні машин, які будуть задіяні у марші, до 40 000 км і тих самих вихідних даних $M_e = 2$, якщо машини експлуатуватимуть за першим варіантом умов експлуатації, і $M_e = 12$, якщо машини експлуатуватимуть за п'ятим варіантом умов експлуатації;

при напрацюванні машин, які будуть задіяні в марші, до 60 000 км і тих самих вихідних даних $M_e = 13$, якщо машини експлуатуватимуть за першим варіантом умов експлуатації, і $M_e = 29$, якщо машини експлуатуватимуть за п'ятим варіантом умов експлуатації.

Таким чином, за допомогою графіків залежностей K_{OG} від пробігу машин, з урахуванням різних варіантів умов їх експлуатації, можна визначити кількість справних машин, які зможуть здійснити марш з високою надійністю, а також прогнозувати ресурс машин на період проведення маршу.

Наведена математична модель (5-9) дозволяє визначити кількість справних машин на кінець проведення маршруту та вплив на цю кількість варіантів експлуатації, а також намітити шляхи забезпечення високого рівня надійності АБШ на етапі планування та підготовки їх до маршруту.

Список використаних джерел

1. Автотехнічне забезпечення частин та підрозділів внутрішніх військ МВС України [Текст] : навч. посіб. / К. П. Макачук, С. А. Соколовський, Г. М. Маренко та ін. - Х. : Акад. ВВ МВС України, 2012.- 235 с
2. Настанова з автомобільної служби внутрішніх військ МВС України [Текст]. - К. : МВС України, 2003. - 150 с
3. Демянчук, Б. О. Основи технічного забезпечення. Обґрунтування рішень [Текст] / Б. О. Демянчук, О. В. Малишкін. - О. : Військова акад. МО України, 2014. - 208 с.
4. Андрієнко, А. М. Оцінки рівня працездатності озброєння і військової техніки за станом [Текст] / А. М. Андрієнко, О. В. Ролюк // Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ України. - Л. : Акад. Сухопутних військ імені Петра Сагайдачного, 2013. - 18 с.
5. Герасимов, С. В. Удосконалення системи визначення технічного стану мобільних комплексів озброєння [Текст] / С. В. Герасимов, М. П. Савченко, М. Ю. Яковлев // Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ України. - Л. : Акад. Сухопутних військ імені Петра Сагайдачного, 2013. - 28-29 с.
6. Чорний, М. В. Обґрунтування доцільності застосування імовірнісних підходів щодо визначення оцінки технічного стану бронетанкового озброєння та техніки в сучасних умовах [Текст] / М. В. Чорний, С. С. Степанов, Д. Н. Шевченко // Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ України. - Л.: Акад. Сухопутних військ імені Петра Сагайдачного, 2013. - 65-66 с.

7. Головня, С. Б. Розробка рекомендацій щодо покращення процесу оцінювання рівня технічної готовності транспортних засобів прикордонного загону [Текст] / С. Б. Головня // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. - Хмельницький: НАДПСУ, 2014. - Вип. 1 (61). - 292-303 с.

Бондаренко Павло Якович – старший викладач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, ORCID 0009-0004-4223-4451, м. Вінниця, e-mail: pavlobondarenko1970@gmail.com

Діденко Юрій Анатолійович – викладач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: uradidenko2024@gmail.com

Антоновська Христина Віталіївна – слухач групи 03-23 кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ratusnakkristinapr@gmail.com

Bondarenko Pavlo – Senior Lecturer, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, ORCID 0009-0004-4223-4451, Vinnytsia, e-mail: pavlobondarenko1970@gmail.com

Didenko Yuriy – Lecturer, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: uradidenko2024@gmail.com

Antonovska Khrystyna – Student of Group 03-23, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ratusnakkristinapr@gmail.com

УДК 355.415

Бондаренко О.О., Клименко В.В., Котов Д.О., Шелухін С.В., Азізов Б.Р.

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ В ТРАНСПОРТНІЙ ЛОГІСТИЦІ: ЦИВІЛЬНИЙ АСПЕКТ

Розглянуто можливість застосування без екіпажних роботизованих платформ (комплексів) (БРП(К)) військового призначення з адаптивною інформаційно-керуючою системою (ІКС) для вирішення завдань з доставки вантажів в системі транспортної логістики. Проведено аналіз переваг та проблемних викликів щодо застосування таких платформ в цивільній сфері логістичних систем та запропоновано науково-технічні підходи щодо побудови перспективної системи доставки вантажів на основі використання БРП(К).

Ключові слова: *безпілотна система, транспортна логістика, інформаційно-керуюча система, логістичне забезпечення.*

The possibility of using unmanned robotic platforms (complexes) (URP(C)) for military purposes with an adaptive information and control system (ICS) to solve problems of cargo delivery in the transport logistics system is considered. The advantages and problematic challenges of using such platforms in the civilian sphere of logistics systems are analyzed and scientific and technical approaches to building a promising cargo delivery system based on the use of (UAP(C)) are proposed.

Keywords: *unmanned system, transport logistics, information management system, logistics support.*

Безпілотні системи, як невід’ємний фактор розвитку сучасних транспортних технологій набирає оберти не тільки у військовій сфері [1], як фактор ударних систем, а і стає важливою складовою логістичних послуг. Безпілотні системи як повітряного, морського так і наземного варіанту їх застосування можуть вже давно застосовуються у військових цілях. Проте останніми роками вони почали також активно застосовуватися у цивільній сфері, зокрема як технологічна (транспортно-інформаційна) основа реалізації логістичних потоків [2] в сучасних логістичних системах [3, 4].

Безпілотні системи мають ряд переваг, які роблять їх привабливими для логістичних компаній. Вони можуть виконувати свої функції за будь-якої погоди, у тому числі в умовах туману, сильного вітру та дощу. Повітряні безпілотні системи також можуть літати на великі відстані без дозаправки, що дозволяє їм доставляти вантажі до віддалених районів. Крім того, такі системи можуть літати у важкодоступних місцях, таких як гори, ліси та річки [5].

В даний час безпілотні системи використовуються в логістиці в наступних сферах логістичного забезпечення:

доставка вантажів «останньої милі». Повітряні безпілотні системи можуть доставляти невеликі вантажі, такі як посилки, продукти харчування та ліки безпосередньо до кінцевого споживача. Це може значно скоротити час доставки та підвищити зручність для клієнтів;

складська логістика. Безпілотні системи можуть використовуватися для інвентаризації запасів, доставки товарів між складами та виконання інших завдань;

моніторинг та контроль. Безпілотні системи можуть використовуватися для моніторингу об’єктів інфраструктури, таких як мости, лінії електропередачі та пов’язані з ними енергетичні об’єкти, а також нафто- та газопроводи. Вони також можуть використовуватися для моніторингу та контролю стану промислових об’єктів і сільськогосподарських угідь, тощо.

Одним із найперспективніших напрямків використання безпілотних систем у транспортній логістиці є доставка вантажів «останньої милі». В даний час доставка невеликих

вантажів у віддалені райони часто є дорогою та неефективною. Безпілотні системи можуть змінити це, зробивши доставку швидшою, зручнішою та доступнішою.

Однак, використання безпілотних систем у логістиці також пов'язане з рядом викликів. Одним із основних викликів безпека в сенсі їх координаційної взаємодії з іншими видами транспорту та управління транспортними системами. Не систематизоване, у сенсі єдиної системи управління, масове застосування безпілотних систем може становити небезпеку для людей та майна, якщо вони не експлуатуватимуться безпечно. Крім того, такі системи можуть бути використані для доставки небезпечних товарів та контрабанди.

Іншим викликом є регулювання. Нині більшості країн немає чітких правил, регулюючих використання безпілотних систем в цивільній частині логістичного забезпечення функціонування територіально-транспортних систем, на відміну від їх військового використання. Це може ускладнити використання цієї технології в повсякденному мирному житті. Незважаючи на виклики, перспективи використання безпілотних систем у транспортній логістиці є дуже перспективним напрямком її розвитку.

За оцінками експертів, до 2030 року ринок доставки вантажів безпілотними системами в їх цивільному варіанті конструктивної реалізації може сягнути до 2-х трлн доларів.

Прикладами використання повітряних безпілотних систем у транспортній логістиці є у різних країнах світу компанія Amazon, яка активно тестує використання таких систем для доставки невеликих вантажів у США, Великій Британії, Німеччині та інших країнах. Компанія DHL використовує повітряні безпілотні системи для доставки вантажів у важкодоступних районах, таких як гори та острови. Також компанія Zipline використовує подібні системи для доставки ліків та донорської крові у важкодоступних районах Африки.

Отже, безпілотні системи, під якими ми будемо розуміти БРП(К) з адаптивною ІКС та пов'язані з нею пункти дистанційного керування, з різносенсорними каналами інформаційної взаємодії, мають потенціал значно змінити транспортну складову системи транспортної логістики, підвищити її ефективність та значимість в єдиній глобальній системі логістичного забезпечення населення.

Такі БРП(К) можуть зробити доставку вантажів швидшою, зручнішою та доступнішою. Однак для успішного інтегрування таких систем у систему транспортної логістики необхідно вирішити низку викликів, пов'язаних з підвищення стійкості ІКС з різносенсорними каналами інформаційної взаємодії до впливу дестабілізуючих факторів до яких відносяться як активні та і пасивні завади.

Список використаних джерел

1. Леках А. А., Гурін О. М., Старцев В. В., Гурін І. О., Просяник В. В. Особливості застосування безпілотних літальних апаратів при виконанні завдань логістичного забезпечення військ в сучасних збройних конфліктах. *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. 2022. № 1(71). с.49-57. <https://doi.org/10.30748/zhups.2022.71.05>.

2. Котов, Д., Клименко, В., Андрощук, О., Мельник, В., Горошко, О., Азізов, Б. Імітаційне моделювання процесів логістичного забезпечення на основі транспортної задачі. *Social Development and Security*, 2024 14(1), p.218-228. <https://doi.org/10.33445/sds.2024.14.1.18>

3. Гібридний дрон ATLIS здатен доставляти важкі грузи на великі відстані. URL: <https://surl.li/okusz> (дата звернення: 03.04.2025).

4. Українські інженери розробили безпілотний дрон Hammerhead.2020. URL: <https://surl.li/okutd> (дата звернення: 20.03.2025).

5. Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України : Наказ Міністерства Оборони України від 08 груд. 2016 р. № 661 (зі змінами). URL: <https://surl.li/nmypi> (дата звернення: 07.04.2025).

Бондаренко Олександр Олегович – ад'юнкт штатний науково-організаційного відділу, Військова академія (м. Одеса), e-mail: oleksandrbondarenko95@ukr.net.

Клименко Віктор Володимирович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри ремонту та експлуатації автомобільної та спеціальної техніки, Військова академія (м. Одеса), e-mail: viktorklymenko1971@gmail.com.

Котов Денис Олександрович – доктор філософії, доцент кафедри автомобільної техніки, Військова академія (м. Одеса), e-mail: zvyagel.zt@ukr.net.

Шелухін Сергій Володимирович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри автомобільної техніки, Військова академія (м. Одеса), e-mail: oleksandrbondarenko95@ukr.net.

Азізов Борис Рустамович – старший викладач кафедри ремонту та експлуатації автомобільної та спеціальної техніки, Військова академія (м. Одеса), e-mail: viktorklymenko1971@gmail.com.

Bondarenko Oleksandr – Associate Professor of the Scientific and Organizational Department, Military Academy (Odesa), e-mail: oleksandrbondarenko95@ukr.net.

Klymenko Viktor – PhD, Senior Researcher, Associate Professor of the Department of Repair and Operation of Automotive and Special Vehicles, Military Academy (Odesa), e-mail: viktorklymenko1971@gmail.com.

Kotov Denys – PhD, Associate Professor of the Department of Automotive Engineering, Military Academy (Odesa), e-mail: zvyagel.zt@ukr.net.

Shelukhin Serhii – PhD, Senior Researcher, Professor at the Department of Automotive Engineering, Military Academy (Odesa), e-mail: oleksandrbondarenko95@ukr.net.

Azizov Borys – Senior Lecturer at the Department of Repair and Operation of Automotive and Special Vehicles, Military Academy (Odesa), e-mail: viktorklymenko1971@gmail.com.

УДК 691.175

Борисюк Д.В., Гатілов А.М., Зелінський В.Й., Вдовиченко О.В.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ РУЛЬОВОГО УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЯ TOYOTA CAMRY

Сучасні автомобілі є динамічною системою з великою кількістю деталей, вузлів, систем ні агрегатів. Одним з вузлів, що відповідають за безпеку руху автомобіля є рульове управління. Існуючі методи та засоби діагностування рульового управління можна охарактеризувати низькою ефективністю. З різних причин як декларативні, так і реально існуючі (підтримувані обладнанням) методи, зазвичай, мають низьку точність і нездатність локалізувати несправності. Наразі в більшості випадків несправності системи рульового управління виявляються за зовнішніми ознаками. Підвищити якість процесу діагностування рульового управління можна, в тому числі, і створенням нових математичних моделей їх функціонування.

Дослідження запропонованої математичної моделі діагностування рульового управління автомобілів Toyota Camry дозволить виявити несправності його вузлів та деталей в залежності від їх ознак, що значно підвищить термін безвідмовної роботи як самого рульового управління, так і транспортного засобу.

Ключові слова: математична модель, діагностування, автомобіль, рульове управління, матриця діагностування, блок-схема, несправність, ознака несправності, булева функція.

Modern cars are dynamic systems with a large number of parts, assemblies, systems and units. One of the components responsible for the safety of a car is the steering. Existing methods and means of diagnosing steering can be characterized by low efficiency. For various reasons, both declarative and real (supported by equipment) methods usually have low accuracy and inability to localize malfunctions. Currently, in most cases, steering system malfunctions are detected by external signs. The quality of the steering diagnostics process can be improved, including by creating new mathematical models of their functioning.

The study of the proposed mathematical model for diagnosing the steering of Toyota Camry cars will allow detecting malfunctions of its components and parts depending on their signs, which will significantly increase the period of trouble-free operation of both the steering itself and the vehicle.

Key words: mathematical model, diagnostics, car, steering, diagnostics matrix, flowchart, malfunction, malfunction sign, Boolean function.

За рахунок автоматизації логічного процесу постановки діагнозу можна попередити несправності об'єкта діагностування.

Вирішення задачі автоматизації логічного процесу постановки діагнозу вимагає розробки моделей елементів рульового керування автомобіля як об'єктів діагностування, що описують на одному математичному рівні взаємозв'язки між безліччю можливих несправностей та безліччю значень діагностичних параметрів.

Заміна об'єкта діагностування моделлю пов'язана з виділенням основних, істотних для постановки діагнозу елементів і властивостей, пов'язаних із завданням визначення дійсного технічного стану об'єктів. При цьому деяка кількість елементів і зв'язків об'єкта, виключно важливих з точки зору його функціонування як пристрою, призначеного для виконання певної роботи, стають другорядними і при розробці моделі технічного пристрою, як об'єкта діагностування, можуть бути виключені.

Заміна реальних технічних пристроїв їх ідеалізованими моделями дозволяє широко використовувати різні математичні методи. Під математичною моделлю об'єкта діагностування розуміють безліч аналітичних, логічних, статистичних, графічних і взагалі будь-яких якісних співвідношень, які пов'язують вихідні параметри об'єкта з його вхідними і внутрішніми параметрами.

Найбільш універсальною моделлю об'єкта діагностування є представлення його у вигляді «чорного ящика», вхідні і вихідні параметри якого мають кінцеву множину значень. Передбачається, що всі можливі стани об'єкта утворюють кінцеву множину станів. В даному випадку об'єкт є «чорним ящиком» не тому, що його внутрішня структура і параметри повністю не відомі, а тому, що накладається заборона на доступ до них і стан об'єкта можна визначати, тільки досліджуючи його вихідні параметри (без розбирання).

Для представлення об'єкта діагностування у вигляді «чорного ящика» необхідно задати (рис. 1):

- кількість всіх вхідних дій Y від стимулюючих пристроїв і зовнішнього середовища;
- кількість всіх вихідних ознак несправності C ;
- кількість всіх несправностей об'єкта діагностування B ;
- оператор A , який перетворює кількості B та Y в кількість C :

$$C = A\{Y, B\}. \quad (1)$$

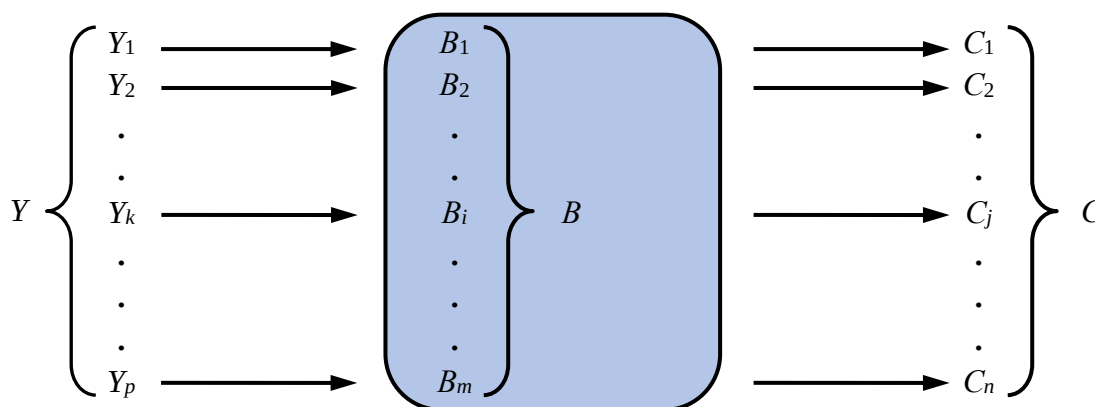


Рисунок 1 – Представлення об'єкта діагностування у вигляді «чорного ящика»

Враховуючи те, що під час проведення діагностування елементи кількості Y стабілізуються (або змінюються за заданим законом), вираз (1) перетвориться у вид:

$$C = A\{B\}. \quad (2)$$

Іншими словами, будь-який вихідний параметр об'єкта діагностування є функцією його технічного стану при даному стані входів.

Якщо несправність об'єкта діагностування $\{B_i\}$ віднести до вихідних параметрів автоматизованої системи, то діагностична задача формулюється наступним чином: по відомим ознакам несправності $\{C_j\}$ визначити невідомі несправності об'єкта діагностування $\{B_i\}$.

Для успішного вирішення цього завдання необхідно знати вид оператора A , іншими словами, необхідний вичерпний опис зв'язків між усіма вихідними параметрами і всіма можливими станами (несправностями) об'єкта.

Нижче описується ряд моделей об'єктів діагностування, в яких різні форми опису зазначених взаємозв'язків відрізняються одна від одної.

При наявності аналітичної моделі об'єкта діагностування завдання постановки діагнозу в загальному вигляді формулюється таким чином. За даними ознаками несправності $C_1, C_2, \dots, C_n$, отриманих в результаті відповідних вимірювань, визначити технічний стан (несправності) об'єкта діагностування $B_1, B_2, \dots, B_m$, якщо відомі функціональні залежності між кожним діагностичним сигналом і структурними параметрами:

$$\begin{cases} C_1 = \phi_1(B_1, B_2, \dots, B_m); \\ C_2 = \phi_2(B_1, B_2, \dots, B_m); \\ \dots\dots\dots \\ C_j = \phi_j(B_1, B_2, \dots, B_m); \\ \dots\dots\dots \\ C_n = \phi_n(B_1, B_2, \dots, B_m). \end{cases} \quad (3)$$

Система рівнянь (3) є математичною моделлю об'єкта діагностування, що має m структурних параметрів і n діагностичних сигналів.

Очевидною перевагою постановки діагнозу з використанням аналітичної моделі є можливість отримання конкретної несправності об'єкта діагностування, що дозволяє визначити технічний стан об'єкта не тільки в момент діагностування, але і, накопичуючи інформацію, отриману за кілька діагностичних обстежень об'єкта, аналізувати зміну структурних параметрів з метою прогнозування його технічного стану.

Однак практичне використання такої аналітичної моделі поки обмежено в силу таких обставин:

- вид функцій φ_j для більшості вузлів і механізмів поки не встановлений;
- якщо функція φ_j не задовольняє умовам безперервності і диференціювання по кожному з своїх аргументів, що зазвичай має місце в реальних моделях, то рішення системи рівнянь (3) пов'язано з великими математичними труднощами;
- більшість діагностичних параметрів, в принципі не можуть бути виражені у вигляді аналітичних функцій структурних параметрів.

У ряді робіт з технічного діагностування машин і механізмів, можливі технічні стани (несправності) агрегатів і систем та ознаками цих несправностей описуються у вигляді так званих діагностичних матриць [1-13].

З досвіду багаторічної експлуатації автомобілів в таблиці 1 представлена матриця рульового керування автомобіля Toyota Camry, якою вони оснащуються [4, 5, 14].

В матриці діагностування позначимо наступні несправності рульового керування автомобіля Toyota Camry: B_1 – порушення натягу пружини упору рейки; B_2 – ослаблене затягування болтів кріплення рульового механізму; B_3 – знос кульових шарнірів рулевих тяг; B_4 – зношування карданного шарніра рульового валу; B_5 – прослизання ремня приводу насоса гідропідсилювача; B_6 – пошкодження ремня приводу насоса гідропідсилювача; B_7 – недостатній рівень робочої рідини; B_8 – попадання повітря у гідросистему; B_9 – перекручування або пошкодження шлангів; B_{10} – недостатній тиск насоса гідропідсилювача; B_{11} – підвищені внутрішні витоки в насосі; B_{12} – підтікання рідини з рульового механізму; B_{13} – перекос або пошкодження ущільнень рульового механізму чи розподільника; B_{14} – утруднене провертання внутрішніх шарнірів та/або шарнірів рулевих тяг; B_{15} – деформація рейки рульового механізму; B_{16} – пошкодження підшипника шестерні; B_{17} – пошкодження клапана регулювання тиску; B_{18} – пошкодження підшипника валика ротора насоса; B_{19} – доторкання шлангів до кузова; B_{20} – ослаблене кріплення рулевих тяг та/або кульових шарнірів наконечників тяг; B_{21} – ослаблене затягування болтів кріплення насоса.

Також в матриці діагностування вводимо ознаки вище зазначених несправностей рульового керування автомобіля Toyota Camry: C_1 – збільшений вільний хід рульового колеса та стукіт у рульовому управлінні; C_2 – туге обертання рульового колеса; C_3 – нечітке повернення рульового колеса в середнє положення; C_4 – шум (стукіт) у рульовому управлінні; C_5 – підвищена шумність насоса гідропідсилювача.

Як видно з таблиці 1, кожна несправність характеризується певною комбінацією значень її ознак, які можуть приймати два умовних значення: «-» або «+».

На перетині i -го рядка і j -го стовпця ставиться «+», якщо при наявності i -ої несправності спостерігається вихід j -ої ознаки з області її допустимих значень, в протилежному випадку ставиться «-».

Таблиця 1 – Матриця діагностування рульового керування автомобіля Toyota Camry

Несправність рульового керування автомобіля Toyota Camry	Ознака несправності рульового керування автомобіля Toyota Camry				
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
B ₁	+	-	+	-	-
B ₂	+	-	-	+	-
B ₃	+	-	-	+	-
B ₄	+	-	+	-	-
B ₅	-	+	-	-	-
B ₆	-	+	-	-	-
B ₇	-	+	-	-	+
B ₈	-	+	-	-	+
B ₉	-	+	+	-	-
B ₁₀	-	+	-	-	-
B ₁₁	-	+	-	-	-
B ₁₂	-	+	-	-	-
B ₁₃	-	+	-	-	-
B ₁₄	-	-	+	-	-
B ₁₅	-	-	+	-	-
B ₁₆	-	-	+	-	-
B ₁₇	-	-	+	-	-
B ₁₈	-	-	+	-	-
B ₁₉	-	-	-	+	-
B ₂₀	-	-	-	+	-
B ₂₁	-	-	-	-	+

Для синтезу такої матриці необхідно нескінченну кількість технічних станів об'єкта замінити кінцевою множиною технічних станів, кожен з яких пов'язано з певною несправністю (або їх комбінацією) або з працездатним станом (рис. 2).

Таке перетворення може бути записано у вигляді

$$\{B_i\}_k = F_x\{B_i\}, \quad (4)$$

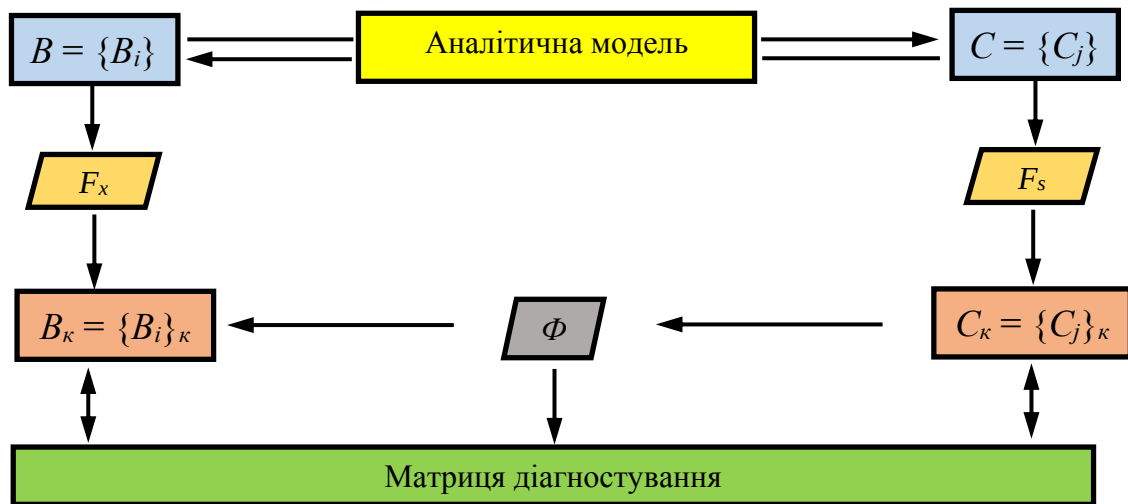
де $\{B_i\}$ – множина ознак технічних станів об'єкта діагностування, кожна з яких може приймати в загальному випадку нескінченну кількість значень; $\{B_i\}_k$ – кінцева множина ознак технічних станів об'єкта діагностування, кожна з яких може приймати лише два умовних значення «-» і «+», які відповідають відсутності та наявності i -ої несправності; $i = 1, 2, \dots, m$; F_x – оператор, який перетворює кількість $\{B_i\}$ в кількість $\{B_i\}_k$ наступним чином: для будь-якого i -го параметру B_i присвоюється значення «-», якщо величина лежить в області допустимих значень, в протилежному випадку присвоюється значення «+».

Перетворення нескінченної кількості значень параметрів вихідних процесів в кінцеву кількість значень діагностичних параметрів може бути записано у вигляді

$$\{C_j\}_k = F_s\{C_j\}, \quad (5)$$

де $\{C_j\}$ – кількість ознак вихідних процесів, кожна з яких може приймати в загальному випадку нескінченну кількість значень в певному інтервалі; $\{C_j\}_k$ – кінцева кількість діагностичних ознак, кожна з яких може приймати тільки два умовних значення: «-» або «+»; $j = 1, 2, \dots, n$; F_s – оператор, що перетворює кількість $\{C_j\}$ в кількість $\{C_j\}_k$ наступним чином: будь-якій j -ій ознаці C_j присвоюється умовне значення «-», якщо величина лежить в області значень, що відповідають справному стану об'єкта діагностування, в протилежному випадку присвоюється значення «+».

В результаті проведених перетворень отримано два кінцевих значення $\{B_i\}_k$ і $\{C_j\}_k$, елементи яких певним чином пов'язані один з одним.



$B = \{B_i\}$ – нескінченна кількість технічних станів об’єкта; $B_k = \{B_i\}_k$ – кінцева кількість технічних станів; $C = \{C_j\}$ – нескінченна множина ознак технічних станів об’єкта; $C_k = \{C_j\}_k$ – кінцева множина ознак технічних станів об’єкта; F_x – оператор, перетворюючий кількість $\{B_i\}$ в кількість $\{B_i\}_k$; F_s – оператор, який перетворює кількість $\{C_j\}$ в кількість $\{C_j\}_k$; Φ – оператор, що перетворює кількість технічних станів об’єкта в кількість діагностичних параметрів

Рисунок 2 – Блок-схема синтезу матриці діагностування рульового керування автомобіля Toyota Camry

У загальному вигляді цей зв’язок може бути виражений у вигляді

$$\{C_j\}_k = \Phi \{B_i\}_k, \quad (6)$$

де Φ – оператор, що перетворює кількість технічних станів об’єкта в кількість діагностичних параметрів.

Перетворення (6) відображає функціонування будь-якого технічного об’єкта як перетворювача кількості структурних параметрів у кількість діагностичних параметрів і є модифікацією моделі (1).

Перетворення (6) можна розгорнути за допомогою системи (3).

Система рівнянь (3) пов’язує кожен знак несправності C_j з усіма структурними параметрами об’єкта діагностування, що відображає зв’язки між структурними параметрами і діагностичними сигналами.

Матриця діагностування, як модель об’єкта діагностування, показує, що вона є по суті справи табличною формою запису системи рівнянь (1).

Параметр C_1 в матриці діагностування можна розглядати як двозначну булеву функцію, яка залежить від аргументів B_1, B_2, B_3, B_4 . Булева функція залежить від аргументів B_1, B_2, B_3, B_4 , якщо має місце співвідношення

$$\phi(B_1, B_2, \dots, B_{i-1}, 0, B_{i+1}, \dots, B_m) \neq \phi(B_1, B_2, \dots, B_{i-1}, 1, B_{i+1}, \dots, B_m).$$

Як випливає з цього визначення та таблиці 1, C_1 істотно залежить лише від B_1, B_2, B_3, B_4 .

Залежність $C_1 = \varphi_1(B_1, B_2, B_3, B_4)$ виражається в даному випадку в вигляді функції логічного додавання (диз’юнкція):

$$C_1 = B_1 + B_2 + B_3 + B_4.$$

Відповідний аналіз інших ознак несправностей дозволяє записати систему рівнянь (3) для даної матриці діагностування рульового керування автомобіля Toyota Camry у вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l} C_1 = B_1 + B_2 + B_3 + B_4; \\ C_2 = B_5 + B_6 + B_7 + B_8 + B_9 + B_{10} + B_{11} + B_{12} + B_{13}; \\ C_3 = B_1 + B_4 + B_9 + B_{14} + B_{15} + B_{16} + B_{17} + B_{18}; \\ C_4 = B_2 + B_3 + B_{19} + B_{20}; \\ C_5 = B_7 + B_8 + B_{21}. \end{array} \right. \quad (7)$$

Всі послідовні перетворення, що приводять до синтезу моделі об'єкта діагностування у вигляді діагностичної матриці, наочно представлені на блок-схемі (див. рис. 2). У тому випадку, коли модель об'єкта діагностування подана у вигляді діагностичної матриці, діагностична задача формулюється наступним чином: за ознаками несправностей $C_1, C_2, \dots, C_n$ отриманими при діагностуванні, потрібно визначити несправності $B_1, B_2, \dots, B_m$ в момент перевірки, якщо відомі функціональні залежності між діагностичними параметрами і всіма структурними параметрами, що задані у вигляді діагностичної матриці або системи рівнянь типу (7). Кожен структурний параметр і кожен діагностичний параметр приймає тільки одне значення: «-» або «+».

Очевидно що для вирішення діагностичної задачі необхідне зворотне перетворення кількості діагностичних параметрів в кількість структурних параметрів, тому що при постановці діагнозу відомими є саме значення діагностичних параметрів.

У загальному вигляді зворотне перетворення можна представити виразом

$$\{B_i\}_\kappa = \Phi^{-1} \{B_j\}_\kappa,$$

або в розгорнутому вигляді

$$\begin{cases} B_1 = f_1(C_1, C_2, \dots, C_n); \\ B_2 = f_2(C_1, C_2, \dots, C_n); \\ B_m = f_m(C_1, C_2, \dots, C_n). \end{cases} \quad (8)$$

Вид функцій f_m неважко встановити в кожному конкретному випадку на основі наступних міркувань.

У діагностичній матриці розглянемо окремо один із рядків, наприклад, десятій. З матриці видно, що наявність несправності B_1 викликає одночасно вихід ознак C_1 та C_3 з області їх допустимих значень. Значення інших діагностичних параметрів при наявності тільки несправності B_1 залишаються в межах норми. Значить B_1 є булевою функцією, в даному випадку кон'юнкція (або функцією логічного множення):

$$B_1 = C_1 \cdot C_3.$$

Відповідний аналіз всіх інших стовпців розглянутої матриці дозволяє зворотне перетворення (3) записати у вигляді системи булевих функцій (кон'юнкцій):

$$\begin{cases} B_1 = C_1 \cdot C_3; & B_4 = C_1 \cdot C_3; & B_7 = C_2 \cdot C_5; & B_{10} = C_2; & B_{13} = C_2; & B_{16} = C_3; & B_{19} = C_4; \\ B_2 = C_1 \cdot C_4; & B_5 = C_2; & B_8 = C_2 \cdot C_5; & B_{11} = C_2; & B_{14} = C_3; & B_{17} = C_3; & B_{20} = C_4; \\ B_3 = C_1 \cdot C_4; & B_6 = C_2; & B_9 = C_2 \cdot C_3; & B_{12} = C_2; & B_{15} = C_3; & B_{18} = C_3; & B_{21} = C_5. \end{cases} \quad (9)$$

Як видно з цього прикладу, процес постановки діагнозу на основі моделі об'єкта діагностування, вираженої у вигляді діагностичної матриці, складається з таких етапів:

- шляхом відповідних вимірювань і перетворень (5) встановлюються ознаки всіх несправностей $C_1, C_2, \dots, C_n$;
- значення діагностичних параметрів підставляються в систему булевих функцій (8);
- обчислюються значення всіх булевих функцій несправностей B_i ($i = 1, 2, \dots, m$) причому якщо $B_i = 1$, то в об'єкті є i -та несправність.

Виходячи з того, що об'єкт діагностування є працездатним лише у випадку відсутності всіх несправностей, то функція його роботоздатності F_P набуде вигляду:

$$F_P = \bar{B}_1 + \bar{B}_2 + \bar{B}_3 + \dots + \bar{B}_{21}. \quad (10)$$

Повертаючись до блок-схеми синтезу матриці діагностування (див. рис. 3), можна сформулювати в загальному вигляді умову здійснення діагностування наступним чином: для виконання діагностування достатньо, щоб зворотне перетворення кількості ознак несправностей у кількість структурних параметрів (несправностей) об'єкта було однозначним.

Якщо при синтезі діагностичної матриці не виконана ця умова і в системі (8) є дві або більше рівних функцій, то перелік діагностичних параметрів необхідно доповнити новим параметром, який увійшов би в якості додаткового аргументу тільки в одну з розглянутих рівних функцій.

Список використаних джерел

1. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: технологія: підручник. Київ : Вища школа, 2007. 527 с.
2. Коваленко В.М., Щуріхін В.К. Діагностика і технологія ремонту автомобілів. Київ : Літера ЛТД, 2017. 224 с.
3. Борисюк Д. В. Формування словника діагностичних ознак при віброакустичному діагностуванні тракторів і автомобілів. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту : VI-а Міжн. наук.-практ. інтернет-конф., м. Вінниця, 12-13 квітня 2018 р.: тези доповіді*. Вінниця, 2018. С. 28-30.
4. Строков О.П., Макаренко М.Г., Орлов В.Ф., Павленко В.О. Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Основи будови та експлуатації автопоїздів. Київ : Грамота, 2005. 352 с.
5. Дитятєв О.В. Особливості діагностування рульового керування автомобілів. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2021. Вип. 2 (14). С. 18-25.
6. Borysiuk D., Spirin A., Trukhanska O., Shvets L., Zelinsky V. Mathematical model of a wheeled tractor steering axle as an object of diagnostics. *TEKA. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 2017. Vol. 17, № 1. P. 41-47.
7. Барановський В.М., Спирін А.В., Зелінський В.Й., Наляжний В.С. Математична модель діагностування системи уприскування палива «Моно-Jetronic». *Вісник машинобудування та транспорту*. 2018. Вип. 1 (7). С. 10-17.
8. Борисюк Д. В. Вибір та обґрунтування параметрів вібродіагностування керованих мостів колісних тракторів : автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту». Житомир, 2020. 21 с.
9. Борисюк Д. В. Математична модель зчеплення автомобіля Volkswagen Polo Sedan як об'єкта діагностування. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2021. Вип. 1 (13). С. 23-32.
10. Борисюк Д. В. Математична модель коробки перемикач передач типу ЯМЗ-239 як об'єкта діагностування. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2021. Вип. 3 (156). С. 93-104.
11. Борисюк Д.В. Математична модель процесу діагностування турбокомпресора ЯМЗ-650.1118011 [Електронний ресурс]. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2021. Вип. 2 (13). – Режим доступу до журн.: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/634/596>
12. Борисюк Д.В., Зелінський В.Й., Твердохліб І.В., Полевода Ю.А. Математична модель автоматизації процесу діагностування двигунів внутрішнього згорання сімейства ЯМЗ-238. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2021. №4 (115). С. 12-23.
13. Борисюк Д.В., Зелінський В.Й., Твердохліб І.В., Полевода Ю.А. Математична модель автоматизації процесу діагностування ведучих мостів автомобілів «КамАЗ». *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. №2 (117). С. 15-24.
14. Кисликов В.Ф., Лушик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. Київ : Либідь, 2018. 400 с.

Борисюк Дмитро Вікторович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету (21021, м. Вінниця, вул. Політехнічна, 7, ауд. 3222, e-mail: bddv@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-8572-6959>).

Гатілов Антон Миколайович — студент групи 1АТ-23мсз, факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету.

Зелінський Вячеслав Йосипович — асистент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету (21021, м. Вінниця, вул. Політехнічна, 7, ауд. 3222, e-mail: zelinskiy.slava@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7785-2629>).

Вдовиченко Олександр Володимирович — асистент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету (21021, м. Вінниця, вул. Політехнічна, 7, ауд. 3222).

Borysiuk Dmytro – Candidate of Technical Sciences (Ph. D in Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of of automobiles and transport management of Vinnytsia National Technical University (21021, Vinnytsia, Polytechnic Street, 7, room 3222, e-mail: bddv@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-8572-6959>).

Gatilov Anton – student of group 1AT-23msz, Faculty of Mechanical Engineering and Transport of Vinnytsia National Technical University.

Zelinskyi Viacheslav – Assistant of the department of automobiles and transport management of Vinnytsia National Technical University 21021, Vinnytsia, Polytechnic Street, 7, room 3222, e-mail: zelinskiy.slava@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7785-2629>).

Vdovichenko Oleksandr – Assistant of the department of automobiles and transport management of Vinnytsia National Technical University 21021, Vinnytsia, Polytechnic Street, 7, room 3222).

УДК 629.113:678.5

Боркут А.В., Колесніков В.О.

ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ В АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ

В тезах представлено огляд сучасних композиційних матеріалів, які активно застосовуються в автомобілебудуванні. Розглянуто ключові типи композиційних матеріалів — полімерні, металеві та керамічні, їхні переваги, сфери застосування та перспективи впровадження у конструктивні елементи автомобіля. Особливу увагу приділено полімерним композитам на основі епоксидних, поліефірних смол і біоматриць (PLA), а також армуванню вуглецевими, скляними й натуральними волокнами. Висвітлено роль КМ у зниженні маси автомобіля, покращенні пасивної безпеки, зменшенні шкідливих викидів та підвищенні енергоефективності, особливо в контексті електромобілів. Розглянуто потенціал адитивного виробництва, у тому числі 3D- і 4D-друку, для виготовлення складних деталей з композитів. Окремо проаналізовано перспективи термостійких і ударостійких матеріалів, а також екологічні аспекти, пов'язані з утилізацією та переробкою КМ. Підкреслено актуальність подальших досліджень щодо впровадження біополімерів у транспортному машинобудуванні та розвитку багатофункціональних композитів нового покоління.

Ключові слова: композиційні матеріали, полімерні композити, вуглеволоконисті матеріали, склопластик, металеві композити, PLA, автомобілебудування, електромобілі, легкі конструкції, 3D-друк, пасивна безпека, екологічність матеріалів.

The thesis provides an overview of modern composite materials that are actively used in the automotive industry. The key types of composite materials - polymeric, metal and ceramic, their advantages, applications and prospects for implementation in the structural elements of the car are considered. Particular attention is paid to polymer composites based on epoxy, polyester resins and biomatrices (PLA), as well as reinforcement with carbon, glass and natural fibers. The role of CMs in reducing vehicle weight, improving passive safety, reducing harmful emissions, and increasing energy efficiency, especially in the context of electric vehicles, is highlighted. The potential of additive manufacturing, including 3D and 4D printing, for the manufacture of complex composite parts is considered. The prospects of heat-resistant and impact-resistant materials, as well as environmental aspects related to the utilization and recycling of CM are analyzed separately. The relevance of further research on the introduction of biopolymers in transport engineering and the development of multifunctional composites of a new generation is emphasized.

Key words: composite materials, polymer composites, carbon fiber materials, fiberglass, metal composites, PLA, automotive, electric vehicles, lightweight structures, 3D printing, passive safety, environmental friendliness of materials.

Композиційні матеріали (КМ) відіграють дедалі важливішу роль в автомобілебудуванні завдяки поєднанню високих механічних властивостей і малої густини. Їх використання дозволяє знизити масу транспортного засобу, підвищити енергоефективність і зменшити викиди шкідливих речовин, що є актуальним у контексті сучасних екологічних вимог [1–12].

У галузі автомобілебудування найчастіше застосовують полімерні композиційні матеріали (ПКМ), металеві композиційні матеріали (МКМ) та керамічні композити. Основу становить матриця (полімерна, металева або керамічна), у якій рівномірно розподілено армувальний наповнювач – волокна, частинки або пластини.

Полімерні композиційні матеріали (ПКМ), зокрема на основі епоксидної або поліефірної смоли, широко використовуються завдяки легкості, антикорозійним властивостям та простоті формування. Вони застосовуються для виготовлення кузовних панелей, бамперів, елементів інтер'єру та спойлерів [13–15].

Однією з найпрогресивніших груп композиційних матеріалів є вуглеволокнисті композити (Carbon Fiber Reinforced Polymer – CFRP). Вони поєднують високу міцність, жорсткість та надзвичайно малу густину, що робить їх ідеальними для спортивних і преміальних автомобілів [16 – 18].

Склопластики (Glass Fiber Reinforced Polymer – GFRP) є дешевшими аналогами CFRP і використовуються значно ширше. Вони мають прийнятні характеристики міцності та витривалості при відносно низькій вартості, що робить їх популярними у масовому виробництві [19-21].

Металеві композити - МКМ поєднують легкі метали (наприклад, алюміній або магній) із керамічними частинками (наприклад, SiC), що підвищує зносостійкість та жорсткість без значного збільшення маси. Такі матеріали використовуються в елементах двигуна, гальмівній системі та підвісці [22, 23].

У електромобілях КМ дозволяють зменшити вагу акумуляторної платформи, що збільшує запас ходу без збільшення ємності батареї. Використання структурних композитів у підрамниках і шасі забезпечує як жорсткість, так і зменшення загального навантаження [24 – 26].

Сучасні методи 3D-друку дозволяють створювати складні форми з КМ, у тому числі з армуванням волокнами. Це відкриває нові можливості для виробництва індивідуальних або малосерійних автомобільних компонентів із високою точністю [27-32].

Для елементів, що піддаються термічному навантаженню (вихлопні системи, гальмівні щитки), розробляють термостійкі КМ, здатні витримувати температури понад 300 °С. Їхня ударостійкість також забезпечує безпеку пасажирів при зіткненнях.

Попри легкість, правильно спроектовані КМ мають високу енергоємність при руйнуванні. Це дозволяє їм ефективно поглинати енергію удару, що має вирішальне значення для пасивної безпеки автомобіля.

Сучасні тенденції вимагають не лише зниження маси, а й можливості утилізації КМ. Розробляються біорозкладні або перероблювані композити, а також технології ресайклінгу вуглецевих та скловолоконних матеріалів.

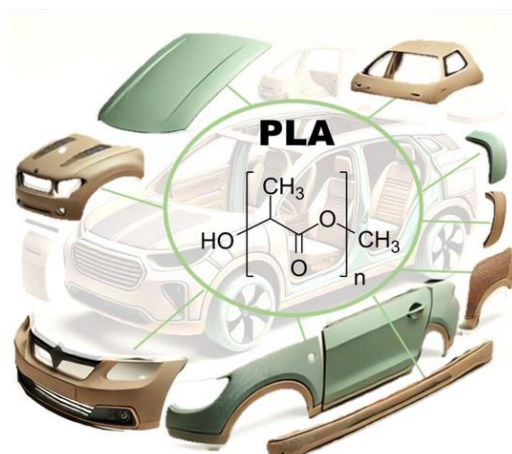


Рисунок 1 – Нанесення PLA на автомобільні компоненти: капот, двері, бампер, дах і бічні панелі [33]

В роботі [13] повідомляється, що впровадження матриць на біологічній основі в автомобілебудуванні, в принципі, підвищило б його екологічність, а у випадку використання вторинної сировини, навіть призвело б до зменшення виснаження ресурсів. Полімерною композиційною матрицею на біологічній основі, яка в основному була запропонована для промислового застосування, є полі (молочна кислота) (PLA), яка часто пропонується як заміна матриць на основі поліолефінів у таких сферах, як пакування та товари короткострокового використання, оскільки в цілому вона відповідає потребам традиційних процесів виробництва

термопластів. Однак перехід до автомобільної промисловості не є очевидним: проблеми, що впливають на довговічність, зв'язок з водою і навколишнім середовищем, а також вимоги до видатних механічних і ударних характеристик видаються дуже суворими. З іншого боку, PLA здобув тривалий успіх в адитивному виробництві як конкурент акрилонітрил-бутадієн-стиролу (ABS). Крім того, перспективи 3D і 4D-друку, схоже, не обмежуються лише створенням голих прототипів. Ці контрастні докази вказують на необхідність більш глибокого вивчення можливого розвитку використання PLA в автомобільній промисловості, враховуючи також тиск на комбіноване використання більш стійких типів армування в автомобільних композитах, таких як натуральні волокна.

Майбутнє за багатофункціональними композитами, що поєднують механічну міцність із функціями датчиків, енергозберігання або самовідновлення [34]. Завдяки інноваційним розробкам композити поступово замінюють традиційні метали та сплави у більшості компонентів автомобіля.

Список використаних джерел

1. Композиційні матеріали: Електронний ресурс: навч. наоч. посіб. / О. М. Долгов; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2024. –126 с.
2. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей: навчальний посібник В.В. Біліченко, О.Л.Добровольський, В. О. Огневий, Є. В. Смирнов – Вінниця : ВНТУ, 2017.– 163 с.
3. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів: навчальний посібник / Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 118 с.
4. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Організація самостійної та практичної роботи: навчальний посібник / М.В. Митко, О.П. Шиліна, С.В., Цимбал – Вінниця: ВНТУ, 2022. – 98 с.
5. Біліченко В. В. Вступ до фаху: навчальний посібник [2-ге вид. перероб. і доп.] / Біліченко В. В., Кужель В. П., Кашканов А. А., Романюк С. О. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.
6. Боркут А.В., Колесніков В.О. Приклад застосування та розрахунку композиційних матеріалів у автомобілебудуванні за допомогою сучасних САПР. Частина 1. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 48–51.
7. Боркут А.В., Колесніков В.О., Ревякіна О.О. Приклад застосування та розрахунку композиційних матеріалів у автомобілебудуванні за допомогою сучасних САПР. Частина 2. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 52–55.
8. Боркут А.В., Колесніков В.О., Васецька Л.О. Приклад застосування та розрахунку композиційних матеріалів у автомобілебудуванні за допомогою сучасних САПР. Частина 3. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 56–59.
9. Игнатьев Б.Б., Игнатова В.Б. Расчет технологических параметров при предварительном формовании полуфабриката стержневого изделия // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В. Даля. – 2007. – Частина перша. – № 7 (113). – С. 125-132.
10. Игнатова В. Аналіз роботи профільних виробів, армованих волокнами композитів у конструкції / В. Ігнатова // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“, 10-11 листопада 2022 року. - Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. - С. 60–61.

11. Прохорова Т. В., Перчемлі І. Ф., Колесніков В. О. Матеріали та технології в автомобільній промисловості // Матеріали V-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 13-14 квітня 2017 р., м. Вінниця. - С.105 -112.
12. Татарінов В.Р., Бердус А.Ю., Кравцов О.В., Колесніков В.О. Сучасні матеріали для автомобілебудування // Матеріали регіональної науково-практичної конференції професійна освіта на Луганщині: теорія та практика 15–17 квітня 2014 року. м. Луганськ. - С. 218 - 223.
13. Volpe, V.; Lanzillo, S.; Affinita, G.; Villacci, B.; Macchiarolo, I.; Pantani, R. Lightweight High-Performance Polymer Composite for Automotive Applications. *Polymers* 2019, 11, 326. <https://doi.org/10.3390/polym11020326>
14. Tomasi, I.; Grandi, S.; Solazzi, L. Implementation of Composite Materials for an Industrial Vehicle Component: A Design Approach. *J. Compos. Sci.* 2025, 9, 168. <https://doi.org/10.3390/jcs9040168>
15. Gheorghe, V.; Scutaru, M.L.; Ungureanu, V.B.; Chircan, E.; Ulea, M. New Design of Composite Structures Used in Automotive Engineering. *Symmetry* 2021, 13, 383. <https://doi.org/10.3390/sym13030383>
16. Lionetto, F. Carbon Fiber Reinforced Polymers. *Materials* 2021, 14, 5545. <https://doi.org/10.3390/ma14195545>
17. Zhang, S.; Song, H.; Xu, L.; Cai, K. Application Research on the Lightweight Design and Optimization of Carbon Fiber Reinforced Polymers (CFRP) Floor for Automobile. *Polymers* 2022, 14, 4768. <https://doi.org/10.3390/polym14214768>
18. Wan, Y.; Takahashi, J. Development of Carbon Fiber-Reinforced Thermoplastics for Mass-Produced Automotive Applications in Japan. *J. Compos. Sci.* 2021, 5, 86. <https://doi.org/10.3390/jcs5030086>
19. Mohammadi, H.; Ahmad, Z.; Mazlan, S.A.; Faizal Johari, M.A.; Siebert, G.; Petru, M.; Rahimian Koloor, S.S. Lightweight Glass Fiber-Reinforced Polymer Composite for Automotive Bumper Applications: A Review. *Polymers* 2023, 15, 193. <https://doi.org/10.3390/polym150101>
20. Rajak, D.K.; Pagar, D.D.; Menezes, P.L.; Linul, E. Fiber-Reinforced Polymer Composites: Manufacturing, Properties, and Applications. *Polymers* 2019, 11, 1667. <https://doi.org/10.3390/polym11101667>
21. Mohammadi, H.; Ahmad, Z.; Mazlan, S.A.; Faizal Johari, M.A.; Siebert, G.; Petru, M.; Rahimian Koloor, S.S. Lightweight Glass Fiber-Reinforced Polymer Composite for Automotive Bumper Applications: A Review. *Polymers* 2023, 15, 193. <https://doi.org/10.3390/polym15010193>
22. Czerwinski, F. Current Trends in Automotive Lightweighting Strategies and Materials. *Materials* 2021, 14, 6631. <https://doi.org/10.3390/ma14216631>
23. Czerwinski, F. Current Trends in Automotive Lightweighting Strategies and Materials. *Materials* 2021, 14, 6631. <https://doi.org/10.3390/ma14216631>
24. An, J.; Lee, H.; Kim, C.-W. Weight Minimization of Type 2 Composite Pressure Vessel for Fuel Cell Electric Vehicles Considering Mechanical Safety with Kriging Metamodel. *Machines* 2024, 12, 132. <https://doi.org/10.3390/machines12020132>
25. Mudassir, M.; Tarlochan, F.; Mansour, M.A. Nature-Inspired Cellular Structure Design for Electric Vehicle Battery Compartment: Application to Crashworthiness. *Appl. Sci.* 2020, 10, 4532. <https://doi.org/10.3390/app10134532>
26. Hussein, H.M.; Ibrahim, A.M.; Taha, R.A.; Rafin, S.M.S.H.; Abdelrahman, M.S.; Kharchouf, I.; Mohammed, O.A. State-of-the-Art Electric Vehicle Modeling: Architectures, Control, and Regulations. *Electronics* 2024, 13, 3578. <https://doi.org/10.3390/electronics13173578>
27. Павлова Ю.В., Рулевська Т.Ф., Колесніков В.О. Застосування адитивних технологій в автомобільній галузі // Матеріали V-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 13-14 квітня 2017 р., м. Вінниця. - С. 97 -102.

28. Колесніков В.О., Коровін Я.В., Савченко Е. Перспективи використання 3D принтерів // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД. 20 кв. 2012 р. м. Краснодар. С. 338 - 341.
29. Риб'янець С. Р.; Бахмут М. І.; Колесніков В. О. Приклади застосування адитивних технологій в автомобілебудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: X-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2022 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 247–253.
30. Trzepieciński, T.; dell’Isola, F.; Lemu, H.G. Multiphysics Modeling and Numerical Simulation in Computer-Aided Manufacturing Processes. *Metals* 2021, 11, 175. <https://doi.org/10.3390/met11010175>
31. Yang, J.; Li, B.; Liu, J.; Tu, Z.; Wu, X. Application of Additive Manufacturing in the Automobile Industry: A Mini Review. *Processes* 2024, 12, 1101. <https://doi.org/10.3390/pr12061101>
32. Dalpadulo, E.; Petruccioli, A.; Gherardini, F.; Leali, F. A Review of Automotive Spare-Part Reconstruction Based on Additive Manufacturing. *J. Manuf. Mater. Process.* 2022, 6, 133. <https://doi.org/10.3390/jmmp6060133>
33. Giammaria, V.; Capretti, M.; Del Bianco, G.; Boria, S.; Santulli, C. Application of Poly(lactic Acid) Composites in the Automotive Sector: A Critical Review. *Polymers* 2024, 16, 3059. <https://doi.org/10.3390/polym16213059>
34. Ставицький О. В., Стадник Л. Г., Колесніков В. О. Концепція автомобіля майбутнього // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 181 - 189.

Боркут Антон Валерійович – здобувач вищої освіти 2 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» м. Полтава, м. Лубни.

Колесніков Валерій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри професійної освіти, ресторанного і туристичного бізнесу НН інституту технологій і торгівлі ДЗ "Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка", м. Полтава, м. Лубни.

Borkut Anton Valeriiovich – 2 st year student of the first (bachelor's) level majoring in "Vocational Education. Agricultural Production, Processing of Agricultural Products and Food Technologies" of the State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", the city of Poltava, Lubny.

Kolesnikov Valerii Olexsandrovich – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Professional Education, Restaurant and Tourism Business, Institute of Technology and Trade, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny.

УДК 625.7

Бруннер Х., Лієрс Г., Макаров В.А., Сердюк Р.М.

ДО НЕОБХІДНОСТІ ЗНИЖЕННЯ АВАРІЙНОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ

В Німеччині проводиться системне наукове дослідження та практичне зниження аварійності на автодорогах шляхом об'єднання сумісних дій наступних значущих факторів: автомобільної та шинної промисловості, автополігонів, транспортної поліції, Федеральної служби з дорожніх питань, Медичного інституту та Технічного університету Дрездена. В регіонах України показники означеної аварійності набагато гірші. Необхідно використати цінний досвід німецьких колег.

Ключові слова: *автомобіль, безпека руху, дослідження аварійності, дорожньо-транспортна пригода, досвід Німеччини, TOB VUFO.*

In Germany, systematic scientific research and practical reduction of road accidents are being carried out by combining the joint actions of the following significant factors: the automotive and tire industry, auto polygons, transport police, the Federal Road Safety Service, the Medical Institute and the Technical University of Dresden. In the regions of Ukraine, the indicators of the specified accident rate are much worse. It is necessary to use the valuable experience of German colleagues.

Keywords: *car, traffic safety, accident research, road accident, German experience, VUFO LLC.*

Постановка проблеми

Сучасні автомобілі формують можливість мобільного транспортного забезпечення розвитку господарства та суспільства країн. Автомобільні транспортні засоби є дієвим та комфортабельним продовженням життєвого та виробничого простору населення планети. Але необхідно обов'язково звернути увагу на дуже суттєві негативні прояви використання автомобілів: значуще пошкодження первинної природи та високий рівень аварійності на автодорогах.

Колосальний рівень аварійності на автодорогах планети вимагає об'єднання зусиль усіх країн. Науковий та практичний досвід функціонування проекту Німеччини GIDAS може підтримати успіх сумісної діяльності.

Мета роботи. Формування комплексного механізму для системного та перманентного впливу дієвих факторів на зниження рівня аварійності.

Основні аспекти дослідження

Другого квітня 2025 року у Вінницькій області відбулися дві події, в яких висвітлювалися два значущі факти, які є протилежними джерелами для обґрунтування необхідності продовження дослідження рівня аварійності на автодорогах Вінницького регіону: перший безперечно загострює дуже важливу проблему частого скоєння ДТП в області [1]; другий надає можливості її успішного розв'язання [2,3]. Перший – негативний факт, це низка ДТП, які скоїлися та були зафіксовані другого квітня 2025 року (рис. 1).

Другого квітня на території Вінницької області сталося кілька значущих дорожньо-транспортних пригод, дві з яких завершилися трагічно. Про це повідомили у відділі комунікації поліції Вінниччини та речники Головного управління ДСНС у Вінницькій області [1].

Смертельна аварія поблизу Райгорода. Неподалік села Райгород Гайсинського району автомобіль KIA зіткнувся з Mercedes, що рухався у зустрічному напрямку. Унаслідок зіткнення керманіч KIA загинув на місці. Водій Mercedes отримав медичну допомогу без

подальшої госпіталізації; освідчування підтвердило його тверезість. За цим фактом відкрито кримінальне провадження за ч. 2 ст. 286 КК України (порушення правил дорожнього руху, що спричинило смерть потерпілого). Санкція статті передбачає до 8 років позбавлення волі. Наразі триває слідство для з'ясування всіх обставин трагедії.



Рисунок 1 – Візуалізація чотирьох значущих ДТП, що були зафіксовані у Вінницькій області другого квітня 2025 року

ДТП у Вінниці з постраждалими. Того ж дня у Вінниці на вулиці Брацлавській автомобіль Volkswagen «в'їхав» у ГАЗ, що рухався попереду в попутному напрямку. Унаслідок аварії 49-річну пасажирку Volkswagen госпіталізували. Обидва водії були тверезі. Поліція розпочала розслідування за ч. 1 ст. 286 КК України, що передбачає до 3 років обмеження волі з можливим позбавленням права керувати транспортними засобами на такий же термін. Надзвичайники ліквідовували наслідки ДТП.

В той же час, за інформацією ДСНС, рятувальники тричі виїжджали на місця аварій в області. Зокрема, у Вінниці на Львівському шосе зіткнулися автомобілі Tesla та Honda. У Honda виявився заблокованим чоловік, якого надзвичайники визволили за допомогою гідравлічного інструменту. На жаль, він був уже без ознак життя.

У селі Тарасівка позашляховик Mitsubishi з'їхав у кювет і перекинувся. 50-річну водійку деблокували та передали медикам.

Другий – позитивний факт, що стався другого квітня 2025 року висвітлено на рис. 2.

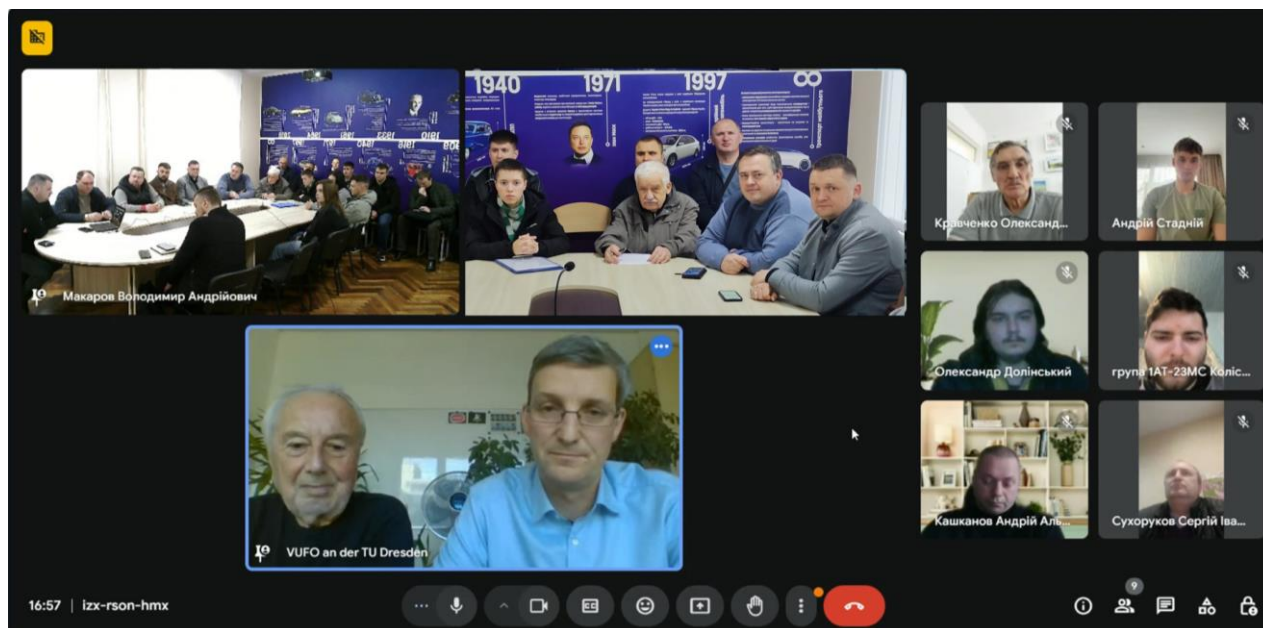


Рисунок 2 – Сукупна фотоінформація про учасників інтернет-конференції

Проведена інтернет-конференція дослідниками аварійності на автодорогах Німеччини з Технічного університету Дрездена (ТУД) для вчених та аспірантів кафедри автомобілів та транспортного менеджменту (АТМ) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ). Нижче наведено інформацію про лекторів та слухачів, зацікавлених в розумінні механізму дієвості німецької ініціативи „GIDAS“, що успішно працює більше 20-ти років.

Товариство з обмеженою відповідальністю по дослідженню аварійності на автомобільних дорогах (VUFO) було створено професором Хорстом Бруннером, відоме у світі як проект GIDAS і натеper працює під керівництвом дипломованого інженера Генріка Лірса. Обидва науковці з ТУД ознайомили присутніх зі структурою та аспектами успішної діяльності VUFO (рис. 3).

Презентація дослідження ДТП – проект GIDAS



- Оповіднення поліцією (командними ситуаційними центрами) та центрами управління рятувальниками.
- Комплексна технічна документація про аварію на місці аварії.
- Медичне обстеження та психологічне обстеження на місці / в лікарні / шляхом опитування.
- Кодування в середньому 3500 окремих одиниць інформації на одну аварію.
- Повністю анонімна обробка даних.
- Реконструкція кожної аварії (зазвичай з PC Crash®).
- Створення цифрового дос'є Ø 150-170 фотографій на ДТП + інші документи.



Рисунок 3 – Структура та аспекти функціонування ТОВ по дослідженню аварійності на автомобільних дорогах Федеративної Республіки Німеччини при Технічному університеті Дрездена

Презентація дослідження ДТП – Проект DAS



2

Рисунок 3, аркуш 2

Були розглянуті також актуальні теми для проведення наукової роботи (рис. 4).

VUFO – Сучасні напрямки досліджень

- Виведення, створення та класифікація сценаріїв для автоматизованого водіння
- Безпека електро/альтернативних приводів при аваріях
- Потенціал мережевих транспортних засобів (C-ITS = кооперативні інтелектуальні транспортні системи)
- Безпека малих електромобілів, педелек і вантажних велосипедів
- Прогнозування моделей травм і ризиків (електронний виклик, оптимізація догоспітальної допомоги)



4

Рисунок 4 – Візуалізація системи аспектів діяльності VUFO, що представив керівник ТОВ дипл. інж. Лієрс.

Висновки

1. Виконана мета інтернет-конференції: відбулося поглиблення знання про довгий життєвий цикл та успішність функціонування ТОВ по дослідженню аварійності на автодорогах при Технічному університеті Дрездена.
2. Перевірена дієвість механізму інтернет-конференції на рівні VUFO ТУД – кафедра АТМ ВНТУ.
3. Заплановані наступна зустріч з розглядом інформації про ВНТУ та формування плану співробітництва на наступний учбовий рік.

Список використаних джерел

1. Чорна середа на Вінниччині: серія автотрощ із жертвами. URL: <https://vinnychany.info/vinnytsia/chorna-sereda-na-vinnychchyni-seriia-avtotroshch-iz-zhertvamy/>.
2. Verkehrsunfallforschung an der TU Dresden. URL: <http://www.vufo.de>.
3. Хорст Бруннер, Томас Унгер; Макаров В. А. Про розвиток прогресу дослідження аварійності на автодорогах Німеччини. Матеріали XI-ої Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 13-14 квітня 2023 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 338-340.

Хорст Бруннер – д.т.н., професор, Технічний університет Дрездена, e-mail: Horst.Brunner@VUFO.de.

Генрік Лірс – інженер, керівник VUFO при Технічному університеті Дрездена, e-mail: henrik.liers@vufo.de.

Макаров Володимир Андрійович – д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: makarov@vntu.edu.ua.

Сердюк Роман Миколайович – здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 274 – Автомобільний транспорт, Вінницький національний технічний університет.

Horst Brunner – Doctor of Technical Sciences, Professor, Technical University of Dresden, e-mail: Horst.Brunner@VUFO.de.

Henrik Liers – engineer, head of VUFO at the Technical University of Dresden, e-mail: henrik.liers@vufo.de.

Makarov Volodymyr – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: makarov@vntu.edu.ua.

Serdyuk Roman – a graduate of the second (master's) level of higher education in specialty 274 – Motor Transport, Vinnytsia National Technical University.

УДК 378.147:004.9:629.33

Бурдун В.В., Бикадорова Н.О., Ревякіна О.О.

ДЕЯКІ НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ТА НАВЧАННЯ БАКАЛАВРІВ В ГАЛУЗІ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

В тезах розглянуто інноваційні підходи до підготовки бакалаврів у галузі автомобільного транспорту в умовах цифрової трансформації та глобалізації. Акцент зроблено на використанні віртуальних лабораторій, цифрових платформ, автоматизованих систем управління та систем моніторингу транспорту. Висвітлено значення проблемно-орієнтованого та проєктного навчання для формування критичного мислення та професійної самостійності студентів. Обґрунтовано важливість співпраці з автотранспортними підприємствами та участі студентів у програмах академічної мобільності. Наголошено на необхідності інтеграції сучасних інформаційних технологій та розвитку м'яких навичок для підвищення конкурентоспроможності випускників на національному та міжнародному ринку.

Ключові слова: підготовка бакалаврів, автомобільний транспорт, інноваційні технології, цифрова освіта, віртуальні лабораторії, GPS-навігація, проєктне навчання, транспортні системи, академічна мобільність, логістика, аналітика даних, м'які навички.

The abstracts examine innovative approaches to the training of bachelor's students in the field of automotive transport in the context of digital transformation and globalization. Emphasis is placed on the use of virtual laboratories, digital platforms, automated control systems, and transport monitoring technologies. The importance of problem-based and project-based learning is highlighted for the development of critical thinking and professional independence among students. The study substantiates the value of cooperation with transport enterprises and participation in academic mobility programs. The necessity of integrating modern information technologies and developing soft skills is emphasized to increase the competitiveness of graduates in both national and international labor markets.

Key words: bachelor training, automotive transport, innovative technologies, digital education, virtual laboratories, GPS navigation, project-based learning, transport systems, academic mobility, logistics, data analytics, soft skills.

Сучасна підготовка бакалаврів у галузі автомобільного транспорту вимагає впровадження інноваційних технологій навчання, які відповідають швидкому розвитку транспортної індустрії. Це забезпечує формування фахівців, здатних ефективно працювати в умовах цифрової трансформації та глобалізації. [1-5].

Використання віртуальних лабораторій дозволяє студентам моделювати роботу транспортних систем, аналізувати дорожні ситуації та відпрацьовувати навички управління транспортними потоками без ризику для безпеки. Такі технології сприяють глибшому розумінню теоретичних знань та їх практичному застосуванню [6-8].

Навчальні програми включають вивчення сучасних систем управління транспортом, таких як GPS-навігація, системи моніторингу та автоматизовані диспетчерські служби. Це дозволяє здобувачам вищої освіти ознайомитися з реальними інструментами, які використовуються в галузі.

Студенти опановують автоматизовані системи управління, що забезпечують ефективну організацію перевезень, оптимізацію маршрутів та контроль за технічним станом транспортних засобів. Це підвищує їхню готовність до роботи в сучасних транспортних компаніях [9].

Цифрові платформи, такі як Moodle та Google Classroom, активно використовуються для організації дистанційного навчання, проведення тестувань та обміну навчальними матеріалами. Це забезпечує гнучкість освітнього процесу та доступність матеріалів для здобувачів вищої освіти.

Викладачі впроваджують методи проблемно-орієнтованого навчання, кейс-стаді та проєктний підхід, що сприяє розвитку критичного мислення та здатності до самостійного прийняття рішень у складних ситуаціях.

Університети активно співпрацюють з автотранспортними підприємствами, надаючи здобувачам вищої освіти можливість проходити практику на сучасному обладнанні та брати участь у реальних проєктах. Це сприяє формуванню практичних навичок та адаптації до умов ринку праці.

Навчальні програми включають вивчення міжнародних стандартів та нормативів у сфері автомобільного транспорту, що дозволяє студентам орієнтуватися в глобальному контексті та підвищує їх конкурентоспроможність на міжнародному ринку праці [10-14].

Особлива увага приділяється розвитку м'яких навичок, таких як комунікація, лідерство та командна робота, що є необхідними для ефективної професійної діяльності в галузі транспорту. Такі компетенції також включаються та обговорюються під час розробки силябусів, робочих планів і програм.

Участь у програмах академічної мобільності (якщо є такі можливості), таких як Erasmus+, надає здобувачам вищої освіти можливість навчатися за кордоном, обмінюватися досвідом та ознайомлюватися з кращими практиками у сфері транспортних технологій.

Здобувачі вищої освіти вивчають методи аналізу великих обсягів даних для прогнозування транспортних потоків, оптимізації логістичних процесів та прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Логістичні процеси є дуже важливими, а враховуючи сьогоденні умови їх значущість зростає ще більше.

На кафедрі професійної освіти, ресторанного і туристичного бізнесу ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» (м. Лубни) [15, 16] здійснюється підготовка бакалаврів за спеціальністю «Професійна освіта (Транспорт)». Випускники можуть працювати за такими інженерними спеціальностями: інженер-механік з діагностики та експлуатації автомобільного транспорту; інженер-технолог по організації ремонту та технічного обслуговування автомобілів; інженер з організації автомобільних перевезень; інженер з охорони праці; старший майстер дільниці, начальник виробничого відділу, начальник технічного відділу, головний технолог. Крім того, по завершенню навчання бакалаври можуть працювати за такими педагогічними спеціальностями: викладач спеціальних та загальнотехнічних дисциплін закладів професійно-технічної освіти; завідувач навчальною лабораторією, інженер з техніки безпеки в навчальних майстернях.

Також на кафедрі проводиться наукова робота, до якої долучаються найбільш активні здобувачі вищої освіти. Результати наукової роботи представлені у наступних публікаціях [17 - 33].

Інтеграція новітніх технологій у процес підготовки бакалаврів з автомобільного транспорту забезпечує формування висококваліфікованих фахівців, здатних ефективно працювати в умовах сучасного ринку та сприяти розвитку транспортної галузі України.

Список використаних джерел

1. Біліченко В. В. Вступ до фаху: навчальний посібник [2-ге вид. перероб. і доп.] / Біліченко В. В., Кужель В. П., Кашканов А. А., Романюк С. О. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.
2. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів: навчальний посібник / Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 118 с.

3. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Організація самостійної та практичної роботи : навчальний посібник / М.В. Митко, О.П. Шиліна, С.В., Цимбал – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 98 с.

4. Форнальчик Є.Ю., Олісевич М.С. та ін. Технічна експлуатація та надійність автомобілів. – Львів: Афіша, 2004. – 492 с.

5. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей: навчальний посібник В.В. Біліченко, О.Л.Добровольський, В. О. Огневий, Є. В. Смирнов – Вінниця : ВНТУ, 2017.– 163 с.

6. Колесніков В.О., Колеснікова Є.Б. Перспективи застосування технологій віртуальної та доповненої реальності при викладанні дисциплін пов'язаних з транспортною галуззю // Сучасна наука та освіта: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Старобільськ, 14-15 квітня 2021 року). Старобільськ: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2021. С. 37 – 39. ISBN 978-617-95067-7-2.

7. Колесников В.А., Сыроваткин С.В., Колесникова Е.Б. Использование технологий виртуальной реальности для подготовки специалистов в области автомобильного транспорта // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. - С. 18-22.

8. Колеснікова Є.Б. Сучасні тенденції при викладанні нових дисциплін // Сучасна наука та освіта: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (м. Старобільськ, 14-15 квітня 2021 року). Старобільськ: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2021. С. 39 – 41.

9. Транспортні технології (на автомобільному транспорті.). Спеціальність 275 Транспортні технології. URL: https://pk.wunu.edu.ua/degree/bachelor/educational-programs/view/transportation-technologies-road-transport-bak/?utm_source=chatgpt.com

10. Вінницький національний технічний університет. Транспортні технології на автомобільному транспорті (бакалавр): освітня програма. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vntu.edu.ua/uk/information-for-enrollee/osvitnya-programa-transportni-tehnologii-na-avtomobilnomu-transporti-bakalavr-1344.html>.

11. Національний університет біоресурсів і природокористування України. Транспортні технології (на автомобільному транспорті): освітньо-професійна програма бакалавра. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u329/275.03_opp_transportni_tehnologiyi_bak_2021.pdf.

12. Луцький національний технічний університет. Транспортні технології (на автомобільному транспорті): освітня програма. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lntu.edu.ua/uk/abituriyentu/cpecialnosti/spetsialnist-275-transportni-tekhnohohiyi-avtomobilnyy-transport>.

13. Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Транспортні технології (на автомобільному транспорті): освітньо-професійна програма бакалавра. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.khadi.kharkov.ua/education/katalog-osvitnikh-program/j8-avtomobilnii-transport-27503-transportni-tehnologiji-na-avtomobilnomu-transporti/>

14. Одеська державна академія будівництва та архітектури. Транспортні технології (на автомобільному транспорті): освітньо-професійна програма бакалавра. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://odaba.edu.ua/education/educ-programs/opp-transport-tech>

15. Навчально-науковий інститут технологій і торгівлі. ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка». URL: https://luguniv.edu.ua/?page_id=276

16. Сайт кафедри професійної освіти, ресторанного і туристичного бізнесу. ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка». URL: <https://sites.google.com/view/portb/%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B0-%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%B0>

17. Бурдун В. В., Ревякіна О. О., Колеснікова Є. Б. Деякі приклади застосування інформаційних технологій в автомобільній галузі та освіті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 30–34.
18. Василенко О. Є., Безруков В. О., Шуліка С. О., Знова О. І., Іщенко Б. М., Колесніков В. О. Нові технологічні тенденції в автомобільному транспорті // Матеріали VII-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 8 - 10 квітня 2019 р., м. Вінниця. - С. 13 – 24.
19. Ставицький О. В., Стадник Л. Г., Колесніков В. О. Концепція автомобіля майбутнього // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 181 - 189.
20. Прохорова Т. В., Перчемлі І. Ф., Колесніков В. О. Матеріали та технології в автомобільній промисловості // Матеріали V-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 13-14 квітня 2017 р., м. Вінниця. - С.105 -112.
21. Татарінов В.Р., Бердус А.Ю., Кравцов О.В., Колесніков В.О. Сучасні матеріали для автомобілебудування // Матеріали регіональної науково-практичної конференції професійна освіта на Луганщині: теорія та практика 15–17 квітня 2014 року. м. Луганськ. - С. 218 - 223.
22. Ярченко Б. В., Стадник Л. Д., Колесніков В. О. Нові технології в сучасних автомобілях // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 216 - 223.
23. Савінова В. В., Стадник О. І., Колесніков В. О. Розвиток і впровадження нанотехнологій в автомобілях // Матеріали V-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 13-14 квітня 2017 р., м. Вінниця. - С. 121 -124.
24. Балицький О.І., Колесніков В.О., Хмель Я., Лопаткін І.О., Черняхов П.І. Дослідження зносостійкості матеріалів для деталей транспорту // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. - С. 60-64.
25. Колесніков В.О., Бурдун В.В. Комп'ютерне моделювання механічної обробки Ni-Co сплавів. Нові сталі та сплави і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів: XV-та міжн. науково-практичн. конф., 8–9 листопада 2022 р.: зб. наук. праць. Запоріжжя: Національний університет Запорізька політехніка з УкрНДІСпецСталь, 2022. С. 76–78.
26. Бурдун В.В., Колесніков В.О., Ревякіна О.О., Васецька Л.О., Колеснікова Є.Б. Використання сучасних комп'ютерних пакетів програм для моделювання механічної обробки модифікованих сталей та сплавів. Нові сталі та сплави і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів: XV-та міжн. науково-практичн. конф., 8–9 листопада 2022 р.: зб. наук. праць. Запоріжжя: Національний університет Запорізька політехніка з УкрНДІСпецСталь, 2022. С. 78–80.
27. Бурдун В. В., Бикадорова Н. О.; Хорошевський О. О. Приклад заміни ремня ГРМ на автомобілі Fofd Escort. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 58–62.
28. Віктор Васильович Бурдун, Валерій Олександрович Колесніков, Наталія Олексіївна Бикадорова. Перспективи та необхідність застосування сучасних комп'ютерних програмних комплексів в навчальному процесі для підготовки фахівців в транспортній галузі. Збірник тез доповідей III-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2023». 01.06.2023 – 03.06.2023: Збірник тез [Електронний

ресурс]. – Вінниця: ВНТУ. – 2023. – С.442-443. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/schedConf/presentations>.

29. Віктор Васильович Бурдун, Ольга Олександрівна Ревякіна. Використання сучасного комп'ютерного забезпечення в навчальному процесі для підготовки фахівців у галузі технологічної освіти. Збірник тез доповідей III-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2023». 01.06.2023 – 03.06.2023: Збірник тез [Електронний ресурс]. – Вінниця: ВНТУ. – 2023. – С. 440-441. ISBN 978-966-641-935-7. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/paper/viewFile/18200/15037>

30. В.В. Бурдун, В.О. Колесніков, Н.О. Бикадорова. Сучасні виклики при викладанні дисциплін в транспортній галузі. XVI Міжнар. наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 94-95. ISBN 978-966-641-950-0.

31. Павліченко Андрій (Бикадорова Наталя Олексіївна – наук. кер.). Вимоги та деякі підходи щодо навчально- методичного забезпечення дисципліни у зв'язі з навчанням фахівців у сфері транспортної галузі. // Науковий пошук молодих дослідників: Збірник наукових праць здобувачів вищої освіти, № 1 (2024). м. Полтава: Вид-во ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»; 2024. С. 85 – 94.

32. Балицький О.І., Колесніков В.О., Ревякіна О.О., Абрамек К.Ф., Іваськевич Л.М., Гаврилюк М.Р., Колеснікова Є.Б. Водневий вектор розвитку автомобільного транспорту. Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту. XIV-та міжн. науково-практичн. конф., 25-27 жовтня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 22–25.

33. Бикадорова Н.О., Бурдун В.В., Балицька В.О. Комп'ютерне моделювання як засіб для підвищення безпеки на автомобільному транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 44–47.

Бурдун Віктор Васильович – к.пед.н., доцент, кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни.

Бикадорова Наталія Олексіївна – ст. викладач кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни.

Ревякіна Ольга Олександрівна – к.т.н., доцент, кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни.

Burdun Viktor Vasilovich – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Commerce, Serving Technologies and Tourism, State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava, Lubny.

Bykadorova Natalia Oleksiivna - Senior Lecturer, Department of the Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Commerce, Serving Technologies and Tourism, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny.

Reviakina Olga Olexandrivna - PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava.

УДК 656.1/5

Варчук В.В., Дмитрієва А.В.

АНАЛІЗ РОБОТИ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ У ВІННИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ В РОЗРІЗІ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ: АВТОБУСНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ

Проаналізовані техніко-експлуатаційні показники роботи автобусних перевізників у Вінницькій області за останні п'ять років довоєнного часу на основі статистичної інформації.

Відзначено, що на протязі розглянутого періоду спостерігається тенденція до зменшення основних результуючих показників діяльності у галузі.

Ключові слова: автобус, загальний пробіг, міжнародні маршрути, міське сполучення, пасажирообіг, пасажирські перевезення, приміське сполучення.

The technical and operational indicators of bus carriers in Vinnytsia region for the last five years of the pre-war period were analyzed based on statistical information.

It was noted that during the period under review there was a tendency to decrease the main resulting indicators of activity in the industry.

Keywords: bus, total mileage, international routes, urban transport, passenger traffic, passenger transportation, suburban transport.

Послуги з перевезення пасажирів є важливим елементом транспортного комплексу Вінницької області і складаються з перевезення населення автобусами, на таксі та легковими автомобілями на замовлення.

Автобусні перевезення передбачають використання транспортних засобів, які за своєю конструкцією та обладнанням призначені для перевезення пасажирів з кількістю місць для сидіння більше ніж дев'ять з місцем водія включно [1].

Метою роботи є аналіз результатів діяльності автомобільних перевізників у Вінницькій області на автобусних маршрутах загального користування у міському, приміському, міжміському і міжнародному сполученнях за період з 2017 року по 2021 рік на основі розгляду статистичних показників.

Відповідно до [2,3] кількість юридичних і фізичних осіб, які здійснюють на комерційній основі чи за власний кошт перевезення пасажирів у Вінницькій області на дійсний час становить:

- за класом 49.31 - 343, з них 70 (20,41 %) – це підприємства, 273 (79,59 %) – фізичні особи – підприємці (ФОП);

- за класом 49.39 - 254 з них 47 (18,50 %) – це підприємства, 207 (81,50 %) – це фізичні особи – підприємці (ФОП);

Таким чином, можна зробити висновок про те, що на ринку пасажирських автобусних перевезень у Вінницькій області переважна кількість надавачів послуг - це фізичні особи – підприємці.

Відомості про динаміку зміни загальних обсягів перевезень пасажирів автобусами в регіональному розрізі за період, що розглядається, подані в таблиці 1.

Таблиця 1 – Перевезення пасажирів автобусами, млн. осіб

Найменування регіону	Роки				
	2017	2018	2019	2020	2021
1. Україна	2019,3	1906,9	1804,9	1083,9	1089,3
2. Вінницька область	81,0	79,9	76,7	49,4	48,5

Аналізуючи дані, наведені в таблиці 1, а також враховуючи інформацію [4], можна зробити наступні висновки:

- питома частка обсягів перевезень пасажирів автобусами у Вінницькій області відносно загальних обсягів перевезень пасажирів по Україні становить по роках відповідно: 2017 рік – 4,01 %; 2018 рік – 4,19 %; 2019 рік – 4,25 %; 2020 рік – 4,56 %; 2021 рік – 4,45 %;

- на протязі розглянутого періоду спостерігається тенденція до зменшення обсягів перевезень пасажирів по Вінницькій області: у 2018 році порівняно з 2017 роком на 1,36 %; у 2019 році порівняно з 2018 роком на 4,01 %; у 2020 році порівняно з 2019 роком на 35,59 %; у 2021 році порівняно з 2020 роком на 1,83 %.

В таблиці 2 наведені дані про динаміку зміни обсягів перевезень пасажирів автобусами у міжнародному сполученні в регіональному розрізі за період, що розглядається.

Таблиця 2 – Перевезення пасажирів автобусами у міжнародному сполученні, тис. осіб

Найменування регіону	Роки				
	2017	2018	2019	2020	2021
1. Україна	2390,7	2350,9	2658,7	1091,8	1178,9
2. Вінницька область	13,4	20,9	55,1	35,1	25,2

Аналізуючи дані, наведені в таблиці 2, можна зробити наступні висновки:

- обсяги перевезень пасажирів, виконаних автобусами на маршрутах міжнародного сполучення у Вінницькій області, відносно їх загальних обсягів по Україні становить по роках відповідно: 2017 рік – 0,56 %; 2018 рік – 0,88 %; 2019 рік – 2,07 %; 2020 рік – 3,21 %; 2021 рік – 2,13 %;

- у Вінницькій області стосовно обсягів перевезень пасажирів у міжнародному сполученні спостерігається неоднозначна тенденція щодо результатів діяльності перевізників:

а) на протязі двох перших років - збільшення: у 2018 році порівняно з 2017 роком на 55,97 %; у 2019 році порівняно з 2018 роком на 163,64 %;

б) на протязі двох останніх років – зменшення: у 2020 році порівняно з 2019 роком на 36,29 %; у 2021 році порівняно з 2020 роком на 28,20 %.

Відомості про динаміку зміни обсягів перевезень пасажирів автобусами у міжміському сполученні в регіональному розрізі за період, що розглядається, подані в таблиці 3.

Таблиця 3 – Перевезення пасажирів автобусами у міжміському сполученні, тис. осіб

Найменування регіону	Роки				
	2017	2018	2019	2020	2021
1. Україна	123300,5	119456,2	121694,6	68905,3	61153,8
2. Вінницька область	6923,8	7137,6	7864,5	6111,0	4656,7

Аналізуючи дані, наведені в таблиці 3, можна зробити наступні висновки:

- питома частка пасажирів, перевезених автобусами у міжміському сполученні у Вінницькій області, відносно загальних обсягів по Україні становить по роках відповідно: 2017 рік – 5,61 %; 2018 рік – 5,97 %; 2019 рік – 6,46 %; 2020 рік – 8,87 %; 2021 рік – 7,61 %;

- стосовно обсягів перевезень пасажирів у міжміському сполученні спостерігається неоднозначна тенденція щодо результатів діяльності перевізників у Вінницькій області:

а) на протязі двох перших років - збільшення: у 2018 році порівняно з 2017 роком на 3,08 %; у 2019 році порівняно з 2018 роком на 10,18 %;

б) на протязі двох останніх років – зменшення: у 2020 році порівняно з 2019 роком на 22,29 %; у 2021 році порівняно з 2020 роком на 23,79 %.

В таблиці 4 наведені дані про динаміку зміни обсягів перевезень пасажирів автобусами у приміському сполученні в регіональному розрізі за період, що розглядається.

Таблиця 4 – Перевезення пасажирів автобусами у приміському сполученні, тис. осіб

Найменування регіону	Роки				
	2017	2018	2019	2020	2021
1. Україна	392014,3	348531,7	313109,4	189814,6	188201,5
2. Вінницька область	18774,4	17997,2	15532,2	10336,6	9460,8

Аналізуючи дані, наведені в таблиці 4, можна зробити наступні висновки:

- питома частка пасажирів, перевезених автобусами у приміському сполученні у Вінницькій області, відносно загальних обсягів по Україні становить по роках відповідно: 2017 рік – 4,79 %; 2018 рік – 5,16 %; 2019 рік – 4,96 %; 2020 рік – 5,44 %; 2021 рік – 5,03 %;

- для обсягів перевезень пасажирів у приміському сполученні у Вінницькій області спостерігається однозначна тенденція до зменшення результатів діяльності перевізників: у 2018 році порівняно з 2017 роком на 4,14 %; у 2019 році порівняно з 2018 роком на 13,69 %; у 2020 році порівняно з 2019 роком на 33,45 %; у 2021 році порівняно з 2020 роком на 8,45 %.

Відомості про динаміку зміни обсягів перевезень пасажирів автобусами у міському сполученні в регіональному розрізі за період, що розглядається, подані в таблиці 5.

Таблиця 5- Перевезення пасажирів автобусами у міському сполученні, млн. осіб

Найменування регіону	Роки				
	2017	2018	2019	2020	2021
1. Україна	1501,6	1436,5	1367,5	824,1	838,8
2. Вінницька область	55,3	54,7	53,2	32,9	34,4

Аналізуючи дані, наведені в таблиці 5, можна зробити наступні висновки:

- обсяги перевезень пасажирів, виконаних автобусами на міських маршрутах у Вінницькій області, відносно їх загальних обсягів по Україні становить по роках відповідно: 2017 рік – 4,79 %; 2018 рік – 5,16 %; 2019 рік – 4,96 %; 2020 рік – 5,44 %; 2021 рік – 5,03 %;

- у Вінницькій області стосовно обсягів перевезень пасажирів у міському сполученні спостерігається тенденція до їх зменшення на протязі періоду, що розглядається: у 2018 році порівняно з 2017 роком на 4,14 %; у 2019 році порівняно з 2018 роком на 13,69 %; у 2020 році порівняно з 2019 роком на 33,45 %; у 2021 році порівняно з 2020 роком на 8,45 %.

В таблиці 6 наведені дані про динаміку зміни обсягів транспортної роботи, виконаних автобусами за період, що розглядається, в регіональному розрізі.

Таблиця 6 – Пасажирообіг, виконаний автобусами, млн. пас. км

Найменування регіону	Роки				
	2017	2018	2019	2020	2021
1. Україна	35509	34560	33880	19092	18763
2. Вінницька область	1508	1649	1646	1013	782

Аналізуючи інформацію, представлену в табл. 6, можна прийти до наступних висновків:

- питома частка пасажирообігу, виконаного автобусами у Вінницькій області, відносно загальних його обсягів по Україні становить по роках відповідно: 2017 рік – 4,24 %; 2018 рік – 4,77 %; 2019 рік – 4,86 %; 2020 рік – 5,31 %; 2021 рік – 4,17 %;

- у Вінницькій області на протязі розглянутого періоду спостерігається тенденція до зменшення загального обсягу пасажирообігу: у 2019 році порівняно з 2018 роком на 0,18 %; у 2020 році порівняно з 2019 роком на 38,45 %; у 2021 році порівняно з 2020 роком на 22,80 %.

Не менш важливим є розгляд ще одного результуючого техніко-експлуатаційного показника – загального пробігу автотранспортних засобів.

Відомості про нього в регіональному розрізі, а також в залежності від того, яке паливо використовували автобуси для його здійснення в 2021 році, наведені в таблиці 7.

Таблиця 7 - Загальний пробіг автобусів підприємств і організацій за 2021 рік, млн. км

Найменування регіону	Загальний пробіг	Із загального пробігу – пробіг, який виконано	
		на бензині	на дизельному пальному
1. Україна	1373739,6	90406,9	1125622,7
2. Вінницька область	39268,1	1542,9	34647,2

Аналізуючи дані табл. 7, можна зробити наступні висновки:

- загальний пробіг пасажирських автобусів у Вінницькій області становить 2,85 % від загального їх пробігу по Україні;
- питома частка пробігу, виконаного автобусами на бензині у Вінницькій області, відносно загальної його величини по Україні становить 1,71 %;
- питома частка пробігу, виконаного автобусами на дизельному пальному у Вінницькій області, відносно загальної його величини по Україні становить 3,07 %;
- стосовно Вінницької області, то можна стверджувати, що із загального обсягу пробігу 3,93 % виконано на бензині, а 88,23 % - на дизельному пальному.

Розгляд і аналіз основних показників роботи автобусних перевізників (юридичних та фізичних осіб) у Вінницькій області, виконаний на основі статистичної інформації, свідчить про те, що на протязі розглянутого періоду спостерігається тенденція до їх зменшення.

Список використаних джерел

1. Україна. Закон. *Про автомобільний транспорт*. В редакції Закону № 3492-IV від 23.02.2006 р. (із змінами від 24.02.2023 р.) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text>, вільний. (Дата звертання 07.04.2025). – Назва з екрана.
2. Національний класифікатор України «Класифікація видів економічної діяльності ДК 09:2010» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/vb457609-10#Text>, вільний. (Дата звертання 08.04.2025). – Назва з екрана.
3. Перелік і чисельність компаній за КВЕД [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://catalog.youcontrol.market/vinnytska-oblast>, вільний. (Дата звертання 10.04.2025). – Назва з екрана.
4. І. Петренко, О. Вишнеvsька. Транспорт України. Статистичний збірник 2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2023/zb/10/zb_Trans_22.pdf, вільний. (Дата звертання 11.04.2025). – Назва з екрана.

Варчук Вячеслав Володимирович – асистент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: vvvarchuk@vntu.edu.ua.

Дмитрієва Алла Володимирівна – асистент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: dmitrieva1963@ukr.net.

Varchuk Vyacheslav Volodymyrovych – Assistant Professor, Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vvvarchuk@vntu.edu.ua.

Dmitrieva Alla Volodymyrivna – Assistant Professor, Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: dmitrieva1963@ukr.net.

УДК 656.13

Вдовиченко В.О., Мельнікова Ю.І.

СИНХРОНІЗАЦІЯ РОЗКЛАДІВ РУХУ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ: ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Робота присвячена актуальній проблемі оптимізації роботи міського громадського транспорту шляхом синхронізації розкладів руху.

Представлено аналіз найбільш поширених евристичних методів, що використовуються для вирішення проблеми синхронізації розкладу руху громадського транспорту; визначено найбільш перспективні напрямки подальших досліджень у даній сфері.

Ключові слова: синхронізація розкладів, евристичні методи, генетичний алгоритм, міський громадський транспорт

The research is devoted to the actual problem of optimizing the operation of urban public transport by synchronizing public transport schedules.

The analysis of the most common heuristic methods used to solve the problem of synchronization of public transport schedules is presented; the most promising directions for further research in this field are identified.

Key words: schedule synchronization, heuristic methods, genetic algorithms, urban public transport.

Громадський транспорт відіграє важливу роль у функціонуванні сучасних міст, оскільки він забезпечує мобільність мешканців. Проектування та експлуатація ефективної системи громадського транспорту потребує вирішення декількох важливих проблем, зокрема - проектування маршрутів, розробка розкладу руху транспорту, що забезпечує якісне обслуговування громадян і сприяє сталому розвитку міста.

Ефективна координація часу прибуття та відправлення громадського транспорту, відома як синхронізація розкладів, має важливе значення для безперешкодного переміщення пасажирів у міських та регіональних транспортних мережах. Ця практика має вирішальне значення для ефективного функціонування міст, агломерацій та країн, оскільки дозволяє пасажирам зручно пересідати з одного виду транспорту на інший. Тому вирішення проблеми синхронізації розкладів руху вважається одним з важливих завдань для планування та оптимізації роботи громадського транспорту.

Аналіз наукової літератури показав, що проведені до 2013 р дослідження в основному зосереджувалися на оптимізації окремих аспектів, таких як час очікування пасажирів або загальний час поїздки. У більшості робіт, опублікованих після 2014 року, спостерігається зростаючий акцент на багатокритеріальних цільових функціях. Дослідники визнали необхідність збалансувати численні цілі, включаючи мінімізацію необхідної кількості транспортних засобів, максимізацію комфорту пасажирів завдяки контролю заповнюваності та оптимізацію можливостей пересадок [1-13].

Проблема синхронізації розкладів досліджується вже майже століття. Незважаючи на таку довгу історію і численні дослідження, притаманна їй обчислювальна складність і багатогранність формулювань продовжує створювати значні труднощі. Хоча сучасні комп'ютери пропонують безпрецедентні можливості, існуючі евристичні методи для транспортної синхронізації часто не в змозі повністю використати ці досягнення. Як наслідок,

з'являється постійний потік нових підходів, спрямованих на вирішення проблеми підвищення якості послуг громадського транспорту шляхом синхронізації технологічних операцій.

Це дослідження має на меті визначити найбільш поширені евристичні методи, що використовуються для вирішення проблеми синхронізації в контексті оптимізації роботи громадського транспорту; визначити найбільш перспективні напрямки подальших досліджень у сфері синхронізації систем громадського транспорту.

Існуючі наукові роботи можна поділити на чотири окремі групи на основі застосованих методів оптимізації [1-13]:

- генетичні алгоритми (англ., Genetic Algorithms, GA): ця група, що характеризується найбільшою кількістю публікацій, використовує генетичні алгоритми для вирішення проблем синхронізації розкладу.
- цілочисельне програмування (англ., Integer Programming, IP): ця група використовує різні варіанти цілочисельного програмування для вирішення проблеми синхронізації.
- імітація відпалу (англ., Simulated Annealing, SA): менша група робіт, яка приймає моделювання відпалу як фундаментальний підхід до вирішення проблеми синхронізації.
- інші методи: ця категорія охоплює різноманітні альтернативні методи, які використовуються в літературі.

Вибір конкретного евристичного методу суттєво впливає на якість та обчислювальну ефективність розв'язань задачі синхронізації. Різні евристики можуть давати різні рівні продуктивності та вимагати різного часу обчислення. Оптимальний евристичний вибір сильно залежить від характеристик транспортної системи, включаючи такі фактори, як попит на переміщення пасажирів, кількість ліній і транспортних засобів, щільність мережі зупиночних пунктів і стохастичний характер величини часу поїздки.

Результати аналізу свідчать про те, що найбільш часто використовуваним методом для синхронізації розкладів є GA. Другий за популярністю метод - цілочисельне програмування. Інші методи були використані в меншій кількості досліджень. При цьому більшість робіт присвячені синхронізації розкладів руху автобусів, другим за популярністю видом транспорту є залізничний.

У більшості робіт використовували один критерій, переважно застосовуючи генетичні алгоритми. Необхідно відмітити, що GA були єдиним вибором для цільових функцій з більш ніж двома критеріями.

Генетичні алгоритми були домінуючим вибором для синхронізації розкладів руху як окремих видів транспорту, так і мереж, окремих ліній і вузлів.

Успішне застосування GA часто залежить від відповідного кодування географічної інформації та ретельного вибору параметрів GA. Ці фактори можуть суттєво впливати на продуктивність алгоритму. Хоча генетичні алгоритми не завжди досягають абсолютно оптимального рішення, вони часто вимагають менше часу на обчислення порівняно з іншими методами.

Отже, генетичні алгоритми є універсальним та ефективним методом синхронізації розкладу. GA продемонстрували свою здатність знаходити високоякісні рішення для різних типів мереж і цільових функцій [1-6].

Варто зауважити, що багато результатів досліджень ще не знайшли практичного застосування в реальних системах громадського транспорту. Можливі причини такої ситуації є наступними:

- зосередженість роботи на демонстрації потенціалу запропонованого алгоритму або методології. Це часто передбачає використання спрощених моделей синхронізації та контрольованих середовищ, які можуть не повністю відображати складнощі реальних систем громадського транспорту.
- дорогий і трудомісткий процес тестування результатів дослідження, що перешкоджає переходу від дослідження до впровадження. Ретельне тестування нових розкладів у реальних

умовах експлуатації має вирішальне значення для виявлення непередбачуваних проблем і вдосконалення запропонованих рішень.

- складність процесу інтеграції дослідницького ефективного рішення в існуючу транспортну систему. Це може передбачати модифікацію значної частини інфраструктури, програмного забезпечення та операційних процедур.

- опір з боку зацікавлених осіб. Впровадження нових технологій або операційних змін може зіткнутися зі спротивом зацікавлених сторін, включаючи водіїв, диспетчерів та пасажирів.

- потреба у значних фінансових інвестиціях. Забезпечення фінансування таких ініціатив може бути складним завданням для багатьох муніципалітетів в умовах бюджетних обмежень.

- розрізненість інтересів учасників впровадження синхронізації розкладів руху. Ефективне впровадження нових розкладів часто вимагає тісної співпраці між дослідниками, транспортними компаніями, муніципальною владою та іншими зацікавленими сторонами.

Майбутні дослідження мають бути спрямовані на подолання розриву між теоретичними досягненнями та практичним застосуванням. Крім того, подальше вивчення багатокритеріальних цільових функцій і розробка стратегій управління в реальному часі є необхідними для вирішення мінливих викликів і потреб сучасних мереж громадського транспорту.

Отже, можна виділити кілька перспективних напрямків для майбутніх досліджень у сфері синхронізації розкладів:

- розробка та впровадження складних алгоритмів ГА в реальному часі, здатних динамічно коригувати розклади у відповідь на широкий спектр збоїв, таких як затримки руху транспорту або несподівані зміни попиту;

- інтегрування системи синхронізації розкладу з інтелектуальними системами управління дорожнім рухом для координації роботи громадського транспорту з іншими видами транспорту;

- створення моделі для проектування та оптимізації інтегрованих мереж громадського транспорту, які враховують взаємодію між різними видами транспорту, такими як автобуси, поїзди та метро;

- врахування питання рівного доступу різним групам пасажирів при плануванні мережі для забезпечення інклюзивності системи громадського транспорту.

Список використаних джерел

1. Wu Y., Yang H., Tang, J., Yu Y. Multi-objective re-synchronizing of bus timetable: Model, complexity and solution. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2016. №67. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.02.007>

2. Naumov V. Synchronisation of timetables for public bus lines using genetic algorithms and computer simulations. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2018. №36, P. 44-53. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74454-4_4

3. Shang P., Li R., Liu Z., Xian K., Guo, J. Timetable synchronization and optimization considering time-dependent passenger demand in an urban subway network. *Transportation Research Record*. 2018, №2672(8), P. 243-254. <https://doi.org/10.1177/0361198118772958>

4. Cao Z., Ceder A., Li D., Zhang S. Optimal synchronization and coordination of actual passenger-rail timetables. *Journal of Intelligent Transportation Systems*. 2019. <https://doi.org/10.1080/15472450.2018.1488132>

5. Chen Y., Mao B., Bai, Y., Ho, T., Li Z. Timetable synchronization of last trains for urban rail networks with maximum accessibility. *Transportation Research Part C Emerging Technologies*. 2019. №99(2). P. 110-129. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.01.003>

6. Yang, S.; Wang, H.; Xu, Y.; Guo, Y.; Pan, L.; Zhang, J.; Guo, X.; Meng, D.; Wang, J. A coupled simulated annealing and particle swarm optimization reliability-based design optimization

strategy under hybrid uncertainties. Mathematics 2023, 11, 4790. <https://doi.org/10.3390/math11234790>

7. Liu T., Ceder A., Chowdhury S. Integrated public transport timetable synchronization with vehicle scheduling. Transportmetrica A: Transport Science. 2017. №13(10). P. 932-954. <https://doi.org/10.1080/23249935.2017.1353555>

8. Kang L., Zhu X., Sun H., Wu J., Gao Z., Hu B. Last train timetabling optimization and bus bridging service management in urban railway transit networks. Omega. 2019. №84, P. 31-44. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.04.003>

9. Shang H.-Y., Huang H.-J., Wu W.-X. Bus timetabling considering passenger satisfaction: An empirical study in Beijing. Computers & Industrial Engineering. 2019. №135. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.057>

10. Liu Z., Shen J., Wang H., Yang W. Regional bus timetabling model with synchronization. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology. 2007. № 7(2). [https://doi.org/10.1016/S1570-6672\(07\)60018-X](https://doi.org/10.1016/S1570-6672(07)60018-X)

11. Guihaire V., Hao J.K. Transit Network Re-timetabling and Vehicle Scheduling. Communications in Computer and Information Science. 2008. № 14. https://doi.org/10.1007/978-3-540-87477-5_

12. Fonseca J.P., van der Hurk E., Roberti R., Larsen A. A metaheuristic for transfer synchronization through integrated timetabling and vehicle scheduling. Transportation Research Part B: Methodological. 2018. № 109. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2018.01.012>

13. Daduna J.R., Voß S. Practical experiences in schedule synchronization. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. 1995. № 430. https://doi.org/10.1007/978-3-642-57762-8_4

Вдовиченко Володимир Олексійович – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри транспортних технологій, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: Vval2301@gmail.com

Мельнікова Юлія Ігорівна – аспірантка, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, старший викладач кафедри «Управління на транспорті», Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», e-mail: melnikova.yu.i@nmu.one

Volodymyr Vdovychenko – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Department of Transport Technology, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: Vval2301@gmail.com

Yuliia Melnikova – postgraduate, Kharkiv National Automobile and Highway University, senior Lecturer of Transport Management Department, Dnipro University of Technology, e-mail: melnikova.yu.i@nmu.one

УДК 656.072

Вдовиченко В.О., Підлубний С.Ю.

СТРУКТУРА МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ШВИДКІСНОГО АВТОБУСНОГО СПОЛУЧЕННЯ В УМОВАХ ВПРОВАДЖЕННЯ ВИДІЛЕНИХ СМУГ МПТ

Розглянуто основні структурні елементи моделі прогнозування роботи маршрутів швидкісного автобусного сполучення в умовах поетапної реалізації концепції розвитку виділених смуг. Розкрито особливості інтеграції даних з динамічною інформацією, та означено поділ моделі на базові елементи прогнозу потоку, затримок та параметрів руху транспорту.

Ключові слова: моделювання, виділені смуги, громадський транспорт, маршрут, прогнозування, ефективність.

The main structural elements of the predictive model for the operation of bus rapid transit (BRT) routes under the phased implementation of the dedicated lane development concept are considered. The features of integrating data with dynamic information are revealed, and the model is divided into fundamental components for forecasting flow, delays, and transport movement parameters.

Key words: modeling, dedicated lanes, public transport, route, forecasting, efficiency.

Розроблена концепція оцінки ефективності впровадження різних базових схем організації швидкісного автобусного сполучення [1, 2] потребує проведення процедури імітаційного моделювання. Імітаційне моделювання стало важливим інструментом оптимізації роботи систем міського пасажирського транспорту (МПТ). Створюючи віртуальні моделі транспортних систем, інженери та проектувальники можуть тестувати різні робочі параметри та оцінювати їх вплив на пасажирів та водіїв, перш ніж впроваджувати їх у реальний світ. Однією з основних переваг імітаційного моделювання є його здатність генерувати прогнози параметрів розподілу транспортних потоків та пасажиропотоку, що дозволяє транспортним операторам приймати обґрунтовані рішення про планування маршрутів, управління автопарком та складання розкладів руху. Ці параметри включають швидкість транспортних засобів, пасажирський попит, конфігурацію маршрутів та пропускну спроможність вулично-дорожньої мережі (ВДМ). Для оцінки цих параметрів можуть використовуватись різні методи моделювання, включаючи аналітичні та економетричні моделі, імітаційні моделі та моделі оптимізації. Імітаційні моделі особливо корисні для прогнозування поведінки складних транспортних систем, оскільки вони дозволяють моделювати безліч змінних та їхню взаємодію. Імітаційна модель повинна забезпечити можливість отримання широкого спектру експериментальних даних для встановлення статистично значущих закономірностей зміни параметрів критерію оцінки ефективності. На рис. 1 наведено структуру елементів імітаційної моделі оцінки ефективності впровадження швидкісного автобусного сполучення (ШАС). В описі структурних елементів використано низку показників, що відтворюють стан кожного окремого функціонального середовища. Досліджувана частина ВДМ міста (V_e) характеризується наступними показниками: N_e – кількість ділянок ВДМ; $V_e = \{v_{e1}, v_{e2}, \dots, v_{en}\}$ – сукупність ділянок ВДМ; $L_e = \{l_{e1}, l_{e2}, \dots, l_{en}\}$ – довжина ділянок ВДМ, км.; $K_s = \{k_{s1}, k_{s2}, \dots, k_{sn}\}$ – кількість смуг руху на ділянках мережі, од.;

$P_v = \{p_{v1}, p_{v2}, \dots, p_{vn}\}$ – пропускна спроможність ділянок ВДМ, авт/год.; $E_v^r = \{e_{v1}^r, e_{v2}^r, \dots, e_{vn}^r\}$ – поточна інтенсивність руху транспортного потоку по ділянках ВДМ, авт/год.; $E_v^p = \{e_{v1}^p, e_{v2}^p, \dots, e_{vn}^p\}$ – прогнозована інтенсивність руху транспортного потоку по ділянці ВДМ в умовах обмеження кількості смуг руху, авт/год.; $V_v^r = \{v_{v1}^r, v_{v2}^r, \dots, v_{vn}^r\}$ – середня швидкість руху транспортного потоку в умовах поточного завантаження рухом ділянки ВДМ, км/год.; $V_v^f = \{v_{v1}^f, v_{v2}^f, \dots, v_{vn}^f\}$ – швидкість руху транспортного потоку в умовах вільного руху по ділянці ВДМ, км/год.; $T_v^r = \{t_{v1}^r, t_{v2}^r, \dots, t_{vn}^r\}$ – середній час проїзду ділянки ВДМ в умовах поточного завантаження рухом, хв.; $T_v^f = \{t_{v1}^f, t_{v2}^f, \dots, t_{vn}^f\}$ – середній час проїзду ділянки ВДМ в умовах вільного руху, хв.; $X_e = \{x_{e1}, x_{e2}, \dots, x_{ne}\}$ – кількість місць зупинки транспортного потоку (перехрестя, пішохідні переходи і т.п.), од.; $T_x^r = \{t_{x1}^r, t_{x2}^r, \dots, t_{xe}^r\}$ – середній час проїзду місць зупинки в умовах поточного завантаження ВДМ, хв.; $T_x^f = \{t_{x1}^f, t_{x2}^f, \dots, t_{xe}^f\}$ – середній час проїзду місць зупинки в умовах вільного руху по прилеглим елементам ВДМ, хв.

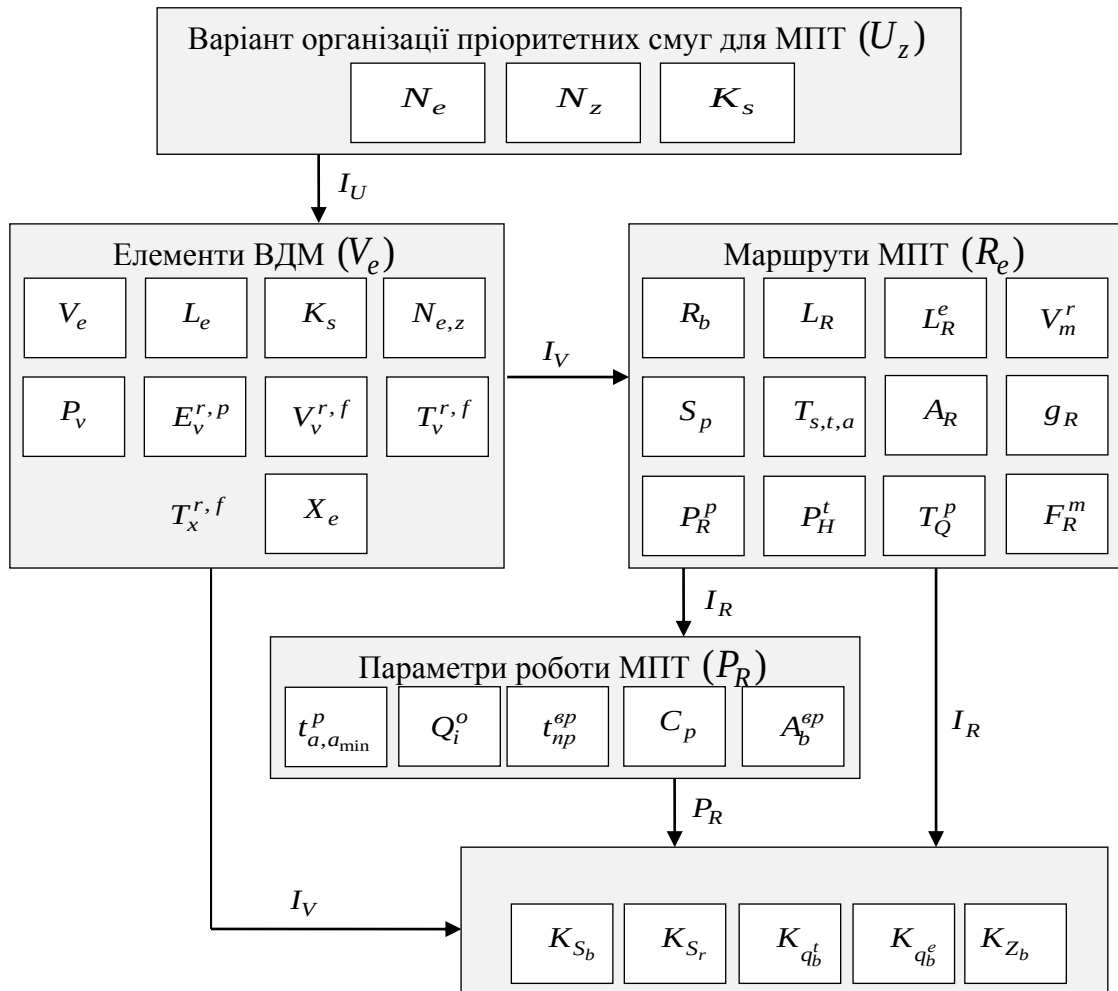


Рисунок 1 – Структурна модель оцінки ефективності ШАС

В межах досліджуваної ВДМ є маршрутна мережа (R_e), що представлена сукупністю маршрутів МПТ $R_b = \{r_{b1}, r_{b2}, \dots, r_{bn}\}$. Кожен маршрут характеризується наступними показниками: L_R – загальна довжина маршруту, км.; L_R^e – довжина частки маршруту до

ділянки впровадження спеціальних смуг МПТ, км.; $V_m^r = \{v_{m1}^r, v_{m2}^r, \dots, v_{mn}^r\}$ – середня технічна швидкість руху МПТ по ділянках ВДМ, км/год.; $S_p = \{s_{p1}, s_{p2}, \dots, s_{pn}\}$ – сукупність проміжних зупинних пунктів (ЗП) на маршруті для здійснення посадки-висадки пасажирів, од.; $T_s = \{t_{s1}, t_{s2}, \dots, t_{sn}\}$ – середній час простою на проміжних ЗП для здійснення посадки-висадки пасажирів, хв.; $T_t = \{t_{t1}, t_{t2}, \dots, t_{tn}\}$ – середній час простою на ЗП транспортно-пересадочних вузлів (ТПВ) для здійснення пересадки пасажирів, хв.; $T_a = \{t_{a1}, t_{a2}, \dots, t_{an}\}$ – планові моменти відправлення рухомого складу з початкового ЗП у розрахунковому періоді, хв.; A_R – кількість рухомого складу на маршруті в розрахунковому періоді, од.; g_R – місткість рухомого складу, пас.; $B_R = \{b_{zm}, b_{nc}\}$ – змінні та постійні витрати на роботу рухомого складу, грн/км., грн/год. Потреби пасажирів представлені на маршрутах, характеризуються показниками: F_R^m – максимальний пасажиропотік на маршруті, пас.; $P_R^p = \{p_{s1}, p_{s2}, \dots, p_{sn}\}$ – пасажирообмін на проміжних ЗП, пас.; $P_H^t = \{p_{R1}^t, p_{R2}^t, \dots, p_{Rn}^t\}$ – обсяг пересадки пасажирів в ТПВ, пас.; $T_Q^p = \{t_{Qe}^p, t_{Qg}^p, t_{Qb}^p\}$ – діапазон якісного сприйняття пасажирями запізнення прибуття до пункту призначення, хв. Структурна модель оцінки дозволяє визначити причинно-наслідковий зв'язок між альтернативним варіантом впровадження швидкісного сполучення МПТ (U_z) та ефективністю його роботи (E_R). Встановити його можна шляхом розкладання на окремі етапи. Кожен етап опису переходу $U_z \rightarrow E_R$ ґрунтується на поєднанні в єдину систему оцінки сукупності наступних впливів:

- $U_z \rightarrow E_R$ – вплив умов організації швидкісного сполучення по спеціальним смугам МПТ на параметри руху по ділянках ВДМ;
- $V_e \rightarrow R_e$ – вплив умов руху по ділянках ВДМ на умови роботи маршрутів МПТ;
- $R_e \rightarrow P_R$ – вплив умов роботи маршрутів МПТ на параметри транспортного обслуговування пасажирів та ТЕП;
- $R_e \rightarrow E_R$ – вплив умов роботи маршрутів на забезпечення ефективності їх роботи;
- $P_R \rightarrow E_R$ – вплив параметрів параметри транспортного обслуговування пасажирів та ТЕП на забезпечення ефективності роботи МПТ;
- $V_e \rightarrow E_R$ – вплив умов руху по ділянках ВДМ на забезпечення ефективності МПТ.

Послідовність етапів зв'язку $E_R = f(U_z)$ описується сітьовим графіком подій в рамках розробки імітаційної моделі, що наведений на рис. 2.

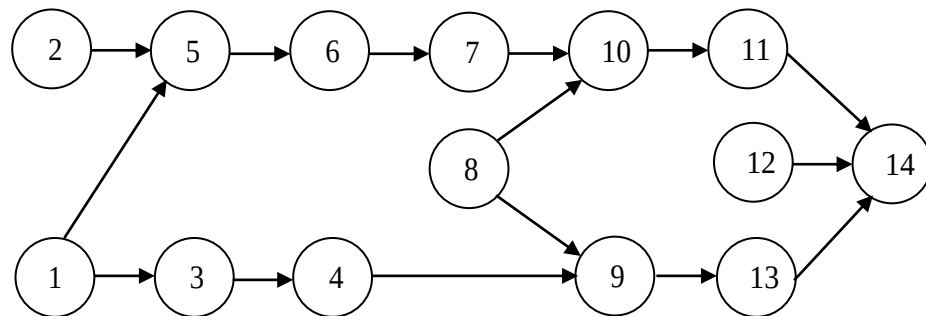


Рисунок 2 – Сітьовий графік зв'язку елементів структурна модель оцінки ШАС

На рис. 2 використано наступні позначення: 1 – збір вихідних даних по ділянках ВДМ, 2 – оцінка затримок руху МПТ на ділянках ВДМ, 3 – оцінка рівня завантаження рухом ділянок

ВДМ, 4 – дослідження статистичних закономірностей зміни показників руху транспортного потоку на елементах ВДМ, 5 – дослідження статистичних закономірностей зміни показників руху на ділянках маршрутів МПТ, 6 – розрахунок базових показників роботи маршрутів МПТ при поточному стані організації, 7 – оцінка поточного стану ефективності роботи МПТ, 8 – вибір варіанту впровадження спеціальних смуг руху для МПТ по ділянках ВДМ, 9 – розрахунок параметрів руху транспортного потоку при впровадженні спеціальних смуг руху по ділянках ВДМ, 10 – розрахунок параметрів руху МПТ при впровадженні спеціальних смуг руху, 11 – розрахунок параметрів обслуговування пасажирів на маршрутах МПТ при впровадженні спеціальних смуг руху, 12 – розрахунок параметрів обслуговування пасажирів в ТПВ МПТ при впровадженні спеціальних смуг руху, 13 – оцінка ризиків ускладнення дорожнього руху транспортного потоку на ВДМ при впровадженні запропонованого варіанту спеціальних смуг МПТ, 14 – оцінка ефективності запропонованої альтернативи впровадженні спеціальних смуг руху МПТ.

Параметри $V_v^{r,f}, V_m^r, T_v^{r,f}, T_{s,t}, P_{R,H}^{p,t}$ мають стохастичну природу формування та можуть бути описані рядом закономірностей до яких відносяться: $P(V_v^{r,f})$ – закони розподілу швидкості руху транспортного потоку на елементах ВДМ (для поточного стану та альтернативного варіанту); $P(V_m^r)$ – закони розподілу швидкості руху маршрутного потоку на елементах ВДМ (для поточного стану та альтернативного варіанту); $P(T_v^{r,f})$ – закони розподілу часу проїзду пунктів затримки руху на елементах ВДМ (для поточного стану та альтернативного варіанту); $P(T_{s,t})$ – закони розподілу часу перебування маршрутних транспортних засобів в проміжних ЗП та ТПВ; $P(P_{R,H}^{p,t})$ – закони розподілу пасажирообміну в ЗП та міжмаршрутних пересадок в ТПВ.

Список використаних джерел

1. Vdovychenko V.O., Ivanov I.E., Pidlubnyi S.Yu., Vasiliev M.K. Assessment of priority movement impact for urban public passenger transport on the quality of passenger service. Automobile transport. 2023. №52. P. 54-63.
2. Вдовиченко В. О., Іванов І. Є., Підлубний С. Ю., Іванов Є.І. Структура варіативної оцінки доцільності організації пріоритетного руху міського пасажирського транспорту. Вісник ХНАДУ. 2023. №102. С. 78-86.

Вдовиченко Володимир Олексійович – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри транспортних технологій Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Підлубний Сергій Юрійович – аспірант кафедри транспортних технологій Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Volodymyr Vdovychenko – Doctor of technical sciences, Professor, Department of Transport Technology, Kharkiv National Automobile and Highway University

Serhii Pidlubnyi – Postgraduate Student, Department of Transport Technology, Kharkiv National Automobile and Highway University

УДК 656.1:339.13

Віштак І.В., Майданевич Л.О.

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ ЗА МОДЕЛЛЮ COSO: ОСНОВНІ ПІДХОДИ

Для управління ризиками на автомобільному транспорті можна застосувати загальновизнану концепцію управління ризиками за моделлю COSO (Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission), яка дозволяє врахувати сучасні виклики суспільства.

Представлено аналіз моделі COSO у сфері транспортних ризиків. Визначено цілі управління ризиками та способи мінімізації ризиків.

Ключові слова: управління ризиками, автомобільний транспорт, аналіз, стратегії.

For risk management in road transport, it is possible to apply the generally recognized concept of risk management according to the COSO model (Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission), which allows taking into account modern challenges of society.

An analysis of the COSO model in the field of transport risks is presented. The objectives of risk management and methods of risk minimization are determined.

Keywords: risk management, road transport, analysis, strategies.

Управління ризиками є невід'ємною складовою ефективного функціонування автомобільного транспорту, особливо в умовах зростаючої невизначеності та складності логістичних процесів. Модель COSO (Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission) є загальновизнаним підходом до управління ризиками підприємств (Enterprise Risk Management, ERM) і широко застосовується у сфері транспорту для мінімізації загроз та покращення операційної безпеки.

Базові принципи моделі COSO були вперше представлені в роботі Treadway Commission [1], а згодом удосконалені у концептуальній основі COSO ERM – Integrating with Strategy and Performance [2]. У цій моделі управління ризиками розглядається як безперервний процес, що інтегрується в стратегію організації, включаючи і транспортну логістику.

Застосування моделі COSO в автомобільному транспорті активно досліджується в науковій та прикладній літературі. Так, у дослідженні авторів [3] розглядається ефективність та доцільність імплементації стандарту COSO, підкреслюючи його значення для управління ризиками та важливість інтеграції ризик-менеджменту у внутрішні бізнес-процеси транспортних компаній. В роботі [4] автори досліджують систему управління ризиками в контексті інноваційної діяльності логістично-транспортних підприємств. Вони пропонують модель з трьома лініями захисту для побудови системи внутрішнього контролю, що сприяє ефективному управлінню ризиками в таких підприємствах [4]. Ці дослідження підкреслюють важливість інтеграції управління ризиками у внутрішні бізнес-процеси транспортних та логістичних компаній, що узгоджується з принципами COSO ERM.

З точки зору практичного впровадження моделі COSO на автомобільному транспорті, у дослідженні Тарашевського М. М. розглядаються методи управління ризиками, доповнені інструментами оцінки ризиків під час перевірки бізнес-партнерів, визначення ключових показників діяльності та логістичною моделлю управління ризиками на транспорті [5]. Автор

підкреслює важливість інтеграції системи внутрішнього контролю в транспортні процеси для підвищення ефективності та безпеки діяльності підприємств.

Таким чином, аналіз наукової літератури показує, що застосування COSO ERM у сфері автомобільного транспорту дозволяє створити комплексну систему управління ризиками, що включає ідентифікацію, оцінку, моніторинг та реагування на загрози. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на адаптацію цієї моделі до специфічних умов воєнного часу та швидких змін у глобальних ланцюгах постачання.

Мета дослідження – обґрунтувати та розробити підходи до управління ризиками на автомобільному транспорті на основі моделі COSO, визначивши ключові принципи, методи оцінювання та мінімізації ризиків для забезпечення безпеки, ефективності та стійкості транспортної діяльності в умовах невизначеності.

Модель COSO (Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission) є загальновизнаною концепцією управління ризиками, що включає ERM (Enterprise Risk Management) – Управління ризиками підприємства. Вона складається з восьми компонентів, які можуть бути застосовані до управління ризиками в автомобільному транспорті, особливо в умовах сучасних викликів, таких як військові дії, економічна нестабільність, зміни у законодавстві та інші зовнішні фактори. Схема моделі COSO ERM управління ризиками на автомобільному транспорті (рис. 1) включає основні компоненти, такі як внутрішнє середовище, ідентифікацію та оцінку ризиків, контрольні заходи та моніторинг.



Рисунок 1 – Модель COSO ERM управління ризиками на автомобільному транспорті

1. *Внутрішнє середовище.* Визначає культуру управління ризиками в транспортних компаніях. Основними елементами є:

- розробка політики безпеки перевезень;
- визначення відповідальних за управління ризиками;
- впровадження стандартів та регламентів безпеки (ISO 39001 – Система управління безпекою дорожнього руху) [6].

2. *Встановлення цілей.* Метою управління ризиками є забезпечення безперервності транспортних процесів, мінімізація втрат, підвищення безпеки перевезень та ефективності логістичних операцій. Для цього встановлюються стратегічні, операційні, звітні та нормативно-правові цілі такі як:

- оптимізація маршрутів для зниження ризику ДТП та військових загроз;
- контроль відповідності вантажів екологічним та митним нормам;
- забезпечення страхування транспортних засобів та вантажів.

3. *Виявлення подій.* Включає аналіз зовнішніх та внутрішніх факторів, які можуть вплинути на безпеку автомобільних перевезень. Основні загрози:

- фізичні ризики: ДТП, пошкодження транспорту через військові дії;
- операційні ризики: поломки транспорту, нестача водіїв, логістичні збої;
- регуляторні ризики: зміни в законодавстві, митні обмеження;
- економічні ризики: підвищення цін на пальне, валютні коливання.

4. *Оцінка ризиків.* Ризики оцінюються за критеріями ймовірності виникнення та потенційних наслідків:

- високий рівень ризику – перевезення в зонах активних бойових дій, високий рівень аварійності на певних ділянках доріг;
- середній рівень ризику – можливі затримки на митниці, нестабільність паливного ринку;
- низький рівень ризику – погодні умови, сезонні зміни в логістиці.

5. *Реагування на ризики.* Передбачає вибір стратегії управління ризиками:

- уникнення – зміна маршрутів, використання інших видів транспорту (залізничний або річковий транспорт замість автомобільного в небезпечних регіонах);
- зниження – контроль технічного стану транспортних засобів, підготовка водіїв до роботи в умовах підвищеного ризику, впровадження телематичних систем моніторингу.
- передача (перерозподіл) – страхування вантажів, аутсорсинг логістичних послуг.
- прийняття – у разі неможливості усунення ризику компанія розробляє плани дій у надзвичайних ситуаціях.

6. *Контрольні заходи.* Включають регламентовані процедури мінімізації ризиків:

- впровадження GPS-моніторингу транспорту та відеореєстраторів;
- використання датчиків стану транспорту для прогнозування поломок (Predictive Maintenance);
- впровадження електронних систем обліку робочого часу водіїв для запобігання перевтомі та порушенням режиму праці.

7. *Інформаційно-комунікаційна система.* Передбачає обмін даними між усіма учасниками перевезень:

- використання електронного документообігу (eCMR, TIR-EPD);
- автоматизація розрахунку маршрутів за допомогою штучного інтелекту та Big Data;
- впровадження цифрових платформ для взаємодії перевізників, вантажовідправників та митних органів.

8. *Моніторинг і коригування.* Регулярний аналіз ефективності управління ризиками:

- проведення аудиту ризиків та оновлення планів реагування;
- впровадження систем раннього попередження про загрози (наприклад, інтеграція з військовими картами небезпеки);
- аналіз звітності та внесення коригувань до політики ризик-менеджменту.

Застосування моделі COSO в управлінні ризиками автомобільного транспорту дозволяє структуровано оцінювати загрози, реагувати на них та мінімізувати негативний вплив на логістичні процеси. Це особливо важливо в умовах військових дій, коли транспортні компанії стикаються з високими ризиками фізичних ушкоджень, операційних затримок та змін у регуляторному середовищі.

Список використаних джерел

1. Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission, "Internal control, integrated framework: Framework including executive summary September 1992" Association Sections, Divisions, Boards, Teams. 1992, 203 p. URL: https://egrove.olemiss.edu/aicpa_assoc/203
2. Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission [COSO]. Enterprise Risk Management – Integrating with Strategy and Performance – Executive Summary / Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission [COSO]. 2017. URL: <https://www.coso.org/Documents/2017-COSO-ERM-Integrating-with-Strategy-and-Performance-Executive-Summary.pdf>.
3. Приказюк Н., Мендрик Д. Модель управління ризиками COSO: еволюція та трансформація. Економіка та суспільство. 2020. № 22. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2020-22-63>
4. Творонович В., Божидай І., Устіловська А., Капітан В. Концепція формування системи управління ризиками в інноваційній діяльності логістично-транспортного підприємства. Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences. 2024. № 332(4). С. 393-398. URL: <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-332-60>
5. Тарашевський М. М. Концептуальні засади управління безперервною діяльністю в системі запобігання ризикам транспортних підприємств. Sciences of Europe, Economic Sciences, Praha, Czech Republic. 2019. Vol. 3. № 40. Р. 20-27.
6. ISO 39001:2015 Системи управління безпекою дорожнього руху. Вимоги та настанова щодо застосування (ISO 39001:2012, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64658&utm_source.
7. ДСТУ ІЕС/ISO 31010–2013 (ІЕС/ISO 31010:2009, IDT). Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику. URL: <https://khoda.gov.ua/image/catalog/files/dstu%2031010.pdf>.

Віштак Інна Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії Вінницького національного технічного університету

Майданевич Леонід Олександрович – канд. філос. наук, старший викладач кафедри захисту інформації факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії Вінницького національного технічного університету, адвокат, Рада адвокатів Вінницької області, Вінниця

Vishtak Inna – candidate of technical sciences (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of Department of Safety of Life and Safety of Pedagogy, Faculty of Information Technology and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University

Maidanevych Leonid – Candidate of Philosophical Sciences, Senior Lecturer, Department of Information Security, Faculty of Information Technology and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Lawyer, Vinnytsia Bar Council, Vinnytsia.

УДК 629.113

Віщун І.В., Матвєєв К.К.

ГІБРИДНИЙ БЕЗШАТУННИЙ ДВИГУН-ГЕНЕРАТОР

У роботі розглянуто екологічні проблеми сучасності та перспективи переходу автотранспорту на електродвигуни. Трансформацію двигунів внутрішнього згорання під сучасні екологічні умови і створення гібридного безшатунного двигуна-генератора.

Ключові слова: екологія, електродвигун, безшатунний двигун, двигун-генератор.

The paper considers the environmental problems of our time and the prospects for the transition of motor vehicles to electric motors. The transformation of internal combustion engines to modern environmental conditions and the creation of a hybrid connecting rod engine-generator.

Keywords: ecology, electric motor, connecting rod engine, engine-generator.

У сучасному світі питання зміни клімату, розвитку зеленої енергетики та збереження екології стають дедалі актуальнішими. Зростання рівня викидів парникових газів, зумовлене використанням викопного палива, спричиняє глобальне потепління та екологічні катастрофи. Одним із ключових напрямів у боротьбі за чисте довкілля є поступове витіснення автомобілів із двигунами внутрішнього згорання електротранспортом. Використання електродвигунів не лише зменшує викиди CO_2 , а й сприяє зниженню рівня шумового забруднення та ефективнішому використанню енергії. У поєднанні з розвитком відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергетика, цей процес стає важливим кроком до екологічно стійкого майбутнього.

Сучасна політична ситуація багато в чому визначається глобальним економічним розривом між багатими та бідними країнами, що безпосередньо впливає на можливість екологічних реформ, зокрема перехід на електротранспорт.

Розвинені країни, такі як США, Німеччина, Японія та інші, активно інвестують у розвиток електромобільної інфраструктури, розширюють виробництво акумуляторів та підтримують політики декарбонізації. Завдяки потужній економіці, високим технологіям та державним субсидіям, вони можуть поступово відмовлятися від традиційних двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ).

Водночас багато країн Глобального Півдня, зокрема в Африці, Південній Азії та Латинській Америці, стикаються з серйозними економічними та соціальними труднощами, які ускладнюють такий перехід. Висока вартість електромобілів, нестача інфраструктури для зарядки, залежність від експорту викопного палива та загальна економічна нестабільність роблять електрифікацію транспорту в цих регіонах вкрай складним завданням. Крім того, у багатьох країнах електроенергетика досі базується на спалюванні вугілля чи нафти, що зводить нанівець екологічні переваги електротранспорту.

Таким чином, глобальний перехід на електричну тягу є нерівномірним і залежить від рівня економічного розвитку. Багаті країни мають змогу інвестувати в екологічні технології, тоді як бідні змушені вирішувати першочергові соціально-економічні проблеми. Це ставить перед світовою спільнотою питання міжнародної співпраці, фінансової допомоги та справедливого розподілу технологій, щоб зменшити цей розрив і забезпечити справедливий енергетичний перехід.

Попри глобальний тренд на електрифікацію транспорту, час двигунів внутрішнього згорання ще не минув. Більше того, сучасні інженерні розробки дозволяють створювати ДВЗ нового покоління, які мають покращене співвідношення маси до потужності, є більш економічними та виробляють значно менше CO_2 .

Одним із перспективних напрямів є безшатунні ДВЗ, які усувають традиційний

кривошипно-шатунний механізм, замінюючи його системами з альтернативною кінематикою, такими як лінійні генератори або системи з планетарним механізмом. Це дозволяє значно знизити втрати енергії на тертя, підвищити ККД двигуна та зменшити його вагу.

Також активно розробляються надлегкі двигуни з турбокомпресорами і покращеною термодинамікою, використанням водневого чи синтетичного пального, що дозволяє суттєво знизити рівень викидів. Наприклад, компанії, такі як Mazda, досліджують можливості вдосконалених роторних двигунів, які можуть працювати як генератори в гібридних системах.

Окрім того, нові типи палив, такі як синтетичне та біопаливо, дають змогу значно скоротити викиди парникових газів без необхідності повної відмови від ДВЗ. Це може стати важливим перехідним рішенням для тих країн і галузей, де повний перехід на електротягу поки що неможливий.

Таким чином, хоча електротранспорт набирає популярності, сучасні технології дозволяють вдосконалювати ДВЗ, роблячи їх більш екологічними та ефективними. У найближчі десятиліття обидві технології – електродвигуни та новітні ДВЗ – можуть співіснувати, поступово витісняючи застарілі, екологічно шкідливі моделі.

Одним з представників генерації безшатунних двигунів є так званий «Однотактний» двигун, стартапу з Іспанії INNengine, який працює як опозитний, що перевершує традиційну конструкцію двигуна та забезпечує плавну роботу з низьким рівнем шуму та вібрації.

Двигун насправді є двотактним (за визначенням), оскільки він має два такти у процесі згоряння. Однак, на відміну від більшості звичайних двотактних двигунів, INNengine e-Rex не спалює мастило і навіть не використовує один з цих тактів для змащення або охолодження. Це відбувається окремо, як і у випадку із звичайним чотиритактним автомобільним двигуном.

У звичайних двигунах такти упорскування, стискування, згоряння та випуску відбуваються окремо. У двотактному двигуні відбувається лише стиснення та згоряння, причому впуск/випуск відбувається одночасно з ними. Двотактні двигуни зазвичай більш потужні для свого розміру і більш ефективні з погляду термодинаміки, ніж чотиритактні двигуни. Однак звичайні конструкції також брудні та доволі шумні.

Конструкція INNengine є установкою з опозитними поршнями, в якій по чотири поршні з кожної сторони, всього вісім поршнів. Протилежні поршні мають загальну камеру згоряння та фіксовані штоки позаду них. Ці штоки натискають на пластини з хвилеподібною конструкцією, що коливається, так що штоки натискають і звільняють поршні плавним, скоординованим рухом. Впуск і випуск відбуваються так само, як і в двотактному двигуні, при цьому випускний отвір знаходиться прямо перед впускним отвором, так що воно виходить і починає створювати вакуум, як тільки поршень проходить повз впускний отвір, щоб забезпечити надходження свіжого повітря. наступний цикл. Паливо та іскра подаються так само, як і в будь-якому іншому поршневому двигуні.

Таке розташування поршнів з опозитним розташуванням забезпечує плавну роботу з дуже низьким рівнем шуму та вібрації, тоді як конструкція дозволяє зменшити розміри всього двигуна. Більш того, контроль зазору між поршнями під час стиснення шляхом невеликого зміщення однієї або іншої торцевої пластини дозволяє змінювати ступінь стиснення.

INNengine продемонстрував свій дизайн e-Rex на автомобілі Mazda MX-5 Miata. Двигун дозволяє автомобілю стати повнопривідним і займає приблизно половину місця, яке займав звичайний 1,8-літровий двигун. Він також набагато легший за вагою. Тим не менш, 500-кубовий e-Rex виробляє 126 кінських сил, що можна порівняти з вихідною потужністю 1,8 л.

Використовуваний в електромобілі, INNengine може зменшити вимоги до розміру батареї та запропонувати меншу вагу та найкращий варіант для водіння на великі відстані, особливо якщо він може працювати як багатопаливний варіант.

Для використання в електромобілях цього двигуна постає питання в доцільності застосування перетворення в ньому енергії палива в механічну, а не одразу в електричну.

Ця ідея передбачає створення «гібридного безшатунного двигуна-генератора», де механічну частину, що традиційно передає обертальний рух на вал, замінено на

електромагнітну систему для безпосереднього виробництва електроенергії.

Замість механічної частини, що передає обертальний рух у «однотактному двигуні INNengine», можна встановити лінійні електромагнітні генератори на штоки, що рухаються разом із поршнями. Це дає змогу:

1. Перетворювати зворотно-поступальний рух у електроенергію через магнітні котушки, розташовані навколо рухомих елементів.

2. Використовувати котушки не лише для генерації енергії, а й для запуску двигуна – подаючи імпульси струму на магніти, можна приводити поршні в рух без потреби у стартері.

3. Регулювати роботу двигуна в режимі реального часу – змінюючи частоту циклів запалювання та силу електромагнітного опору, можна оптимізувати потужність і ККД.

Враховуючи, що акумуляторна електрична модель транспортного засобу зазвичай на 30% (або більше) важча порівняно зі стандартним аналогом, що працює на бензині і інших видах палива (включно з воднем, природним газом, або синтетичним паливом завдяки комп'ютерному керуванню роботою двигуна), цей варіант двигуна може забезпечити спосіб зниження ризику безпеки та дорожнього зношування, пов'язаного зі зменшенням розмірів акумуляторів на користь ефективного згоряння.

Перевагами такої системи є:

- Зменшення механічних втрат – відсутність вала, шестерень та інших механічних передач підвищує ефективність.

- Компактність та легкість – зменшується маса, що критично важливо для транспорту.

- Гнучке керування – завдяки електронному контролю можна динамічно змінювати режими роботи (наприклад, працювати лише на 2 з 4 поршнів для економії пального, або використовувати різні види палива).

- Можливість роботи в гібридних системах – такий двигун може діяти як високоефективний генератор для підзарядки акумуляторів у електромобілях, що значно збільшує запас ходу без потреби у великих батареях.

Можливе застосування

- Гібридні автомобілі нового покоління, де замість традиційного ДВС з генератором використовується компактний «безштанний двигун-генератор».

- Авіація – через малу вагу та високу потужність така система може бути використана в легкій авіації та дронах.

- Стационарні генератори для автономного енергопостачання.

Ця концепція поєднує переваги ДВЗ та електродвигунів, створюючи ефективне рішення для мобільного енергопостачання.

Список використаних джерел

1. <https://ecoaction.org.ua/>
2. https://tsn.ua/auto/news/avto_mir/prezident-toyota-rozkritikovav-svitoviy-trend-schodo-perehodu-na-elektromobili-1871176.html
3. <https://www.dexpens.com/Article/19439/odnotaktniy-dvigun-inn-perevershuie-traditsiyu-konstruktsiyu-dviguna-ta-zabezpechuie-plavnu-robotu-z-nizkim-rivnem-shumu-ta-vibratsiyi>
4. <https://science.lpnu.ua/uk/taxonomy/term/37548>

Віщун Ігор В'ячеславович, викладач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: viv@vntu.edu.ua

Матвеев Кирило Костянтинович, студент кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: viv@vntu.edu.ua

Vishchun Igor Vyacheslavovich, Lecturer, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: viv@vntu.edu.ua

Matveev Kyrylo Kostintynovych, student of the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: viv@vntu.edu.ua

УДК 662.756

Гнип М.М.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ, ЯКІ ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ НА ПАЛИВНИХ СУМІШАХ

У даній роботі розглядається можливість використання сумішевого палива з відновлюваних джерел. Основною темою даного дослідження є екологічні параметри дизельного двигуна, що працює на чистій ріпаковій олійно-бутаноловій суміші.

Ключові слова: паливна суміш, бутанол, екологія, дизельний двигун.

This paper examines the possibility of using blended fuels from renewable sources. The main topic of this study is the environmental parameters of a diesel engine running on a pure rapeseed oil-butanol mixture.

Keywords: fuel blend, butanol, ecology, diesel engine.

Олії, отримані з різних рослин, можна розглядати як альтернативу викопному паливу, хоча через певні недоліки вони змушені використовувати більш придатні складні ефіри для дизельних автомобілів (наприклад, RME). Ідея використання рослинних олій не нова. Його витоки сягають корінням у 19 століття. Перший такий двигун на рослинній олії продемонстрував сам Рудольф Дизель ще в 1900 році. Його двигун працював на арахісовій олії [1], але олія так і не набуло широкого поширення як альтернативне паливо.

Існує багато причин, чому використання олії як альтернативного палива поширюється, але можна виділити основні: [2].

- Вичерпання нафтових ресурсів, зростання цін і збільшення споживання енергії;
- Пошук заміни традиційному викопному паливу;
- Глобальна угода щодо скорочення викидів парникових газів;
- Розвиток використання місцевих ресурсів.

Досліджено питання про те, що є більш корисним для навколишнього середовища: рослинні олії або етерифіковані в біодизель. У статті досліджується вплив на навколишнє середовище та проводиться енергетичне порівняння між процесами виробництва дрібномасштабної первинної олії та масовим виробництвом біодизеля. В якості функціональної одиниці для оцінювання було обрано необхідну кількість палива для подолання відстані 1 км з вантажівкою потужністю 335 кВт, вагою 14,7 т. В статті сказано, що виробництво біодизеля потребує менших посівних площ порівняно з виробництвом дрібномасштабної первинної олії. Це пояснюється тим, що для видобутку нафти для виробництва біодизеля використовується гексан, який збільшує кількість видобутої нафти. [2].

Тим не менш, виробництво дрібномасштабної первинної олії виявилось більш екологічно чистим майже у всіх випадках, досліджених як у токсикологічних, так і в нетоксикологічних категоріях. Найбільший вплив на різницю між виробництвом чистої олії та забрудненням біодизелем має використання гексану в процесах екстракції нафти та переетерифікації. З енергетичної точки зору виробництво чистої олії має явну перевагу [2].

Випробування проводиться за допомогою стенду двигуна D21A1 та вимірювального обладнання, наявного в лабораторії двигунів внутрішнього згоряння кафедри автомобільного транспорту. Використовували рафіновану ріпакову олію, та бутанол.

Метою проведеного випробування є визначення екологічних показників сумішей ріпакової олії з бутанолом та їх порівняння з даними, отриманими при роботі двигуна на стандартному дизелі.

Спочатку вимірювання проводять при підтримці постійної швидкості 1800 об/хв та зміні навантажень для кожної суміші. Використовуються навантаження 30 Нм, 60 Нм, 90 Нм, 120 Нм, а паливні суміші – дизель, РА, РА5, РА10, РА15, РА20. Тут РА означає ріпакову олію, а число означає вміст бутанолу в ріпаковій олії у відсотках за вагою.

Для забезпечення достовірності результатів всі отримані результати вимірюють 3 рази, після зняття навантаження і його повторного завантаження. Отримані результати усереднюють і представляють у вигляді графіків.

Викиди NO_x або оксиду азоту спільно відомі як викиди NO та NO_2 . Джерелом викидів оксиду азоту в двигуні внутрішнього згоряння є температура в циліндрі [3].

Більшість NO_x у двигунах внутрішнього згоряння спричинена температурою згоряння та вмістом кисню. Чим вища температура і більше кисню в процесі горіння, тим більше виділяється NO_x . Температура в циліндрі безпосередньо залежить від кількості впорскуваного палива, або просто навантаження. На рисунку чітко показано лінійну залежність між середнім ефективним тиском (навантаженням) і зміною NO_x (рис. 1).

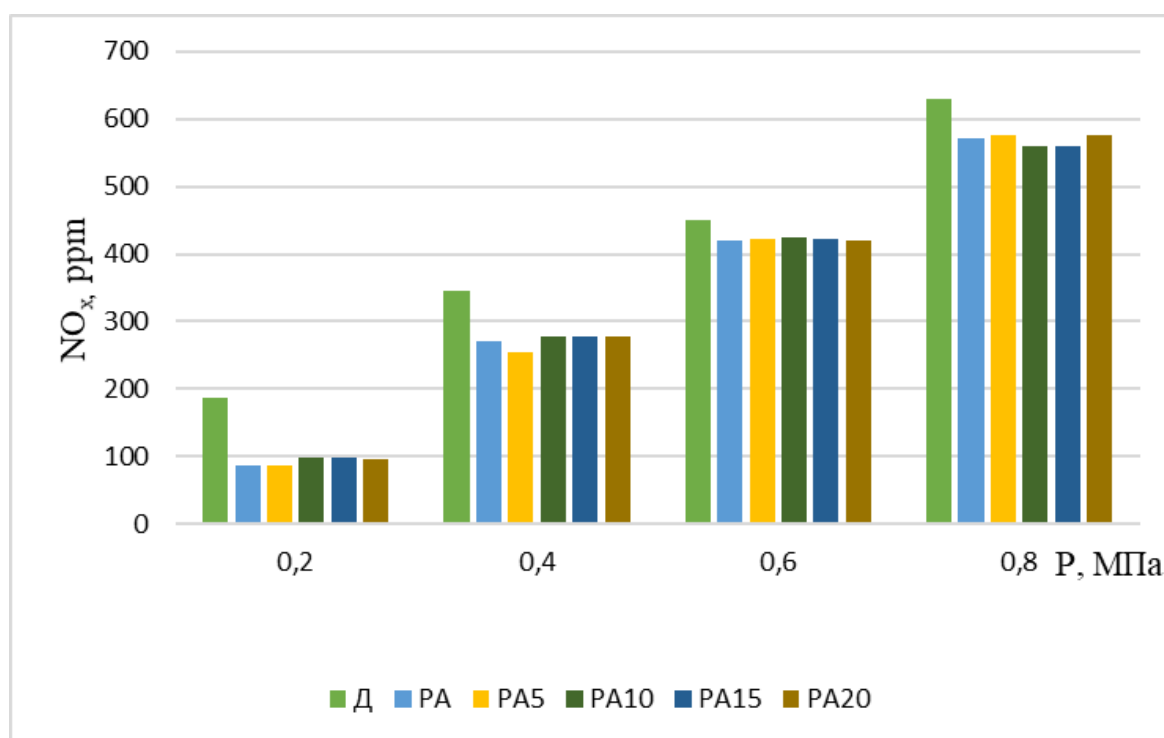


Рисунок 1 – Викиди NO_x для різних навантажень

При ефективному тиску 0,2 МПа, 0,4 МПа, 0,6 МПа, 0,8 МПа значення NO_x означають 188 ppm, 345 ppm, 449 ppm і 629 ppm відповідно для двигуна, що працює на дизелі. Заміна дизельного палива на ріпакову олію призводить до значного зниження NO_x при всіх навантаженнях.

За тих самих навантажень рівень NO_x в ріпаковій олії становить 86 ppm, 272 ppm, 420 ppm і 570 ppm, що відповідає зниженню на 53%, 20%, 5% і 10%. З цих даних можна побачити, що найбільше падіння NO_x у паливі відбувається при низькому навантаженні, тоді як при більшому навантаженні воно залишається таким же. Це можна пояснити тим, що утворюються більші молекули палива, які горять довше, і горіння переходить у другу фазу згоряння, що призводить до зниження максимальної температури.

Отже, викиди NO_x зменшені порівняно з дизелем. Залежно від навантаження зниження коливається від п% до майже 55%. Зі збільшенням навантаження зменшення викидів NO_x зменшується. Збільшуючи концентрацію бутанолу в ріпаковій олії, можна спостерігати незначне зниження NO_x при низькому навантаженні.

Список використаних джерел

1. Arthur M. Brownstein. Diesel Fuel, Renewable Motor Fuels 2015, Pages 67-75.
2. Ma, F. Hanna, M. A. Biodiesel production: a review. Bioresource Technology. 70. (1999), 1-15.
3. Osama M. Ibrahim at al, Active Diesel Particulate Filters and Nitrogen Dioxide Emission Limits, Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering, vol.6, no. 4, 2016, p. 107-116.

Гнип Марія Михайлівна – доктор філософії, доцент кафедри автомобільного транспорту інституту інженерної механіки та робототехніки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Ннуп Mariia – PhD, associate professor of the Department of Automobile Transport, Institute of Engineering Mechanics and Robotics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.

УДК 629.113

Голенко К.Е., Диха О.В., Дитинюк В.О., Налесник Д.В.

ОЦІНКА РІВНОМІРНОСТІ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ОБІГРІВУ САЛОНУ МІСЬКОГО АВТОБУСА З ГІБРИДНОЮ СИЛОВОЮ УСТАНОВКОЮ

Проблема нерівномірності вентиляції та прогрівання внутрішнього простору салону міських автобусів є багатогранною. З однієї сторони вона впливає на економічну складову ефективності експлуатації міських машин з огляду на комфорт пасажирів, а з іншої – на безпеку пасажироперевезень. Представлено аналіз показників мікроклімату міського автобуса з оцінкою факторів впливу на рівномірність їх розподілу вздовж салону.

Ключові слова: мікроклімат, вентиляція, швидкість потоків, повітряні дифузори, нагрівання.

The problem of uneven ventilation and heating of the interior of city buses is multifaceted. On the one hand, it affects the economic component of the efficiency of operating city vehicles in terms of passenger comfort, and on the other hand, it affects the safety of passenger transportation. An analysis of the microclimate indicators of a city bus with an assessment of the factors influencing the uniformity of their distribution along the cabin is presented.

Key words: microclimate, ventilation, flow rate, air diffusers, heating.

Хоча норми Європейської економічної комісії ООН (ЄЕК ООН) не містять конкретних вимог щодо температурного режиму в салонах автобусів, однак в Україні цей показник регулюються національними стандартами та нормативними актами. Зокрема, ДСТУ 7013:2009 «Автобуси спеціалізовані для перевезення школярів. Технічні вимоги» встановлює, що автобуси повинні бути обладнані автономними системами обігріву салону, які забезпечують температуру не менше +15 °С на висоті 60 см від підлоги при зовнішній температурі до -25 °С. Ця температура повинна досягатися не пізніше ніж через 30 хвилин після запуску системи обігріву. Крім того, наприклад, у Києві згідно з розпорядженням КМДА від 2021-го року запроваджено контроль температурного режиму в громадському транспорті. Відповідно до нових вимог, температура в салоні маршрутних автобусів влітку не повинна перевищувати +22 °С, а взимку не має бути нижчою за +15 °С. Отже, за умов нульової температури (0 °С) зовнішнього середовища задача поточних досліджень полягає у досягненні щонайменше +15 °С всередині автобуса, а в ідеальному випадку прогріванні до понад +20 °С.

Перед CFD-моделюванням у середовищі Ansys Fluent Flow є доцільним ознайомлення з теорією руху повітряних мас та формуванням спрощеної прогностичної моделі оцінки показників мікроклімату. Рівняння Нав'є-Стокса [1-3] є основним математичним описом руху рідини або газу, і для розрахунку потоків повітря в салоні автобуса воно може бути записане в загальному вигляді як:

$$\rho \left(\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u} \right) = -\nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{u} + \sum F, \quad (1)$$

де $\mathbf{u} = (u, v, w)$ – вектор швидкості потоку повітря (компоненти швидкості в тривимірному просторі); p – тиск; ρ – густина повітря; μ – динамічна в'язкість повітря; ∇ – оператор набла; $\sum F$ – сума зовнішніх сил.

Представимо салон автобуса як паралелепіпед розмірами $X \times Y \times Z$ з подачею теплого повітря в області лобового скла та проходженням потоків до задньої стінки автобуса (вихід).

В такому випадку салон автобуса являється обмеженою областю: $0 \leq x \leq X$, $0 \leq y \leq Y$, $0 \leq z \leq Z$. Ці параметри будуть впливати на: граничні умови (де саме задаємо приплив/відтік повітря); дискретизацію в чисельному розв'язку (розбиття області на контрольні об'єми для CFD-симуляції). Тепер для швидкості врахуємо турбулентну в'язкість μ_t [4] в оновленому рівнянні Нав'є-Стокса вздовж осі x :

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x} + (\mu + \mu_t) \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + F_x, \quad (2)$$

де $F_x = \rho a_{fan}$ – сила нагнітача кондиціонера, яка створює прискорення потоку вздовж осі x (поздовжня вісь автобуса); a_{fan} – середнє прискорення, що надається потоку повітря.

Щоб визначити a_{fan} , можна використати відому витрату повітря Q (м³/с), яку подає кондиціонер, площу вихідного отвору A_{fan} та довжину зони прискорення L_{fan} :

$$a_{fan} = \left(\frac{Q}{A_{fan}} \right)^2 / 2L_{fan}, \quad (3)$$

Граничні умови:

- передній вхід ($x = 0$): $u = U_{fan}$, $v = 0$, $w = 0$;
- задній вихід ($x = X$): $p = p_{out}$, $\frac{\partial u}{\partial x} = 0$;
- стеля, підлога, бокові стінки $u = v = w = 0$.

Для оцінки нагрівання салону у спрощеному вигляді можна керуватися наступним рівнянням:

$$T_{in} = \frac{\dot{m} c_p T_{cond} + Q_{pass} + U \cdot A \cdot T_{out}}{\dot{m} c_p + U \cdot A}, \quad (4)$$

де T_{in} – температура всередині салону автобуса; $\dot{m}$ – масова витрата повітря; c_p – питома теплоємність повітря; T_{cond} – температура повітря, що подається кондиціонером/опаленням; Q_{pass} – потужність подачі тепла; U – коефіцієнт теплопередачі кузова; A – загальна площа кузова автобуса; T_{out} – температура зовнішнього повітря.

Наведемо приклад розрахунку на основі (4) з врахуванням таких крайових умов: $X \times Y \times Z = 10 \times 2.5 \times 2.2$ м; $A = 100$ м²; $U = 2$ Вт/м²·К; $T_{out} = 0$ °С (зимовий період); $Q_{pass} = 6000$ Вт (для 60 пасажирів); $c_p = 1005$ Дж/кг·К. За таких вхідних даних $T_{in} \approx 21.5$ °С, що є цілком комфортним показником. Показник U визначається ефективністю сукупної роботи гібридної силової установки автобуса: тепловідведення від двигуна ДВЗ (як у звичайному автобусі) та електричних нагрівальних елементів. Гібридна силова установка знижує витрати пального та шкідливі викиди, оскільки може працювати в електричному режимі без постійної роботи ДВЗ [6]. Вона також забезпечує гнучкіший обігрів салону завдяки використанню електронагрівачів або теплового насоса під час зупинок.

В умовах представленого у роботі CFD-моделювання додатковими вхідними каналами будуть три дифузори системи кондиціонування, які використовують енергію гібридної силової установки, що відстежує зміну потоків та їхніх швидкостей вздовж поперечного перетину салону автобуса (рис. 1): максимальне значення складає 0.973 м/с, що наближається до вхідної швидкості дифузорів $v_{in} = 1$ м/с. Нерівномірність розподілу значень швидкостей спостерігається на рівні голови стоячих пасажирів: перепади швидкості складають від 0.1 м/с до 0.7–0.9 м/с, а потоки мають спрямований прямолінійний характер, що впливає на безпеку та комфорт (ризик протягу). Передня частина автобуса характеризується значно вищою рівномірністю вентиляції – значення швидкості становить понад 0.4–0.5 м/с. Це спричинено ефективністю сумісної динаміки потоків повітря від дифузорів лобового скла та даху. Нижній пояс салону (рівень сидячих пасажирів) є суттєво активнішим з точки зору турбулентності –

вихрові потоки на швидкостях понад 0.5–0.6 м/с сприяють оперативнішому оновленню повітря. Такий результат є надзвичайно важливим у період загострення вірусних захворювань [7]: сидячі пасажирів є малорухомими і формують «стоячі» повітряні маси, що не викликають небезпеку зараження.

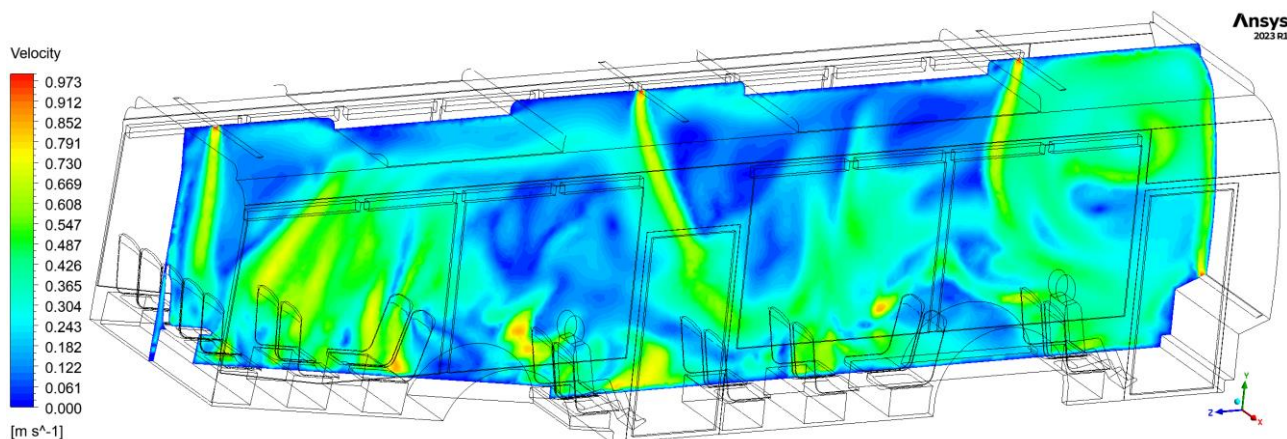


Рисунок 1 – Карта швидкостей потоків повітря у центральному поздовжньому перетині салону міського автобуса

Швидкість повітряних мас формує динаміку прогрівання салону, рівень температури та рівномірність її розподілу (рис. 2). Попри нульову температуру (0°C) зовнішнього середовища, середній рівень T_{in} в салоні становить 293–297 K ($20\text{--}24^{\circ}\text{C}$), що є абсолютно достатнім для комфортного перебування пасажирів. Очевидно, що реальний стан прогрівання салона буде характеризуватися нижчим значенням температури T_{in} , оскільки у натурному автобусі суттєво більше отворів та щілин для витоку повітряних мас, ніж у представленій CFD-моделі (дверні проїми виступають вихідними каналами).

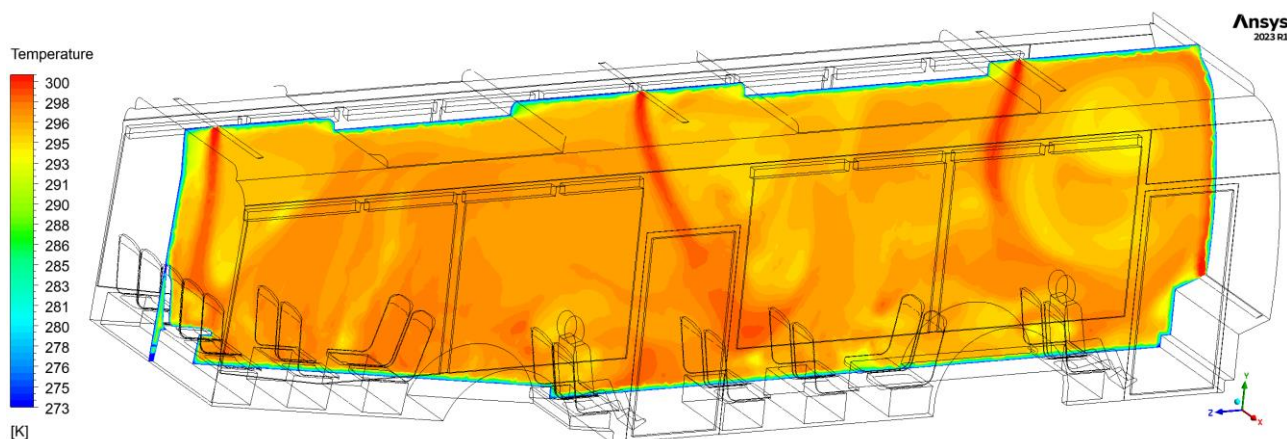


Рисунок 2 – Карта розподілу температури у центральному поздовжньому перетині салону міського автобуса

Наведений приклад CFD-моделювання несе практичну користь у якості прикладного способу прогнозування тенденцій прогрівання внутрішнього об'єму салону у холодну пору року. Завдяки отриманим результатам карт швидкостей повітряних потоків та градієнтів температури вздовж поздовжнього перетину салону стає можливим проаналізувати умови мікроклімату локально (на рівні посадкового місця кожного пасажирів), а також глобально

дослідити вплив особливостей компонування (перепад висоти підлоги у задній частині салону з підйомом на одну-дві сходинки, що є типовим для low-entry схеми).

Список використаних джерел

1. Войчишин Ю.І., Яковенко Є.І., Горбай О., Голенко К.Е., Бур'ян М.В. Моделювання теплового комфорту міського автобуса PMV-методом за допомогою CBE Thermal Comfort Tool. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2. 2022. 32-41. <https://doi.org/10.36910/automash.v2i19.901>.
2. Holenko K., Voichyshyn, Y., Horbai O., Burian M., Popovych V., Makovkin O. Thermal comfort formation of the bus interior depending on the power unit layout. Problems of Tribology. 27. 2022. 58-68. 10.31891/2079-1372-2022-106-4-58-68.
3. Voichyshyn Y., Holenko K., Roman D., Horbai, O. Study of microclimate parameters in the bus driver's cabin in the warm season. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 1277. 012035. 2023. doi:10.1088/1757-899X/1277/1/012035.
4. Niemyi S. Особливості розрахунку температурного стану салону автобуса. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 22, 2020. 78-84. <https://doi.org/10.32447/20784643.22.2020.10>.
5. Чуйко С., Кравченко О. Теплова інерційність повітря в салоні міського громадського транспорту з системою кондиціювання. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, 2(19), 2022. 5-16. <https://doi.org/10.36910/automash.v2i19.898>
6. Savostin-Kosiak D., Madziel M., Jaworski A., Ivanushko O., Tsiuman M., Loboda, A. Establishing the regularities of correlation between ambient temperature and fuel consumption by city diesel buses. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (108), 2020. 23–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.220257>.
7. Shen Y, Li C, Dong H, et al. Community Outbreak Investigation of SARS-CoV-2 Transmission Among Bus Riders in Eastern China. JAMA Intern Med. 2020;180(12):1665–1671. doi:10.1001/jamainternmed.2020.5225

Голенко Костянтин Едуардович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства Хмельницького національного університету, e-mail: holenkoke@khnmu.edu.ua

Духа Олександр Володимирович – доктор технічних наук, завідувач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства Хмельницького національного університету, e-mail: duhaov@khnmu.edu.ua

Дитинюк Володимир Олександрович – доктор філософії, старший викладач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства Хмельницького національного університету, e-mail: vdytynyuk28@gmail.com

Налесник Дмитро Васильович – аспірант кафедри Проектування машин і автомобільного інжинірингу Національного університету «Львівська політехніка», e-mail: dmytro.v.nalesnyk@lpnu.ua

Holenko Kostyantyn – PhD, senior lecturer of the Department of Tribology, Automobiles and Materials Science, Khmelnytskyi National University, e-mail: holenkoke@khnmu.edu.ua

Dykha Oleksandr – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Tribology, Automobiles and Materials Science of Khmelnytskyi National University, e-mail: duhaov@khnmu.edu.ua

Dytyniuk Volodymyr – PhD, senior lecturer of the Department of Tribology, Automobiles and Materials Science, Khmelnytskyi National University, e-mail: vdytynyuk28@gmail.com

Nalesnyk Dmytro – PhD student at the Department of Machine Design and Automotive Engineering, Lviv Polytechnic National University, e-mail: dmytro.v.nalesnyk@lpnu.ua

УДК 656:338

Голуб Д.В., Аулін В.В., Кічура Р.П., Ювженко О.В.

РОЗРОБКА МЕТОДУ ДИНАМІЧНОГО УЗГОДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ ПОСЛУГ В ПРОЦЕСІ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ

Виявлено факти неузгодженості в динаміці програм постачальників і споживачів при перевезенні вантажів автомобільним транспортом. Обґрунтовано їх вплив на уповільнення та порушення ритмів роботи транспортної системи.

Запропоновано метод динамічного узгодження різних рівнів планування транспортно-логістичних послуг перевезення вантажів автомобільним транспортом. Показано, що метод дає можливість збалансувати ритми виробничого процесу в транспортній системі.

Ключові слова: *автомобільний транспорт, транспортно-логістична послуга, виробничий процес, транспортна система, метод динамічного узгодження, витрати.*

The facts of inconsistency in the dynamics of programs of suppliers and consumers in the transportation of goods by road are revealed. Their impact on the slowdown and disruption of the rhythms of the transport system is substantiated.

A method for dynamic coordination of different levels of planning of transport and logistics services for the transportation of goods by road is proposed. It is shown that the method makes it possible to balance the rhythms of the production process in the transport system.

Keywords: *road transport, transport and logistics service, production process, transport system, dynamic matching method, costs.*

Випадковий розкид параметрів, що характеризують транспортну систему може бути присутнім як в процесі доставки вантажів, так і в процесі споживання [1-3]. Це приводить до додаткових втрат навіть при погодженні режимів їх доставки і споживання за допомогою динамічного транспортного завдання із затримками (ДТЗЗ) та методу динамічного узгодження (МДУ) при виробництві і транспортуванні [3, 4]. Такі витрати можуть бути двох типів: витрати на додаткове зберігання вантажів при довгостроковій доставці і збитки від недопостачання при пізній доставці, якщо склад не зміг відіграти при цьому роль демпфера.

Аналіз практики і дослідження цих процесів та побудованих моделей дозволяє виявити поширене явище, як неузгодженість в динаміці програм постачальників і споживачів. Автомобільний транспорт, використовуючи усі можливості перерозподілу потоків, прискорення і уповільнення перевезень вантажів, не може пов'язати неузгоджені ритми виробництва товарів [5]. Такі випадки ДТЗЗ не мають рішення. В зв'язку з цим виникає принципово нове завдання, що полягає у погодженні ритмів постачальників та споживачів і щоб це відповідало можливостям транспорту, який виступає своєрідним обмеженням.

Для вирішення цього завдання на базі ДТЗЗ сформульовано МДУ для виробництва і транспортування товарів. Введено коригувальні змінні $\omega_i(t)$ для пунктів виробництва товарів p_i , що означають зменшення обсягу їх виробництва $q_i(t)$ і відповідно збільшення обсягу виробництва $q_i(t-1)$ з виробничими витратами $c_i(t)$. В якості критерію оптимальності взято економічний критерій мінімуму сукупності транспортних витрат J_1 , витрат на зберігання запасів J_2 та витрат на корегування виробничих програм постачальників J_3 :

$$J_1 + J_2 + J_3 \rightarrow \min, \quad (1)$$

Враховуючи вирази для оцінки відповідних витрат маємо:

$$\sum_{t=0}^T \sum_{p_i, p_j \in P} c_{ij}(t) \cdot u_{ij}(t) + \sum_{t=0}^T \sum_{p_i \in P} c_{ii}(t) \cdot u_{ii}(t) + \sum_{t=0}^T \sum_{p_i \in P} c_i(t) \cdot \omega_i(t) \rightarrow \min. \quad (2)$$

При визначенні критерію оптимальності розглядали різні обмеження. Обмеження, що задаються рівняннями динаміки зміни запасів у постачальника і динаміки розміщення виробництва товарів мають вигляд:

$$u_{ii}(t+1) = u_{ii}(t) + q_i(t) - \sum_{p_j \in P} u_{ij}(t) + \omega_i(t+1) - \omega_i(t). \quad (3)$$

Обмеження, що задаються рівняннями динаміки зміни запасів у споживачів дорівнюють:

$$u_{jj}(t+1) = u_{jj}(t) + \sum_{p_j \in P} u_{ij}(t - t_{ij}) + q(t). \quad (4)$$

При обмеженнях, що задаються початковими і кінцевими умовами, маємо:

$$u_{ii}(0) = u_{ii}^0, u_{jj}(T) = 0, \omega_i(T) = 0. \quad (5)$$

Обмеження, що задаються умовами позитивності змінних запасів, постачань і коригуючих змінних мають вигляд:

$$u_{ij}(t) \geq 0, i \neq j, i = j, \omega_i(t) \geq 0. \quad (6)$$

Результати досліджень свідчать, що МДУ дозволяє змінювати структуру мережі всередині періоду $[0, T]$. При цьому також можуть змінюватися вартісні параметри і параметри мережі. Визначено, що можна погоджувати доставку різних вантажів, і змінювати вартість $c_i(t)$ при $\omega_i(t)$, регулюючи міру неспівпадіння ритмів відправлення вантажів у різних відправників. Останнє відноситься до напрямку завдань оперативного планування [3]. На цій основі запропоновано метод коригування програм. Показано, що необхідні і достатні умови розв'язку зазначеного завдання співпадають і мають збалансованість по об'ємах поставок, що можливо вважати перспективним, плановим показником, а сукупність коригуючих змінних в оптимальному рішенні - оперативним показником в межах транспортної системи.

Запропоновано модель, яку можна прийняти за одну з можливих основ узгодження різних рівнів планування: перспективного і оперативного. Наведено метод вирішення, який заснований на зведенні динамічного транспортного завдання із затримками до статичного транспортного завдання в мережевій постановці. За допомогою розкладання динамічного потоку через статичні елементи визначено процедуру перетворення потоку, яка складається з трьох частин: розкладання динамічного потоку в статичний; рішення статичної транспортної задачі; перетворення рішення статичної транспортної задачі в рішення задачі МДУ. Можна бачити, що третя частина пошуку рішення є перетворенням зворотним перетворенню, здійснюваному в першій частині, але вже з відомими значеннями потоків. При цьому вважається, що задана тільки структура споживання товарів. Це означає, що задана програма споживання товарів дозволяє знайти максимально погоджену з нею в економічному сенсі оптимальну структуру виробничої програми постачальників товарів. Тоді ефективний пункт виробництва товарів p буде мати об'єм:

$$q = \sum_{j=1}^n \sum_{t=0}^{T-1} q_j(t), \quad (7)$$

де n - число пунктів споживання.

Вимагається відновити обсяги виробництва товарів з пункту p_i в пункт споживання p_j :

$$q_i(T_0 - T_i + \tau_i), T_i = \max(t_{i1}, \dots, t_{in}), \tau_i = 0, 1, \dots, T_i - t_i + T - 1, t_1 = \min(t_{i1}, \dots, t_{in}).$$

При цьому обмежуючими умовами є наступні:

$$u_{ii}(T_0 - T_i + \tau_i + 1) = u_{ii}(T_0 - T_i + \tau_i) + q_i(T_0 - T_i + \tau_i) - \sum_{j=1}^n u_{ij}(T_0 - T_i + \tau_i + t_{ij}); \quad (8)$$

$$u_{jj}(t+1) = u_{jj}(t) - q_j(t) + \sum_{i=1}^m u_{ij}(t), \quad (9)$$

де m - число пунктів виробництва товарів $t = \overline{0, T-1}$.

Враховуючи (8) і (9) в (7), маємо:

$$q = \sum_{j=1}^n \sum_{\tau_0=0}^{T_1-1+T-1} q_i (-T_i + \tau_i). \quad (10)$$

Визначено, що вираз (10) виконується для умови сукупності витрат:

$$J_1 + J_2 + J_4 \rightarrow \min ,$$

де J_4 - витрати від недопостачання товарів:

$$J_4 = \sum_{i=1}^m \sum_{\tau_1=0}^{T_1-t_i+T-1} F_i (T_0 - T_i + \tau_i) \cdot q_i (T_0 - T_i + \tau_i), \quad (11)$$

де $F_i (T_0 - T_i + \tau_i)$ - виробничі витрати на випуск одиниці об'єму продукції в пункті p_i .

Показано, що в цьому випадку допускається коригування ритмів доставки товарів (вантажів), коли розузгодження ритмів виробництва і споживання занадто велике, а адаптивні властивості транспортної системи вже вичерпані.

Список використаних джерел

1. Голуб Д.В., Біліченко В.В., Аулін В.В. та ін. Методологічний підхід до розв'язання проблеми надійності функціонування автомобільних транспортних систем. Вісник машинобудування та транспорту №19(1), 2024. С. 29-38.
2. Boldyrieva L. Development of transport service management under the conditions of european integration. Economics and national economy management № 1(80), 2021. P. 20-25.
3. Голуб Д.В. Підвищення ефективності управління технологічним процесом доставки на основі аналізу статичних та динамічних резервів транспортної системи. Кропивницький: ЦНТУ, Вип. 7(38). Ч.1, 2023. С. 214-221.
4. Changxiang Lu, Yongjun Fang. A new method to evaluate the coordination of freight transport and economy for sustainable development. Journal of Innovation & Knowledge, Vol. 7, 2022. P. 1-12.
5. Голуб Д.В. Теоретична модель транспортної системи як сукупності взаємодіючих і взаємоперетворюючих елементів та підсистем. Кропивницький: ЦНТУ, № 5(36), Ч.2, 2022. С. 324-334.

Голуб Дмитро Вадимович – к.т.н., доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Dimchik529@gmail.com

Аулін Віктор Васильович – д.т.н., професор, професор кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, AulinVV@gmail.com

Кічура Руслан Петрович – аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, romnik83@ukr.net.

Ювженко Олександр Володимирович – аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, 40101001@gmail.com.

Holub Dmytro – Ph.D. Assoc. Prof, Associate Professor, Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, dimchik529@gmail.com.

Aulin Viktor – Dr. Prof., Professor, Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, AulinVV@gmail.com.

Kichura Ruslan – getter Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, romnik83@ukr.net.

Yuvzenko Oleksandr – getter Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, 40101001@gmail.com.

УДК 621.891

Гупка А.Б., Гевко І.Б., Цьонь Г.Б., Остапчук С.І.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ

Проведено комплекс експериментальних досліджень фізико-механічних властивостей матеріалів вставок гільз, встановлено домінуючі механізми зношування (молекулярно-механічне, корозійне, абразивне) та охарактеризовано вплив структури і складу чавунів на зносостійкість. Запропоновано використання легованих перлітних чавунів як альтернативу біметалічним гільзам із вставками.

Ключові слова: зносостійкість, автомобіль, двигун, гільза циліндра, поршневі та компресійні кільця, зношування, тертя.

A set of experimental studies of the physical and mechanical properties of liner insert materials was conducted, the dominant wear mechanisms (molecular-mechanical, corrosion, abrasive) were established, and the influence of the structure and composition of cast irons on wear resistance was characterized. The use of alloyed pearlitic cast irons as an alternative to bimetallic liners with inserts was proposed.

Keywords: wear resistance, automobile, engine, cylinder liner, piston and compression rings, wear, friction.

Для розробки найбільш ефективних шляхів забезпечення зносостійкості гільз циліндрів досліджено механізм їх зношування в період пуску і прогрівання двигуна, при роботі на оптимальному і пониженому теплових режимах, при різних швидкостях і навантаженнях, а також при запиленні повітря абразивними матеріалом (табл. 1).

В залежності від конструктивних особливостей двигунів, їх пускове зношування змінюється від 2,4 до 23,3% від загального зношування [1]. В двигунах 70-80% від пускового зношування зумовлене затримкою надходження оливи до них: 11-16% - роботою на низькотемпературному режимі при прогріванні двигуна; 9-11% - корозійними процесами, які відбуваються на робочих поверхнях гільз циліндрів двигуна в період простою.

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості матеріалів поверхонь тертя вставок гільз циліндрів двигунів в робочій зоні

Вид досліджень	Текучість (повзучість) %		Пружність, %		Пластичність, %		Мікротвердість, кгс/мм2	
	Відстань від верхнього торця гільзи циліндра, мм							
	5	14	5	14	5	14	5	14
Хонінгування	34,2	28,1	40,8	41,3	59,2	58,7	312-449	421-449
Обкатування (ТУ заводу)	8,2	10,6	39,1	43,2	60,9	56,7	516-702	520-522
Пускові випробування	16,9	7,4	42,9	64,2	13,6	8,6	481-598	1011-1797
Високотем- пературний режим	10,7	7,9	57,7	53,4	42,3	46,6	555- 1248	1248-1757
Абразивне зношування	7,7	15,2	44,8	34,3	55,2	65,7	555- 1120	253-350

Основним видом зношування гільз циліндрів в пусковий період двигуна являється молекулярно-механічне, викликане запізненням надходження оливи в зону тертя гільза-кільця [2]. Металографічні дослідження поверхні тертя вставок гільз циліндра після 750 пусків і прогрівань двигуна показали, що на їх робочих поверхнях pojawiaються пошкодження, викликані безпосереднім динамічним контактом гільз циліндра з кільцями через погіршення умов змащування.

Із таблиці видно, що в таких умовах тертя мікротвердість і пружність матеріалу вставки гільзи в робочій зоні зросли в 3,5 та 1,5 рази, а текучість і пластичність знизилися в 4 і 7 рази.

Рентгеноструктурний і металографічний аналізи показали, що збільшення твердості матеріалу вставки викликано розпадом аустеніта і виділенням з нього мартенситу і високодисперсних карбідів, а також наклепом за рахунок викривлення кристалічної ґратки і подрібнення блоків мозаїки при пластичній деформації поверхневих шарів.

Зношування гільз циліндрів при роботі двигунів на пониженому і нормальному тепловому режимах складають відповідно 15-23 % та 5-14% від їх загального зношування.

Дослідження особливостей зношування гільз циліндрів при роботі двигуна на пониженому тепловому режимі і визначення переважаючого виду зношування в цей період здійснювалося на одноциліндровому відсіку і повнорозмірному двигуні. Експериментально встановлено, що в такому випадку збільшується прорив газів в картер в 1,5 рази, який викликає руйнування масляної плівки в зоні контакту гільза-кільце і насичення її конденсатом, в результаті чого інтенсифікується молекулярно – механічне зношування робочої поверхні гільзи циліндра. Корозійна дія агресивних продуктів згоряння палива виявляється при вмісті сірки вище встановлених норм і в цьому випадку зниження зношування гільз циліндрів досягається застосуванням олив з високою нейтралізуючою здатністю. При роботі двигуна на стандартному паливі застосування зносостійких чавунів повинно сприяти зниженню зношування гільз циліндрів. Випробуваннями двигуна із серійними гільзами зі вставками та дослідними із перлитного чавуну (НВ 220-285) встановлено, що зносостійкість дослідних гільз та кілець спряжених з ними, в 1,1-1,5 рази вище серійних гільз та кілець (табл. 2 і 3)

Металографічні дослідження вставки гільзи циліндра після роботи двигуна на протязі 120 годин на номінальній потужності при температурі води та оливи 90 ± 50 показали, що в зоні верхньої мертвої точки (ВМТ) спостерігаються деформовані ділянки із закритими графітовими включеннями та тріщинами вздовж них, сліди мікрозадирів та вириви металічної основи, викликані пластичною деформацією від безпосереднього динамічного контакту з кільцями та термічною втомністю матеріалу. Мікротвердість матеріалу вставки вище ВМТ зросла в 2,2 рази, а в зоні ВМТ – майже в 4 рази (див.табл. 1). При цьому текучість та пластичність матеріалу знизилися в 3,5 та 1,3 рази, а пружність зросла в 1,4 рази.

Збільшення твердості матеріалу вставки у ВМТ викликано зміною структури аустенітного чавуну сумісною дією тепла, яке виділяється при згоранні палива та генерується при терті, пластичною деформацією поверхні з одночасною механо-хіміко-термічною обробкою продуктами згоряння палива. В результаті виникають складні процеси трансформації металу з утворенням вторинних структур на поверхні із феритно-карбідної суміші та мартенситу тонкої будови в підповерхневих шарах. Приведені вище зміни твердості, текучості, пружності та пластичності матеріалу поверхні вставки гільзи циліндра показують, що при роботі двигуна на високотемпературному режимі виникає постійне чергування процесу розриву та відновлення масляної плівки на місці контакту. Це сприяє подальшому експлуатаційному зміцненню вставки, яке не перевищує значень, за межами яких починається руйнування аустенітного чавуну.

Дослідження показали, що при роботі двигуна на високотемпературному режимі основним видом зношування гільз циліндрів є молекулярно-механічне, зниження якого можливе при використанні чавуну з високою антифрикційністю та зносостійкістю. Дослідження на двигунах гільз циліндрів із перлітних чавунів (НВ 220-285), показали, що

зносоустійкість дослідних гільз та спряжених з ними кілець в 1,2-1,3 рази вище, ніж серійних гільз та кілець в них (табл. 2,3).

Абразивне зношування гільз циліндрів при експлуатації автомобіля знаходиться в межах 40 - 78 % від їх загального зношування [1]. Абразивна зносоустійкість гільз циліндрів із дослідними вставками в двигуні при випробуванні з подачею в зону тертя гільза циліндра - кільця кварцевого пилю в 1,4-2,1 рази вище, ніж без вставки із того ж перлітного чавуну, а при дослідженнях на машинах тертя в 2 рази нижче. Це пояснюється тим, що в двигуні створюються умови для зміцнення матеріалу вставки за рахунок розпаду аустеніту. Однак, зносоустійкість вставки гільзи циліндра в двигуні, при наявності абразива, в зоні тертя знижується майже у два рази, у зв'язку з порушенням динамічної рівноваги між процесами утворення та руйнування захистних вторинних структур (ВС), що викликано миттєвим зняттям, зміцненого при терті шару та додатковим знеміцненням об'ємів, що лежать нижче, дією абразиву, так як в цьому випадку енергія, яка витрачається на зняття поверхневого шару, менша на 2, 3 порядки. Ось чому параметри твердість, текучість та пружність вставки гільзи циліндра в зоні ВМТ знижується відповідно в 1,2-1,5; 2,0 та 1,2 рази, а пластичність зростає в 1,1 рази (див. табл. 1). Одним із міроприємств по зниженню абразивної зносоустійкості гільз циліндра являється використання чавунів з високою твердістю. Дослідження на двигунах гільз із перлітних чавунів (НВ 220-235) показали, що абразивна зносоустійкість дослідних гільз та кілець в них в 1,1-1,3 рази вище, ніж серійних гільз та кілець (рис.1,2).

Дослідження поверхні тертя вставок гільз після експлуатаційних досліджень двигунів показали, що їх твердість в зоні ВМТ в 2-3 рази нижча, ніж після роботи на стенді при відсутності подачі абразиву в гільзи циліндра, та в 1,03-1,4 рази вище, ніж після дослідження на абразивну зносоустійкість (див.табл. 1), що вказує на значну долю абразивного зношування гільз циліндрів в період експлуатації [1].

Стенові та експлуатаційні дослідження показали, що утворення в процесі роботи двигуна специфічного рельєфу та властивостей поверхні вставок гільз циліндрів приводить до суттєвого зниження інтенсивності їх зношування.

Таким чином, в процесі роботи двигуна проходить зміцнення вставки гільзи циліндра, в результаті чого зменшується поверхнева та підповерхнева деформація, утворюється поверхневий антифрикційний шар із феритно-карбідної суміші, який являється джерелом утворення захистних ВС I типу (твердий розчин кисню в залізі), із різко вираженою гетерогенністю по механічних властивостях (твердість), фізико-хімічних показниках (адгезія оливи), та характеристиках топографії поверхні (чергування виступів та западин). Гетерогенний стан робочої поверхні вставок гільз циліндра по всіх показниках забезпечує їм високу антифрикційність та зносоустійкість.

Аналіз зносоустійкості гільз циліндрів із різних чавунів та дослідження механізму їх зношування показали, що основним видом зношування гільз являється абразивне, зниження якого досягається зменшенням циклічності утворення та руйнування ВС I типу. Для забезпечення високої абразивної зносоустійкості гільз циліндрів та кілець необхідно: підвищити вихідну твердість та антифрикційність чавуну для гільз циліндрів; забезпечити хімічним складом структури з максимальною схильністю до зміцнення в процесі роботи двигуна для зниження поверхневої та підповерхневої деформації гільзи циліндра кільцями.

Експериментально встановлено, що досягнення цих вимог можливе за рахунок: гетерогенної високодисперсної структури чавуну з наявністю в ній м'якої металічної складової, яка являється джерелом утворення ВС I типу; високої об'ємної міцності та твердості, теплопровідності, теплоємності чавуну та графіту в ньому певної форми, розміру, розміщення та кількості. Для можливої заміни біметалічних гільз із вставкою на монометалічні проведено комплекс експериментальних досліджень по виготовленню гільз циліндрів із перлітних чавунів з твердістю НВ 220-280, які забезпечують дані вимоги за рахунок високодисперсної металічної основи, зміцненої евтектичними залізохромистими карбідами в кількості 10-15% по об'єму, з пластинчастим, прямим та завихреним графітом

рівномірного та нерівномірного розміщення, довжиною 45-180 мкм, в кількості 10-12% по площі. Такий чавун в процесі тертя забезпечує послідовне збіднення структури м'якими складовими (феритом) та збагачення твердими (евтектоїдним цементитом, евтектичними карбідами та фосфідною евтектикою), в результаті чого на поверхні гільз циліндра утворюються захистні ВС з високою міцністю та низькою циклічністю їх утворення та руйнування.

Таблиця 2 – Експлуатаційні характеристики верхніх поршневих кілець

Характеристики процесу зношування	Досліджувані гільзи циліндрів	
	серійні	дослідні
По висоті, мкм	6.8	5.5
По товщині, мкм	6.8	4.2
Зміна зазору в замку, мкм	370	330
Зміна ваги, г	0.22	0.18

Таблиця 3 – Експлуатаційні характеристики верхніх і нижніх поршневих кілець

Тип кільця	Середнє зношування, мкм	
	серійні	дослідні
Перші компресійні кільця	1.7	1.3
Другі компресійні кільця	0.75	0.5
Треті компресійні кільця	0.93	0.8
Диски маслоз'ємних кілець	0.83	0.8

Дослідження гільз із перлитного чавуну, зміцненого складнолегованими та евтектичними карбідами за рахунок комплексного легування Cr (0,6-1,2%), V (0,15-0,35%), Cu (0,8-1,5%), показали, що по припрацюванню та по зносостійкості монолітні гільзи циліндрів та кільця не поступаються серійним гільзам зі вставками та їх кільцям (табл. 2,3). Металографічними дослідженнями поверхні тертя монолітних гільз після їх експлуатації встановлено, що вони менше піддаються поверхневій та підповерхневій деформації ніж вставки, завдяки високій твердості матеріалу і низькому коефіцієнту тертя, запобігаючи мікросхоплюванню кілець з поверхнею гільзи при даних питомих тисках та швидкостях ковзання. Таким чином, проведені експериментальні дослідження підтвердили можливість заміни високовартісних біметалічних гільз з нирезистовою вставкою на монометалічні із економно легованих перлитних чавунів.

Список використаних джерел

1. Aulin, V., Gypka, A., Liashuk, O., Stukhlyak, P., & Hryniv, A. (2024). A comprehensive method of researching the tribological efficiency of couplings of parts of nodes, systems and aggregates of cars. *Problems of Tribology*, 29(1/111), 75–83. <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2024-111-1-75-83>
2. Gypka A. The tribology of the car: Research methodology and evaluation criteria / O. Lyashuk, Y. Pyndus, V. Gupka, M. Sipravska, M. Stashkiv // ICCPT 2019: Current Problems of Transport : Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine. R. - 231-237. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3387620>

Гупка Андрій Богданович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів факультету інженерії машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Гевко Іван Богданович – доктор технічних наук, професор, кафедри автомобілів факультету інженерії машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Цьонь Ганна Богданівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин факультету інженерії машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Остапчук Степан Ігорович – аспірант кафедри автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Andrii Bogdanovich Gypka – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobiles, Faculty of Engineering of Machines, Structures and Technologies of Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University

Ivan Bogdanovich Gevko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automobiles, Faculty of Engineering of Machines, Structures and Technologies of Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University

Hanna Bogdanivna Tson – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Mechanics and Agricultural Machinery, Faculty of Engineering of Machines, Structures and Technologies of Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University

Stepan Igorovich Ostapchuk – Postgraduate Student of the Department of Automobiles, Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University

УДК 621. 787.4

Дзюра В.О., Дживак Т.Я., Бица Р.О.

НОВІ КОНСТРУКЦІЇ ШАТУННИХ ВКЛАДИШІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

Для забезпечення експлуатаційних властивостей поверхонь шатунних вкладишів створюють складну багатошарову та поліметалеву його структуру, де кожен шар виконує певні функції. Однак навіть при незначних перевантаженнях його функціональна здатність може бути порушена за рахунок утворення експлуатаційних дефектів. Одним із найпоширеніших дефектів є задири, що утворюються внаслідок схоплювання II роду, яке має місце при відсутності масляної плівки, високих температурах та питомих тисках. Запропоновано технічні рішення для запобігання утворенню таких дефектів в певному діапазоні значень на основі аналізу кривої Герсі-Штрибека.

Ключові слова: шатунні вкладиші, дефекти, схоплювання, мікрорельєфи, маслоємність, поверхня.

To ensure the operational performance of connecting rod bearing surfaces, a complex multilayer and polymetallic structure is created, where each layer performs specific functions. However, even under slight overloads, its functional integrity may be compromised due to the formation of operational defects. One of the most common defects is scuffing, which results from type II adhesion occurring in the absence of an oil film, under high temperatures, and specific pressures. Technical solutions have been proposed to prevent the formation of such defects within a certain range of values, based on an analysis of the Herschel–Stribeck curve.

Key words: connecting rod liners, defects, seizure, microreliefs, oil capacity, surface

Шатунні вкладиші у двигунах внутрішнього згорання є важливим, складним та важконавантаженим елементом пари тертя шатун – шийка колінчастого вала. На поверхню шатунного вкладиша діють значні питомі зусилля та високі температури [1, 2]. Навіть незначні перевантаження призводять до підвищення питомих тисків та робочих температур, що може пошкодити структуру та поверхню шатунного вкладиша. При цьому в таких умовах тертя масляний шар може значно зменшитись, що призводить до зміни режиму тертя.

Залежність режиму тертя від швидкості взаємного переміщення спряжених деталей відображається діаграмою Герсі-Штрибека. При наявності достатнього мастильного шару та достатньо високих швидкостей (в межах допустимих регламентом) забезпечує режим рідинного тертя. При цьому товщина масляного шару значно більша величини шорсткості поверхні. При зменшенні швидкості взаємного переміщення масляний шар зменшується, що зумовлює гідродинамічний (змішаний) режим тертя. Товщина масляного шару приблизно рівна висоті шорсткості. При зростанні навантаження та зменшенні швидкості переміщення товщина масляного шару прямує до мінімального значення і, практично зникає.

Для забезпечення низьких значень коефіцієнтів тертя шорсткість поверхні забезпечують мінімальною. Однак не завжди низькі значення шорсткості забезпечують найкращі експлуатаційні властивості поверхні. При низьких значеннях параметра шорсткості маслоємність поверхні різко зменшується [3]. Однак високі значення шорсткості забезпечують низькі експлуатаційні властивості поверхні. Щоб вирішити це технічне протиріччя на робочих поверхнях деталей машин запропоновано формувати регулярні мікрорельєфи – це штучно створені мікронерівності, які забезпечують покращення експлуатаційних властивостей поверхні, зокрема: збільшення мікротвердості поверхні та збільшення її маслоємності.

Формування таких мікрорельєфів значно покращує експлуатаційні властивості поверхні, зокрема збільшує її мікротвердість [4].

При цьому на робочих поверхнях формуються сітка каналів, площа яких становить 35-45% від загальної площі поверхні, глибина яких становить від 10 до 30 мкм.

Форма канавок може бути різною, однак оптимальне значення кута їх перетину при прямолінійній формі канавок становить 35-50°.

Зменшення фактичної площі контакту та опорної площі поверхні вкладиша та шийки колінчастого вала за рахунок формування сітки канавок є незначним, враховуючи той факт, що фактична площа контакту ніколи не рівна геометричній площі контакту сопряжених деталей. Це зменшення компенсується забезпеченням гарантованого масляного шару в зоні контакту пари тертя.

Технологія формування таких мікрорельєфів на плоских та циліндричних поверхнях однорідних металевих поверхнях є відома та добре вивчена. Однак шатунний вкладиш має багат шарову та поліметалеву структуру, що значно ускладнює формування такого мікрорельєфу, оскільки потребує визначення на якому етапі формувати канавки та якою повинна бути послідовність металевих шарів та їх товщини. Крім цього вкладиш відноситься до класу деталей, що характеризуються низькою жорсткістю, оброблення яких потребує спеціального обладнання – оправок. Враховуючи форму вкладишів у вигляді половини циліндра можливі два варіанти технології формування канавок мікрорельєфів: обкочування методом копіювання та обробка в касеті.

Розглянемо запропоновану будову шатунних вкладишів. Шатунний вкладиш із регулярним мікрорельєфом (рис. 1) виконано у вигляді прямокутної пластини 1 шириною B_{ring} рівною ширині шатунної шийки колінчастого вала, яка знаходиться в діапазоні від 15 до 25 мм та товщиною T_{ring} рівною від 2 до 5 мм, яка вигнута у формі напівкола внутрішнім діаметром R_{ring} рівному зовнішньому діаметру шатунної шийки колінчастого вала. У шатунному вкладиші виконано центральний наскрізний отвір 2, діаметром 2-5 мм, вісь якого співпадає із геометричним центром шатунного вкладиша. Також на внутрішній робочій поверхні шатунного вкладиша виконано масляний канал 3 глибиною канавок h_o , який розміщений посередині повздовжньої осі симетрії пластини, довжина якого рівна довжині пластини між її торцями.

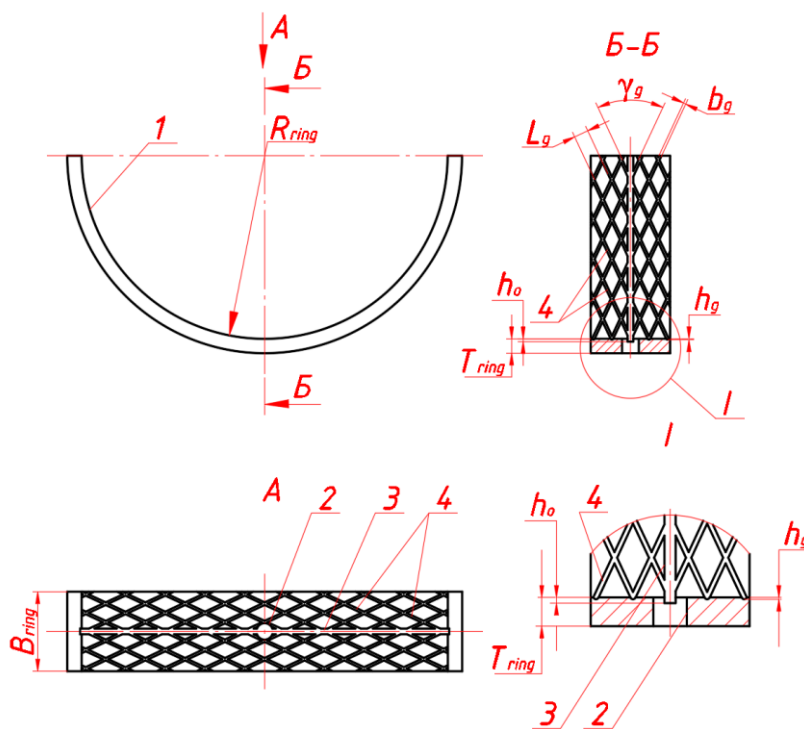


Рисунок 1 – Шатунний вкладиш удосконаленої конструкції із регулярним мікрорельєфом

На внутрішній циліндричній поверхні вкладиша виконано регулярний мікрорельєф у вигляді сітки каналів 4 шириною канавок b_g та глибиною канавок h_g в межах 10-30 мкм для автомобільних двигунів внутрішнього згорання, осі яких перетинаються між собою під кутом $\gamma_g = 35-50^\circ$, а відстань між ними L_g є такою, що сумарне значення площі канавок мікрорельєфу повинно становити 35-45% від загальної площі робочої поверхні шатунного вкладиша на якій вони розміщені.

Іншу конструкцію шатунного вкладиша із регулярним мікрорельєфом об'ємного виду зображено на (рис. 2). Він також виконаний у вигляді прямокутної пластини 1 шириною B_{ring} рівною ширині шатунної шийки колінчастого вала та товщиною T_{ring} , яка вигнута у формі напівкола внутрішнім діаметром R_{ring} рівному зовнішньому діаметру шатунної шийки колінчастого вала. У шатунному вкладиші виконано центральний наскрізний отвір 2, діаметром 2-5 мм, вісь якого співпадає із геометричним центром шатунного вкладиша. Також на внутрішній робочій поверхні шатунного вкладиша виконано масляний канал 3 глибиною канавок h_o , який розміщений посередині повздовжньої осі симетрії пластини, довжина якого рівна довжині пластини між її торцями. На внутрішній циліндричній поверхні вкладиша виконано регулярний мікрорельєф у вигляді прямолінійних канавок із шириною b_g із виступами 4 довжиною L_s та западинами 5 довжиною L_g та глибиною h_g в межах 10-30 мкм. Осі канавок мікрорельєфу не перетинаються між собою та перпендикулярні осі вкладиша. Западини 5 сусідніх канавок розташовані таким чином, що мають спільну сторону довжиною L_c .

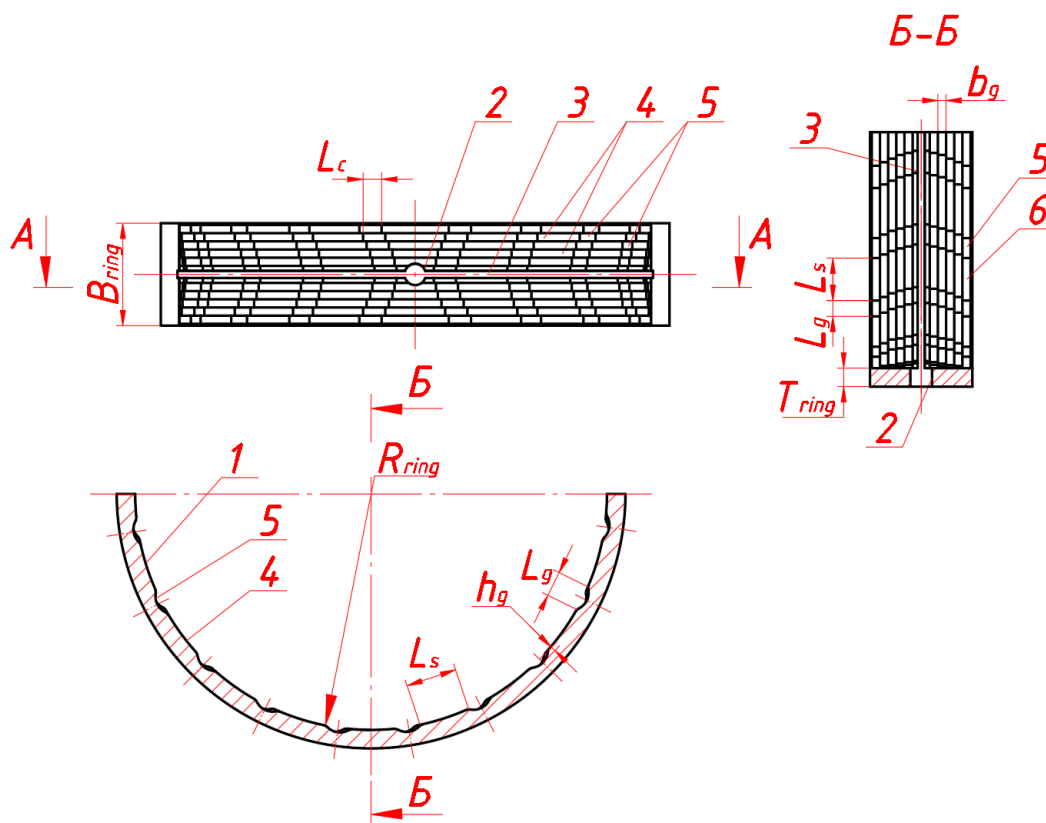


Рисунок 2 – Шатунний вкладиш удосконаленої конструкції із регулярним мікрорельєфом об'ємного виду із зміщеними канавками

Шатунні вкладиші працюють наступним чином. При встановленні вкладишів на місце їх дислокації у шатуні, їх внутрішня робоча поверхня взаємодіє із зовнішньою циліндричною поверхнею шийки колінчастого вала. При роботі двигуна мастило через центральний наскрізний отвір 2 потрапляє в масляний канал 3. За рахунок високого робочого тиску у двигуні та швидкого обертання шийки колінчастого вала мастило розтікається по западинах 5 канавок, а за рахунок спільних сторін довжиною L_c западин має можливість потрапляти до

сісідніх канавок мікрорельєфу, створюючи таким чином гарантований масляний шар. Таким чином забезпечується потрапляння мастила на всю робочу поверхню шатунного вкладиша шириною B_{ring} рівною ширині шатунної шийки колінчастого вала.

Таким чином запропоновано удосконалити конструкцію шатунних вкладишів шляхом формування на їх поверхні регулярних мікрорельєфів, які забезпечать збільшену маслоємність поверхні та гарантований масляний шар, що в свою чергу забезпечить режим гідродинамічного тертя навіть при невисоких швидкостях обертання спряжених деталей.

Запропоноване технічне рішення значно підвищить граничну температуру початку процесу утворення схоплювання II роду, наслідком якого є утворення задирів. При незначних переважаннях вкладиша умови для зародження процесу схоплювання взагалі не утворюватимуться. Це дозволить значно зменшити ймовірність утворення критичних дефектів, що утворюються в процесі експлуатації та потребують капітального ремонту двигуна.

Список використаних джерел

1. Wos, S., Koszela, W., & Pawlus, P. (2020). Comparing tribological effects of various chevron-based surface textures under lubricated unidirectional sliding. *Tribology International*, 146, 106205. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106205>
2. Yang, P.; Li, C.; Bin, G.; Miao, H.; Gu, F. Erosion wear patterns of turboshaft engine compressor under different radial inlet distortion conditions. *Tribol. Int.* 2024, 198, <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2024.109907>
3. Dzyura, V.; Maruschak, P. Optimizing the Formation of Hydraulic Cylinder Surfaces, Taking into Account Their Microrelief Topography Analyzed during Different Operations. *Machines* 2021, 9, 116. <https://doi.org/10.3390/machines9060116>
4. Slavov, S.D.; Dimitrov, D.M.; Mincheva, D.Y.; Dzyura, V.; Maruschak, P.; Semehen, V. Microstructure and Microhardness Research of Steel 304 After Forming Partially Regular Reliefs by Ball Burnishing Operation. *Materials* 2025, 18, 1565. <https://doi.org/10.3390/ma18071565>

Дзюра Володимир Олексійович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів факультету інженерії, машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Бица Роман Олегович – докторант кафедри автомобілів факультету інженерії, машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Дживак Тарас Ростиславович – аспірант кафедри автомобілів факультету інженерії, машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

Dzyura Volodymyr – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobiles, Faculty of Engineering of Machines, Structures and Technologies, Ternopil Ivan Puluj National Technical University

Bytsa Roman – doctoral student, Ph.D. of the Department of Automobiles, Faculty of Engineering of Machines, Structures and Technologies, Ternopil Ivan Puluj National Technical University

Dzhyvak Taras – Ph.D. student of the Department of Automobiles, Faculty of Engineering of Machines, Structures and Technologies, Ternopil Ivan Puluj National Technical University.

УДК 691.175

Домненко М.Г., Колесникова І.М.

АНАЛІЗ ПРИЧИН, ЩОДО ПІДПАЛІВ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Навмисні підпали автомобільної техніки дедалі більше поширюються регіонами України. У роботі розглянуто деякі причини виникнення цього явища та намічено шляхи суттєвого зменшення або припинення розповсюдження цього явища.

Ключові слова: підпали, противник, тероризм, інформаційно-психологічна операція.

Intentional arson of automobiles is increasingly spreading across the regions of Ukraine. The paper examines some of the causes of this phenomenon and outlines ways to significantly reduce or stop the spread of this phenomenon.

Key words: arson, enemy, terrorism, information and psychological operation.

За повідомленнями правоохоронних органів (рис. 1) в Україні останніми роками зберігається стійка тенденція до зростання навмисних підпалів автомобілів. Вважається, що початком такого явища був травень 2024 року. За даними МВС України у цьому році їх сталося 184, а за два місяці 2025 року їх кількість зросла аж до 266.

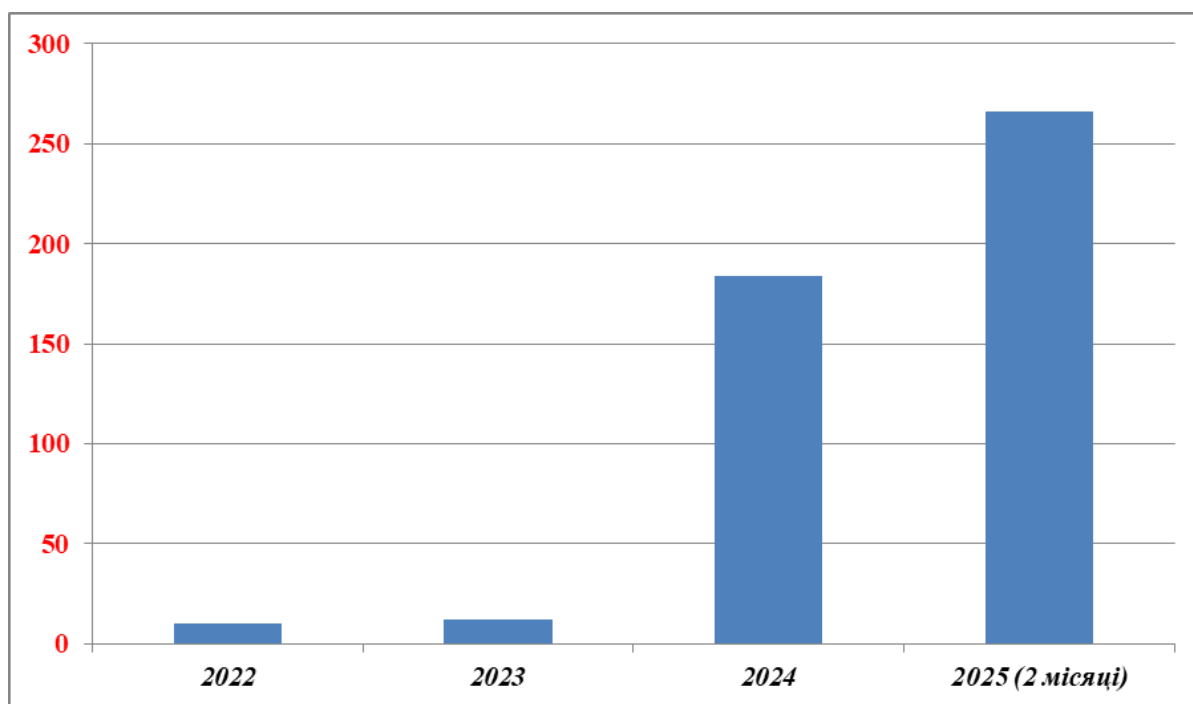


Рисунок 1 – Статистичні дані кількості підпалів автомобілів за період з 2022 по початок 2025 року

Оскільки до раптового сплеску у 2024 році кількість підпалів авто становила 10-12 на рік (0,8-1 на місяць), то можна стверджувати що ці дані є середнім значенням таких випадків. Причина їх виникнення – правопорушення кримінального характеру осіб, які їх вчиняли. Віднявши середнє значення таких випадків від їх загальної кількості у 2024 році можна стверджувати, що у 2024 році таких випадків відбувалося вже 14-15 на місяць. Це можна побачити із простих розрахунків:

$$(184 - 12) : 12 = 14,33 \approx 14 \text{ випадків};$$

$$(184 - 10) : 12 = 14,5 \approx 15 \text{ (випадків)}.$$

Розрахунки та статистичні дані МВС свідчать про те, що у 2024 році відбувся раптовий сплеск кількості подібних випадків з 0,8-1 випадків на місяць у 2022-2023 роках до 14-15 – у 2025 році. У 2025 році під час подібних подій було знищено 300 автомобілів (темп їх знищення – 150 автомобілів на місяць). Як бачимо, різниця між кількістю підпалів і кількістю знищених автомобілів у поточному році становить 17 машин. Цей факт можна пояснити тим, що паркування автомобілів у міській забудові здійснюється впритул одного авто до іншого. Оскільки підпали відбуваються у нічну пору доби, то загоряння одного із автомобілів призводить до підпалу сусіднього (сусідніх).

Причинами такого явища слід вважати обставини, які пов'язані із цілеспрямованою дією зловмисників та відсутністю можливості паркування авто на спеціально відведених майданчиках (будівлях) або за умов безпечного їх розміщення на певній відстані одне від одного. Майданчики (будівлі) повинні мати сучасні засоби охорони, швидкого виявлення осередків пожеж, продуманої системи екстреної евакуації машин та бути укомплектованими підготовленим персоналом, який здатний забезпечити їх зберігання, термінову евакуацію та убезпечення захисту від дії кримінальних осіб і надзвичайних ситуацій мирного та воєнного часу.

Водночас за даними Нацполіції, наприклад, від початку 2024 року та станом на 23 липня того ж року зареєстровано 98 кримінальних порушень за фактами підпалів 110 автомобілів, які належать військовим, перебувають на балансі військових частин, або належать цивільним і використовуються для потреб військових.

Для розуміння масштабів проблеми на рис. 2 подано дані щодо чисельності зареєстрованих кримінальних правопорушень щодо підпалів 98 автомобілів у 2024 році.

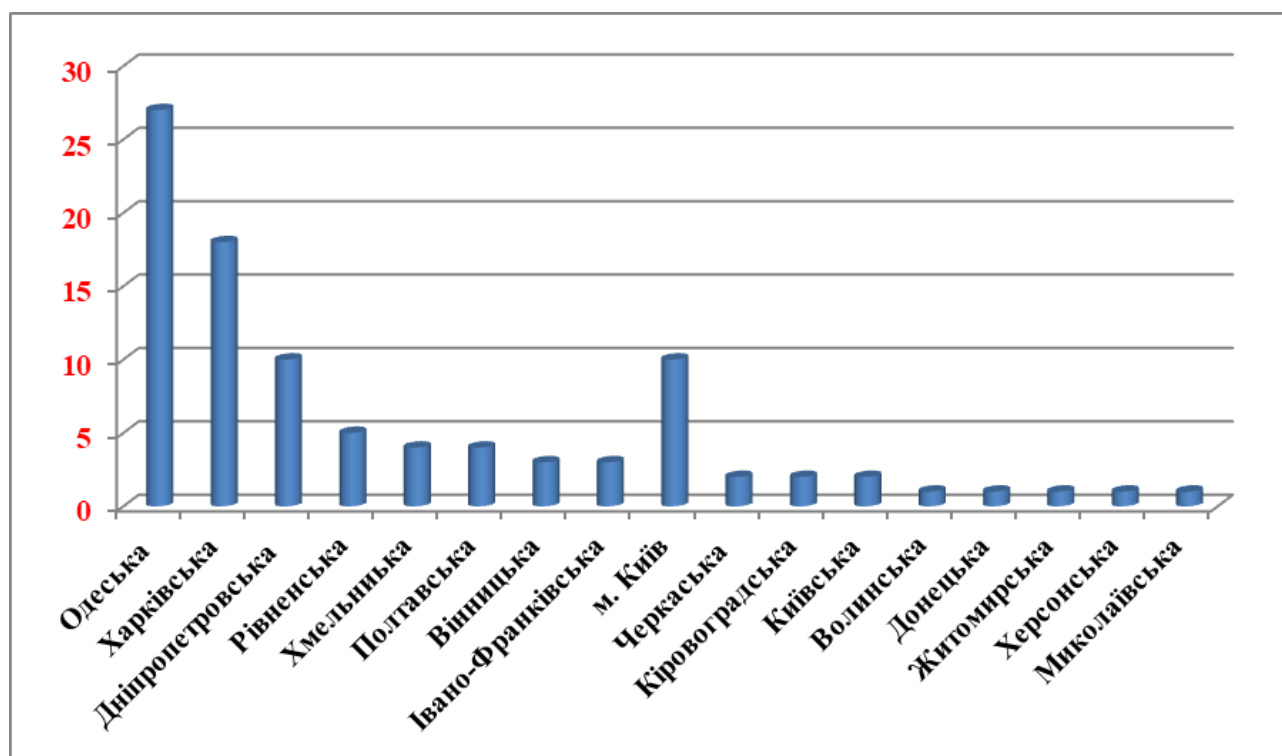


Рисунок 2 – Чисельність зареєстрованих кримінальних правопорушень щодо підпалів 98 автомобілів у 2024 році.

За даними Національної поліції та СБУ сплеск випадків підпалів з травня 2024 року пояснюється тим, що в результаті спланованих російськими спецслужбами інформаційно-психологічних операцій (далі – ІПСО), які мали за мету дестабілізацію криміногенної обстановки в Україні, заохочували неповнолітніх для підпалів автомобілів військово-службовців ЗСУ та волонтерів за гроші. Іншим завданням ІПСО є дезінформаційна компанія,

метою якої є показати, що в Україні нібито існує активне підпілля, що в такий спосіб виступає проти мобілізації.

Зазвичай куратори шукають виконавців через Телграм-канали та спочатку дають їм легкі завдання, наприклад, розклеїти листівки, а лише потім переходять до замовлення підпалу. Переважна більшість виконавців, близько 90 %, хоче заробити легкі та швидкі гроші. За виконання підпалів їм обіцяють від 700 до 3 000 доларів, але ще не зафіксовано жодного випадку, коли хтось отримав заявлену винагороду.

І треба погодитися, противник у цьому питанні має певні успіхи.

Правоохоронці стверджують: “Підлітків використовують цинічно. Неповнолітні для них в пріоритеті. І замовники це не приховують, не намагаються якось замаскувати. Вони кажуть: “Спали автомобіль військових”. “Так мені 12 років?”. “Нічого. Бери своїх друзів, спалюй, тобі нічого не буде”.

“Ми багатьох таких дітей виявляли, працювали з ними. Вони взагалі не вбачають в цьому якоїсь небезпеки. Діти хочуть грошей і не розуміють, що такий підпал матиме для них якийсь наслідок”.

Саме тому правоохоронці неодноразово зверталися до Міносвіти з проханням провести в навчальних закладах бесіди та роз'яснити учням, хто і навіщо їх намагається використати. А також закликають батьків говорити про це зі своїми дітьми.

В Україні ведеться дискусія про заборону Телеграму. Саме через цей додаток найчастіше і вербують українців на підпали та інші диверсії. Але не факт, що блокування може допомогти, кажуть в СБУ.

“Ми вже не раз досліджували це питання. Блокування Телеграму може частково вирішити цю проблему, лише на деякий час. Але вони вийдуть через інший месенджер, зараз таких додатків просто маса”.

Отже, тільки клопітливою роботою працівників Міністерства освіти і науки, засобів масової інформації, батьків та близьких родичів можна кардинально змінити ситуацію щодо зменшення випадків навмисних підпалів транспортних засобів військовослужбовців та осіб які допомагають армії.

Список використаних джерел

1. Ворожі ІПСО. Як визначити та протистояти. Практичний посібник. Видавничий дім «С К І Ф», Київ – 2023, 98с.
2. Національна безпека України в умовах воєнного стану / укладачі Р. Алієв, О. Джус, І. Копотун, І. Короватнік. Київ, Професіонал 2024-480 с.
1. "Спалюй, тобі нічого не буде". Як українців вербують на підпали військових авто. <https://www.bbc.com/ukrainian/articles/ckg7j5w23ewo>.
3. Нацполіція спостерігає «тенденцію до збільшення» випадків підпалів авто військових. <https://www.radiosvoboda.org/a/news-natspolitsia-vypadky-pidpaliv-avto-viiskovyh/33168380.html>.
4. Жодного палія автівок військових за грати не посадили: офіційна статистика. https://auto.24tv.ua/zhodnoho_paliia_avtivok_viiskovykh_za_hraty_ne_posadyly_ofitsiina_statystyka_n57279.
5. Основні наративи дезінформації, які формують війну та її вплив на кінетичну війну. file:///D:/%D0%97%D0%B0%D0%BD%D1%8F%D1%82%D1%82%D1%8F%202024%20-%202025/%D0%86%D0%9F%D0%A1%D0%9E-25.06.2024%20-%2028.07.2024/Fedchenko_Osnovni_naratyvy_dezinformatsii_yaki_formuiut_viinu_ta_yii_vplyv_na_kinetychnu_viinu.pdf.
6. ІНФОРМАЦІЙНО-ПСИХОЛОГІЧНИЙ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ І СИЛОВИЙ ВИМІРИ ГІБРИДНИХ ЕКСПАНСІЙ. <file:///D:/%D0%97%D0%B0%D0%BD%D1%8F%D1%82%D1%82%D1%8F%202024%20-%202025/%D0%86%D0%9F%D0%A1%D0%9E-25.06.2024%20-%2028.07.2024/Markiv%20229-245.pdf>.

Домненко Микола Григорович, викладач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: mikoladomnenko568@gmail.com

Колесникова Інна Миколаївна, викладач кафедри військової підготовки Вінницький національний технічний університет, місто Вінниця, e-mail: innakolesnykova153@gmail.com

Domnenko Mykola Grigorovich, lecturer at the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, e-mail: mikoladomnenko568@gmail.com

Kolesnikova Inna Mykolaivna, lecturer at the Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: innakolesnykova153@gmail.com

УДК 629.113

Захарчук В.І., Ярошук В.В.

ПЕРЕОБЛАДНАННЯ ДИЗЕЛЯ ДЛЯ РОБОТИ НА СКРАПЛЕНОМУ НАФТОВОМУ ГАЗІ

На даний час важливим завданням є заміна нафтових палив альтернативними паливами. Проаналізовано особливості використання газових палив в дизелях. Описано технологію переобладнання дизеля в газовий двигун з іскровим запалюванням для роботи на пропан-бутані. Висвітлені результати експериментальних досліджень газового двигуна.

Ключові слова: дизель, газовий двигун, іскрове запалювання, скраплений нафтовий газ, пропан-бутан

Currently, it is important to replace oil fuels with alternative fuels. The features of the use of gas fuels in diesel are analyzed. The technology of conversion of diesel into a gas engine with a spark ignition to work on propane-butane is described. The results of experimental studies of the gas engine are highlighted.

Key words: diesel, gas engine, spark ignition, liquefied petroleum gas, propane-butane

Неминуче виснаження нафтових родовищ, підвищення світових цін на нафту, постійне посилення вимог до екологічних показників автомобільних двигунів (зокрема, дизелів) змушують шукати заміну традиційному нафтовому моторному паливу. Скраплений газ є одним з альтернативних палив, що найбільш технологічно пристосоване для використання в двигунах внутрішнього згоряння та енергоустановках різного призначення.

Одним із способів ефективного використання скрапленого газу є переобладнання існуючих дизелів для роботи на цьому альтернативному паливі. Створення провідними фірмами світу газових двигунів на базі дизелів, які задовольняють найбільш жорстким нормам щодо шкідливих викидів, свідчить про доцільність переобладнання дизелів в газові двигуни.

Особливо значного поширення газові двигуни набувають на міських та приміських автобусах. На підтвердження цього слід сказати, що зараз в Західній Європі експлуатується на метані більше 2500 міських автобусів тільки однієї марки MAN Lions Siti з газовими двигунами серії D2866, створеними на базі дизелів [1].

Підсумовуючи вищесказане виникла необхідність оцінити можливість конвертації дизелів без наддуву, які експлуатуються в нашій державі, а також уточнити деякі результати попередніх досліджень, які є суперечливими [2]. Для цього в лабораторії автомобільних двигунів Луцького національного технічного університету було переобладнано для роботи на скрапленому нафтовому газі дизельний двигун Д-243, який широко застосовується на сільськогосподарській техніці та дорожніх транспортних засобах. Ставилося за мету здійснити саме просте переобладнання, яке можна виконувати в умовах автотранспортних підприємств та сервісних центрів зі встановлення газобалонного обладнання. Тобто на перше місце було поставлено завдання зменшення витрат на паливо при виконанні перевезень.

Відомо, що одним із способів підвищення потужності і покращення паливної економічності ДВЗ є збільшення ступеня стискання. З виконаного аналізу термічного ККД і середнього тиску циклу Отто зроблено висновок, що в даному циклі доцільно здійснювати робочий процес реального двигуна із ступенями стиску, що не перевищують $\varepsilon=11$. На першому етапі досліджень розроблена математична модель і програма розрахунку на ПЕОМ робочого циклу газового двигуна, яка дозволяє визначити його потужності та економічні показники і отримати оптимальні значення параметрів конструкції та робочого циклу двигуна.

Аналіз отриманих даних засвідчив можливість роботи двигуна Д-243 на газі. Зменшення середнього ефективного тиску пов'язане із зменшенням механічного ККД; збільшення

питомої ефективної витрати палива обумовлене застосуванням більш багатих горючих сумішей; зменшення ефективної потужності є незначним і пов'язане із зменшенням коефіцієнта наповнення циліндрів та застосуванням палива із нижчою теплотою згорання.

Другим етапом досліджень стало переобладнання дизеля в газовий двигун. На переобладнаному двигуні замість форсунок встановлено іскрові свічки запалювання фірми BRISK, паливний насос високого тиску переобладнано для кріплення переривача-розподільовача, вал якого приводиться в рух від кулачкового вала насоса, встановлено безконтактне електронне запалювання з датчиком Хола в переривачі-розподільнику. На впускному колекторі встановлено газовий змішувач марки СГ-250, а також газовий редуктор низького тиску та інше газове обладнання. Характеристика газового редуктора тиску була узгоджена з витратними характеристиками двигуна. Ступінь стиску газового двигуна зменшено з 16 до 11 одиниць шляхом встановлення під головку блоку циліндрів 3-х прокладок загальною товщиною 5 мм (двох штатних металоазбестових і однієї із листового дюралюмінію між ними). Тобто дизель конвертували в двигун з зовнішнім сумішоутворенням та іскровим запалюванням встановленням системи запалювання чотирициліндрового бензинового двигуна. Переобладнання дизеля в газовий двигун здійснювалось з можливістю зворотної конвертації в дизель.

Експериментальні випробування конвертованого газового двигуна включали моторні дослідження на електричному гальмівному стенді КИ-4893 ГОСНИТИ. Витрата повітря вимірювалась ротаційним газовим лічильником РГ-250 з номінальною витратою $250 \text{ м}^3/\text{год}$. Витрата газу вимірювалась ваговим способом. Частота обертання колінчастого вала вимірювалась за допомогою тахометра електричного ТЭ-204 з датчиком ДТЭ-2. Температура відпрацьованих газів вимірювалась у впускному колекторі на виході з кожного циліндра за допомогою авіаційних термоелектричних термометрів з хромель-копелієвими термопарами ТЦТ-13.

Газовий аналіз здійснювався за допомогою газоаналізуючої апаратури: оксид вуглецю і вуглеводні – Інфракар, оксиди азоту – 344 ХЛ 011. На початку випробувань був визначений і встановлений оптимальний кут випередження запалювання. Потужність двигуна при роботі на пропан-бутані залишилась на рівні базового дизеля. Витрата палива є дещо більшою.

Доцільно, в першу чергу, переобладнувати в газові двигуни дизелі міських автобусів. Особливо виправданим є переобладнання дизелів при необхідності ремонту їх циліндро-поршневої групи і паливної апаратури. Тому, що дизельна паливна апаратура просто демонтується, а при ремонті циліндро-поршневої групи здійснюється одночасно зменшення ступеня стиску.

Список використаних джерел

1. G.T. Chala, A.R.A. Aziz, F.Y. Hagos Natural gas engine technologies: Challenges and energy sustainability issue/ Energies, 19961073, 11 (2018), [10.3390/en11112934](https://doi.org/10.3390/en11112934) [View at publisherGoogle Scholar](#)
2. Zakharchuk, V., Zakharchuk, O., Tolstushko, M., Tolstushko, N. (2024). Improving performance of wheeled tractor with gas engine as part of transport machine unit. Engineering For Rural Development, Vol. 23, 488-494. <http://dx.doi.org/10.22616/ERDev.2024.23.TF091>.

Захарчук Віктор Іванович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів і транспортних технологій факультету транспорту та механічної інженерії Луцького національного технічного університету

Ярошук Віктор Віталійович – аспірант кафедри автомобілів і транспортних технологій факультету транспорту та механічної інженерії Луцького національного технічного університету

Viktor Zakharchuk – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Cars and Transport Technologies of the Faculty of Transport and Mechanical Engineering of Lutsk National Technical University

Viktor Yaroshchuk – Postgraduate Student of the Department of Cars and Transport Technologies of the Faculty of Transport and Mechanical Engineering of Lutsk National Technical University

УДК 621.43:621.317

Ільченко А.В.

ПОХИБКА РОЗРОБЛЕНОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ВИТРАТ БІОПАЛИВ ДВИГУНОМ АВТОМОБІЛЯ

Розраховано чисельне значення відносної похибки розробленого методу визначення та контролю витрат біопалив на прикладі автомобіля з дизельним двигуном ГАЗ-33060. Для аналізу обрано експериментальні дані, що отримано на стенді з біговими барабанами в діапазоні швидкостей відносного руху автомобіля 65-95 км/год за використання в якості біопалива суміші дизельного палива та ріпакової олії об'ємною концентрацією 15 %. Доведено, що середня похибка запропонованого методу визначення та контролю витрат біопалив в даному випадку відносно значень витрат, отриманих експериментально, не перевищує 2,1 %.

Ключові слова: автомобіль, дизельний двигун, біопаливо, ріпакова олія, витрата палива, контроль витрат, метод визначення витрат біопалив.

The numerical value of the relative error of the developed method for determining and controlling biofuel consumption was calculated using the example of a car with a GAZ-33060 diesel engine. Experimental data obtained on a bench with running drums in the range of relative vehicle movement speeds of 65-95 km/h using a mixture of diesel fuel and rapeseed oil with a combined concentration of 15 % as biofuel were selected for analysis.

It is proven that the average error of the proposed method for determining and controlling biofuel consumption in this case relative to the consumption obtained experimentally does not exceed 2,1 %.

Keywords: automobile, diesel engine, biofuel, rapeseed oil, fuel consumption, consumption control, method for determining biofuel consumption.

Сьогодні, особливо в умовах повномасштабного вторгнення росії в Україну, необхідність використання альтернативних палив для двигунів внутрішнього згорання не викликає сумнівів. Один з шляхів такого використання є додавання до дизельних палив домішок ріпакової олії різних об'ємних концентрацій. Це дозволяє не тільки зменшити дефіцит палив нафтового походження, покращити екологічну ситуацію, а також забезпечити в подальшому сталий розвиток [1, 2]. Європейські країни, як і наша країна, мають певні екологічні проблеми та обмежені власні нафтові ресурси, тому активно освоюють біопалива, в склад яких входить ріпакова олія.

Використання дизельних палив з домішками олій рослинного походження ще потребує обґрунтування зміни їх витрати, вимагає теоретичних досліджень та експериментальної перевірки, особливо для встановлення норм витрат та контролю їх в експлуатації.

Багато стендових та натурних експериментальних досліджень доводять, що робота дизелів на сумішах дизельного палива та ріпакової олії з об'ємними концентраціями 10-30 % дає збільшення питомих витрат таких біопалив на режимах середніх та великих навантажень на 2-5 % [3].

Автором запропонований метод визначення та контролю витрат біопалив з різною об'ємною концентрацією біодомішок, що полягає в попередньому визначенні коефіцієнта зміни витрат біопалив, який враховує зміну густини, нижчої теплоти згорання та теоретично необхідної кількості повітря для згорання 1 кг біопалива в залежності від фізико-хімічних властивостей та об'ємної концентрації біологічної складової в ньому [4].

За даним методом проведено розрахунки витрати біопалива (дизельне паливо + 15 % за об'ємом ріпакової олії) двигуном автомобіля ГАЗ-33060 в діапазоні швидкостей його руху 65-95 км/год. За основу розрахунків було обрано експериментальні дані витрат дизельного палива цього автомобіля, що встановлений на стенді з біговими барабанами [5].



Рисунок 1 – Експериментальні дослідження витрат біопалив автомобілем ГАЗ-33060 на стенді з біговими барабанами

За результатами розрахунків та експериментальних досліджень з використання дизельного палива та біопалива на його основі з додаванням 15 % за об'ємом ріпакової олії (табл. 1) побудовано графічні залежності (рис. 2) витрат вказаного палива від швидкості автомобіля.

Таблиця 1 – Результати визначення та контролю витрат біопалив за використання дизельного палива з домішкою 15 % ріпакової олії

Показник		Швидкість, км/год						
		65	70	75	80	85	90	95
Витрата палива (експеримент), л/100 км	дизельне	21,8	21,7	21,5	20,4	20,4	19,45	18,6
	дизельне з 15 % домішкою ріпакової олії	21,2	21,5	21,7	21,3	20,6	20,0	18,8
Витрата дизельного палива з 15 % домішкою ріпакової олії (розрахунок), л/100 км		22,29	22,19	21,98	20,86	20,86	19,89	19,02
Відносна похибка, %		4,89	3,11	1,27	2,07	1,25	0,56	1,07
Середня відносна похибка, %		2,03						

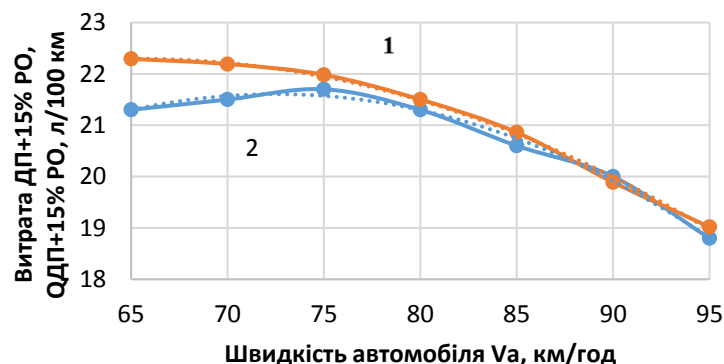


Рисунок 2 – Витрата біопалива (дизельне паливо + 15 % за об'ємом ріпакової олії) автомобіля ГАЗ-33060 від швидкості його руху: 1 – розрахункова; 2 – експериментальна

Рівняння апроксимації залежності 1 (рис. 2), отриманої розрахунковим методом з достовірністю $R^2 = 0,998$:

$$Q_{\text{ДП}+15\% \text{ РО}}^{\text{Р}} = -0,0038V_a^2 + 0,4963V_a + 6,0686. \quad (1)$$

Рівняння апроксимації залежності 2 (рис. 2), отриманої експериментально з достовірністю $R^2 = 0,992$:

$$Q_{\text{ДП}+15\% \text{ РО}}^{\text{Е}} = -0,0058V_a^2 + 0,8412V_a - 9,1143. \quad (2)$$

Висновки:

1. Розрахунковим методом отримано залежність витрати біопалива на основі дизельного палива з додаванням 15 % за об'ємом ріпакової олії в діапазоні руху автомобіля ГАЗ-33060 на стенді з біговими барабанами 65-95 км/год, яка дозволяє враховувати вказані витрати в процесі експлуатації автомобіля для їх визначення, контролю, аналізу, планування, створення норм тощо.

2. Аналіз отриманих розрахункових даних витрат біопалив на основі дизельного палива з додаванням 15 % за об'ємом ріпакової олії показує адекватність розробленого методу визначення та контролю витрат біопалив з використанням коефіцієнта зміни витрат біопалива, який враховує зміну густини, нижчої теплоти згорання та теоретично необхідної кількості повітря для згорання 1 кг біопалива в та об'ємну концентрацію ріпакової олії в ньому. Відносна похибка розрахункових та експериментальних даних в діапазоні швидкостей руху автомобіля ГАЗ-33060 65-95 км/год на стенді з біговими барабанами не перевищує 2,05 %.

Список використаних джерел

1. Орлов В.В. Основні екологічні проблеми в країнах ЄС // Автошляховик України. – № 4. – 2003. – С. 20-21.
2. Замула І.В. Економічні перспективи використання біопалива в контексті реалізації концепції сталого розвитку / І.В. Замула, А.В. Ільченко А.В., В.В. Травін // Ефективна економіка. 2024. № 11. DOI:<http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.11.8>
3. Howard – Hilidige R., Condon S., Leathy J.J., McDonell K. Emissions from compression ignition engines running on mineral and rape seed oil based fuel. International conference on Air Pollution v2, Air Pollution and Management 1995, p. 379 –385.
4. Ільченко А.В. Методологічні основи визначення і контролю витрат біопалив в процесі руху автомобіля / А.В. Ільченко // Вісник машинобудування та транспорту ВНТУ – 2024, № 1(19). - с. 61-67. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2024-19-1-61-67>
5. Ільченко А.В. Експериментальні дослідження зміни витрат моторних палив з добавками ріпакової олії / А.В. Ільченко, Р.В. Колодницька, В.П. Кур'ята // Автомобільний транспорт. Збірка наукових праць. - Харків: 2005. – № 16. – С. 267-269.

Ільченко Андрій Володимирович – к.т.н., доцент, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету, академік Транспортної академії України, e-mail: avi_77@ukr.net

Andrii Ilchenko – [PhD \(Eng.\)](#), Associate Professor, Associate Professor of the Agricultural Engineering and Technical Service Department of Polissya National University, Academician of the Transport Academy of Ukraine, e-mail: avi_77@ukr.net

УДК 656

Катрушенко Н.А., Добровольський О.С.

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ЗОН ПАРКУВАННЯ ТА ВІДПОЧИНКУ ДЛЯ КОМЕРЦІЙНОГО ТРАНСПОРТУ

Проектування зон паркування та відпочинку потребує врахування багатьох аспектів. Розглянуто ключові елементи зон паркування та відпочинку та деякі особливості їх розташування.

Ключові слова: транспортна інфраструктура, зони паркування та відпочинку для комерційного транспорту, безпека автомобільних перевезень, об'єкти дорожнього сервісу, зона паркування, майданчик для стоянки транспортних засобів, майданчик відпочинку.

The design of parking and rest areas requires consideration of many aspects. The key elements of parking and rest areas and some of their locations' features are examined.

Key words: transport infrastructure, parking and rest areas for commercial vehicles, road haulage safety, road service facilities, parking area, parking area for vehicles, rest area.

Для належного, безпечного і, відповідно, ефективного функціонування галузі автомобільних перевезень, перевізники повинні бути забезпечені доступом до зон паркування та відпочинку. Такий елемент інфраструктури відноситься до об'єктів дорожнього сервісу.

Відповідно до Закону України «Про автомобільні дороги» об'єкти дорожнього сервісу - спеціально облаштовані місця для зупинки маршрутних транспортних засобів, майданчики для стоянки транспортних засобів, майданчики відпочинку, видові майданчики, автозаправні станції, пункти технічного обслуговування, мотелі, готелі, кемпінги, торговельні пункти (у тому числі малі архітектурні форми), автозаправні комплекси, складські комплекси, пункти медичної та технічно-евакуаційної допомоги, пункти миття транспортних засобів, пункти приймання їжі та питної води, автопавільйони, а також інші об'єкти, на яких здійснюється обслуговування учасників дорожнього руху та які розміщуються на землях дорожнього господарства або потребують їх використання для заїзду та виїзду на автомобільну дорогу [1].

Майданчик для стоянки транспортних засобів – це місце, де автовласнику можна залишити свій транспортний засіб для короткотермінового відпочинку [2].

Майданчик відпочинку – це дорожня споруда для короткотермінового відпочинку учасників дорожнього руху, до складу якої входить майданчик для стоянки, зона відпочинку та санітарне устаткування [2].

Класифікація та складові елементи майданчиків відпочинку, а також загальні вимоги проектування останніх та майданчиків для стоянки транспортних засобів прописуються галузевими будівельними нормами України, а саме: ГБН В.2.3-37641918-549:2018 «Майданчики для стоянки транспортних засобів і відпочинку учасників дорожнього руху. Загальні вимоги проектування» (ГБН В.2.3-37641918-549:2018).

У світовій практиці при проектуванні самої території зон відпочинку користуються двома основними схемами розташування (рис. 1, 2): проектування території орієнтоване всередину (внутрішньоорієнтований дизайн) і проектування території орієнтоване назовні (зовнішньоорієнтований дизайн) [3].

При всередину орієнтованому проектуванні території зон паркування та відпочинку розділяються зони паркування для різних типів транспортних засобів.

Зона паркування з довгими місцями стоянки для транспортних засобів комерційного призначення, транспортних засобів для відпочинку (в тому числі, і автобусів) та транспортних засобів з причепами, як правило, розташовується з однієї сторони будівель і території для

відпочинку. Зазвичай зазначену зону паркування розміщують далі від автомагістралі, щоб забезпечити транспортним засобам зону для уповільнення та прискорення.

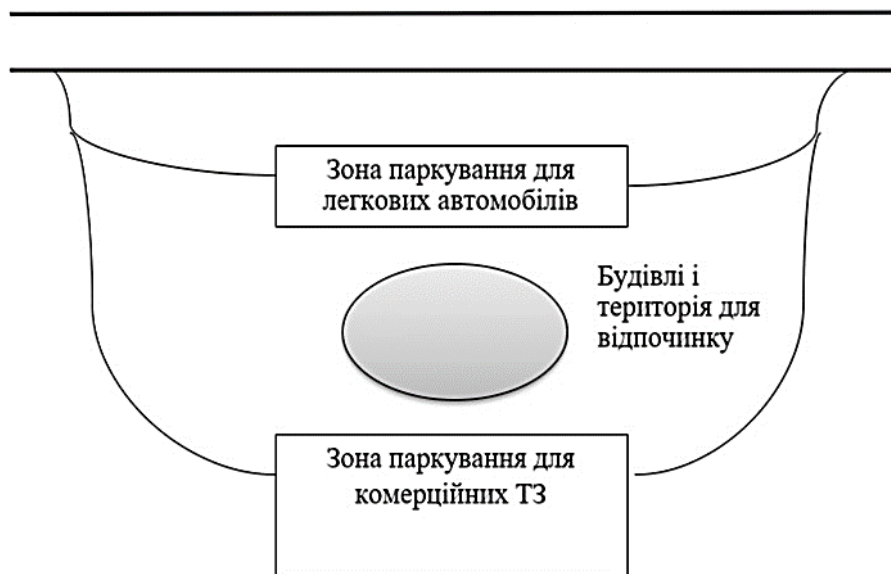


Рисунок 1 – Проектування території орієнтоване всередину (внутрішньоорієнтований дизайн)

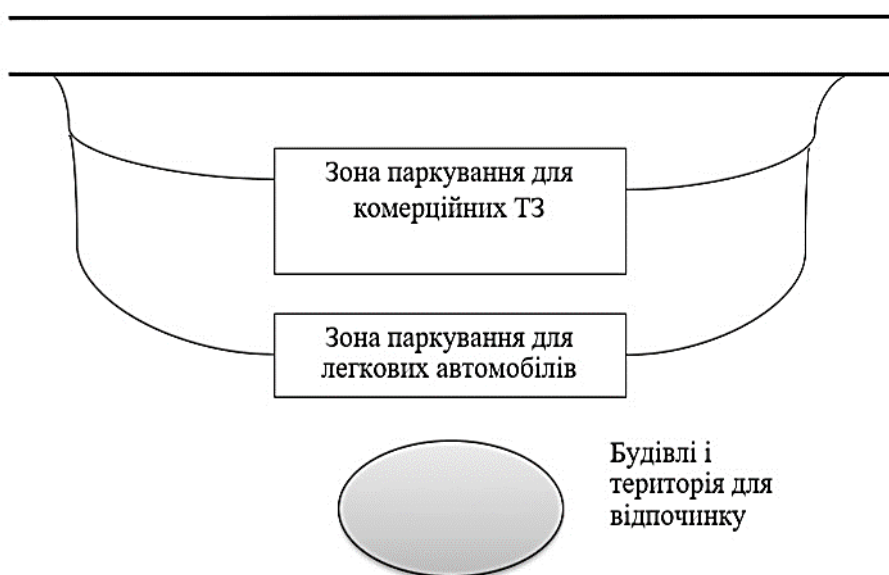


Рисунок 2 – Проектування території орієнтоване назовні (зовнішньоорієнтований дизайн)

Зону паркування з приблизними розмірами місць стоянки для легкових автомобілів розміщують з іншої сторони будівель і території для відпочинку.

Розміщення будівель і території для відпочинку між двома зонами паркування забезпечує всім учасникам дорожнього руху зручний доступ до сервісу та послуг, що, в свою чергу, є головною перевагою такого проектування.

Однак недоліком такого проектування є більш жорсткі вимоги до самої території зони паркування та відпочинку ніж при проектуванні території орієнтованому назовні.

При зовнішньоорієнтованому проектуванні всі типи транспортних засобів забезпечуються місцями стоянки між автомагістраллю та будівлями і територією для відпочинку. Серед переваг такого планування зон паркування та відпочинку – можливість розширення самої території, зведені до мінімуму пересічення доріг, гнучкі можливості удосконалення та менші вимоги до самої території.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про автомобільні дороги» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2862-15#Text>.
2. ГБН В.2.3-37641918-549:2018 «Майданчики для стоянки транспортних засобів і відпочинку учасників дорожнього руху. Загальні вимоги проектування». URL: https://mtu.gov.ua/files/Dok_NORMATUVKA/%D0%93%D0%91%D0%9D_549.pdf.
3. Montana rest area plan. Repository & Open Science Access Portal. URL: <https://rosap.nrl.bts.gov/view/dot/15134>.

Катрушенко Наталія Анатоліївна – старший викладач кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: n.katrushenko@gmail.com

Добровольський Олександр Сергійович – к.т.н., доцент, декан автомеханічного факультету, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: dobrovolskiy@ntu.edu.ua

Nataliia Katrushenko – Senior Lecturer of the Department of International Transportation and Customs Control, National Transport University, Kyiv, e-mail: n.katrushenko@gmail.com

Oleksandr Dobrovolskiy – Candidate of Science in Engineering, Associate Professor, Dean of the Faculty of Automotive and Mechanical Engineering, National Transport University, Kyiv, e-mail: dobrovolskiy@ntu.edu.ua

УДК 629.113

Кашканов А.А., Кав'юк В.В.

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ АЕРОДРОМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ АВІАЦІЇ

Проведено загальний аналіз основних напрямків забезпечення ефективності та безпеки експлуатації засобів аеродромно-технічного забезпечення польотів авіації. Підвищену увагу приділено питанню маневреності засобів як ключовому аспекту логістики підготовки до польотів повітряних суден.

Ключові слова: аеродромно-технічне забезпечення, засоби рухомості, ефективність та безпека експлуатації, модульні автопоїзди, експлуатаційні властивості, маневреність.

A general analysis of the main directions of ensuring the efficiency and safety of the operation of airfield technical support facilities for aviation flights is carried out. Particular attention is paid to the issue of manoeuvrability as a key aspect of the logistics of preparing for aircraft flights.

Key words: airfield technical support, means of mobility, efficiency and safety of operation, modular road trains, operational properties, maneuverability.

Актуальні загрози та виклики, що постали перед національною безпекою України, вимагають вдосконалення методів формування військово-технічної політики держави, враховуючи нагальну потребу в оновленні озброєння та військової техніки Збройних Сил України. У сучасних умовах ефективність авіації безпосередньо залежить від якісного, своєчасного й повного забезпечення її логістики, основою якого є система аеродромно-технічного забезпечення польотів із відповідними ресурсами та обладнанням. Засоби рухомості в аеропортах і засоби наземного забезпечення польотів призначені для транспортування вантажів, виконання операцій із підготовки повітряних суден до польотів, усунення технічних несправностей та забезпечення енергії для здійснення численних сервісних функцій [1].

Одним із напрямів удосконалення засобів аеродромно-технічного забезпечення польотів (ЗАТЗП) є впровадження причіпної, модульної та контейнерної техніки. Модульний підхід до формування техніки має давню історію, адже він застосовувався у різних галузях виробництва та економіки [2, 3]. Використання багатоланкових машин, побудованих за модульним принципом, дозволяє усунути різноманіття моделей машин, що веде до зниження витрат на їх утримання та експлуатацію, збільшення річного напрацювання кожного агрегату, а також сприяє рівномірному розподілу роботи серед особового складу [4]. Завдяки блочному принципу модулів [5, 6] можливо створювати машинні агрегати з різними схемами компонування, що забезпечує широкий спектр енергетичних засобів як універсального, так і спеціалізованого характеру. Модульна побудова ЗАТЗП надає змогу змінювати конфігурацію окремих вузлів і агрегатів, відкриваючи шлях до створення інноваційних енергетичних засобів.

Модульні автопоїзди ЗАТЗП – це засоби рухомості, які складаються з тягача та одного або кількох причепів, з'єднаних за допомогою зчіпного пристрою. Вони використовуються для перевезення агрегатів, пристроїв і пристосувань, пневматичних, гідравлічних та електричних установок, призначених для контролю та підтримки технічного стану повітряних суден. Основні переваги модульних автопоїздів включають збільшення вантажопідйомності, зниження витрат на перевезення та економію палива. Модульні автопоїзди мають унікальні конструктивні особливості, які забезпечують їх ефективність та універсальність (рис. 1). Ці особливості роблять модульні автопоїзди незамінними в сучасній логістиці.



Рисунок 1 – Особливості конструкції та експлуатації модульних автопоїздів ЗАТЗП

Підвищення ефективності та безпеки експлуатації автопоїздів є важливим завданням, яке включає кілька ключових методів [7, 8, 9]:

1. Технічне вдосконалення: використання сучасних систем управління та моніторингу, встановлення датчиків для контролю стану транспортного засобу, поліпшення аеродинаміки автопоїздів для зниження витрат пального.

2. Організаційні заходи: оптимізація маршрутів для зменшення часу перевезення, регулярне навчання водіїв з питань безпеки та ефективності; впровадження системи мотивації для підвищення продуктивності праці.

3. Екологічні аспекти: використання альтернативних джерел енергії, таких як електро- або гібридні двигуни, зменшення викидів шкідливих речовин через модернізацію двигунів.

4. Інноваційні технології: впровадження автоматизованих систем водіння, використання штучного інтелекту для аналізу даних і прогнозування можливих аварійних ситуацій.

Ці методи сприяють не лише підвищенню ефективності, але й забезпечують безпеку як водіїв, так і інших учасників дорожнього руху.

Маневреність відіграє ключову роль в ефективності експлуатації модульних автопоїздів, оскільки вона впливає на їх здатність адаптуватися до різних умов руху та виконувати завдання з високою точністю. Основні аспекти, які визначають важливість маневреності: зменшення витрат часу, підвищення безпеки, економія ресурсів, адаптивність до складних умов.

Дослідження показують, що вдосконалення систем керування поворотом коліс причіпних ланок значно покращує маневреність автопоїздів. Це включає використання мехатронних систем, які забезпечують стабільність руху та зменшують вплив неконтрольованих сил [10].

Для забезпечення маневреності модульних автопоїздів використовуються різні методи, які враховують конструктивні особливості та умови експлуатації (рис. 2). Ось кілька основних підходів [11]:

- використання активних систем, які дозволяють змінювати кути повороту коліс причепів залежно від траєкторії руху автопоїзда;
- врахування геометричних параметрів, таких як довжина ланок, розташування осей та центрів мас, що дозволяє зменшити радіус повороту;
- впровадження сучасних алгоритмів і технологій для автоматичного регулювання руху, що підвищує стабільність і безпеку.
- використання математичних моделей для прогнозування поведінки автопоїзда в різних умовах, що дозволяє вдосконалювати конструкцію.
- використання спеціальних шин або систем стабілізації для зменшення ковзання та підвищення керованості.



Рисунок 2 – Методи підвищення маневреності автопоїздів

Розглянемо вищезазначені підходи більш докладно.

Системи керування поворотом коліс причіпних ланок є важливим елементом для підвищення маневреності автопоїздів. Вони дозволяють зменшити радіус повороту, покращити стабільність руху та знизити навантаження на водія. При цьому ключовим є використання електронних або гідравлічних систем для автоматичного регулювання кутів повороту коліс залежно від траєкторії руху; інтеграція сенсорів і алгоритмів для адаптивного керування, що враховує швидкість, навантаження та дорожні умови; зменшення поперечних сил завдяки оптимізації кутів повороту, що підвищує безпеку та знижує знос шин; зменшення витрат потужності на подолання опору при поворотах.

Оптимізація компоновки автопоїзда для підвищення його ефективності, маневреності та безпеки полягає в правильному розташуванні осей і центрів мас, яке дозволяє зменшити навантаження на окремі елементи конструкції та покращити стійкість автопоїзда; використанні спеціальних конструктивних рішень, таких як активні системи керування поворотом коліс, які дозволяють зменшити радіус повороту, що особливо важливо в умовах обмеженого простору для маневрування; оптимізації форми модулів для зменшення опору повітря, що сприяє економії палива та зниженню викидів; забезпеченні можливості швидкої заміни або додавання модулів для адаптації до різних типів вантажів; використанні сучасних матеріалів, які знижують загальну вагу автопоїзда, що позитивно впливає на витрати палива та знос компонентів.

Мехатронні системи керування маневруванням — це сучасні технології, які інтегрують механічні, електронні та інформаційні компоненти для забезпечення точного та ефективного управління рухом транспортних засобів. Основні аспекти таких систем:

1. Інтелектуальні модулі: використання сенсорів, мікропроцесорів та алгоритмів для аналізу даних про дорожні умови, швидкість і траєкторію руху.
2. Автоматизація процесів: системи дозволяють автоматично регулювати параметри руху, такі як кут повороту коліс, швидкість та стабільність.
3. Енергоефективність: завдяки оптимізації роботи компонентів зменшується споживання енергії.
4. Безпека: мехатронні системи забезпечують швидке реагування на зміну умов руху, що підвищує безпеку водія та пасажирів.
5. Адаптивність: системи можуть бути налаштовані під різні типи транспортних засобів та умови експлуатації.

Моделювання та аналіз траєкторії руху автопоїздів є важливими для підвищення їхньої маневреності, безпеки та ефективності. Насамперед це:

1. Комп'ютерне моделювання: використання програмного забезпечення, такого як AutoTurn, Autodesk Vehicle Tracking або Heavygoods, дозволяє точно відтворити траєкторії руху автопоїздів у різних умовах.
2. Аналіз геометричних залежностей: вивчення взаємозв'язків між кутами повороту, розташуванням осей і траєкторією руху для оптимізації конструкції автопоїздів.
3. Фізичне моделювання: використання масштабних моделей для тестування траєкторій у реальних умовах, що дозволяє врахувати вплив дорожніх факторів.
4. Оптимізація маршрутів: моделювання допомагає визначити найкращі маршрути для перевезення вантажів, особливо в умовах обмеженого простору.

Зменшення впливу поперечних сил при русі автопоїзда є важливим для забезпечення його стабільності, безпеки та ефективності. Основні методи включають:

1. Системи стабілізації: використання активних систем стабілізації, таких як електронний контроль стійкості (ESC), для зменшення впливу поперечних сил.
2. Пневматична підвіска: вдосконалення пневматичної підвіски напівпричепа дозволяє зменшити амплітуду поперечно-кутових коливань, що позитивно впливає на стійкість.
3. Оптимізація конструкції шин: використання шин із високим коефіцієнтом зчеплення для зменшення ковзання та підвищення керованості.
4. Аеродинамічні рішення: зменшення впливу бокового вітру через оптимізацію форми модулів автопоїзда.
5. Моделювання руху: аналіз траєкторії руху та впливу поперечних сил за допомогою комп'ютерного моделювання для вдосконалення конструкції.

Отже, розглянуті методи спрямовані на підвищення безпеки та ефективності експлуатації автопоїздів і можуть бути використані в подальшому для покращення властивостей засобів рухомості ЗАТЗП та логістики підготовки до польотів повітряних суден.

Список використаних джерел

1. Kaviuk, V., & Kashkanov, A. (2024). The role of tactical and technical characteristics of vehicles in airfield technical support of flights. *Journal of Mechanical Engineering and Transport*, 10(2), 54-62. doi: 10.63341/vjmet/2.2024.54.
2. Кириченко В. В., Кав'юк В. В., Васильєв Б. Г. (2017). Рішення проблемних задач перспектив розвитку засобів аеродромно-технічного обслуговування повітряних суден. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. №2(27), С. 42-48.
3. Кав'юк В.В., Кашканов А.А. Аналіз світового досвіду застосування засобів наземного забезпечення польотів. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Актуальні проблеми бойового застосування та експлуатації і ремонту зразків озброєння та

військової техніки», 13-14 листопада 2024 року: збірник наукових праць. Вінниця : ВНТУ, 2024. С. 81-83. <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/859/1497/2790-2>.

4. Aeroservices. Ground Support. (2025). URL: <https://www.aeroservicesltd.com/ru/ground-support/gse>.

5. Краснокутський В. М. Метод побудови комплексу засобів АТЗ польотів на базі енергетичних модулів : дис. ... канд. техн. наук : 20.02.14. Харків, 2006. 154 с.

6. Кириченко В.В. Раціональні співвідношення основних характеристик блочно-модульних засобів наземного забезпечення польотів авіації : дис. ... канд. техн. наук : 20.02.14. Харків, 2012. 179 с.

7. Буренніков Ю. А., Кашканов А. А., Ребедайло В. М. Рухомий склад автомобільного транспорту: робочі процеси та елементи розрахунку : навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2009. 267 с.

8. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Кужель В. П. Інформаційні системи і технології на автомобільному транспорті : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2020. 104 с.

9. Кириченко В.В., Подригало М.А., Куренко О.Б., Клец Д.М. Експериментальне визначення динамічних властивостей перспективних засобів рухомості засобів наземного забезпечення дій авіації на базі колісних технологічних та енергетичних модулів та порівняння їх з динамічними властивостями засобів рухомості засобів наземного забезпечення дій авіації, що є на озброєнні Повітряних Сил Збройних Сил України в умовах військового аеродрому : Зб. наук. праць ХУПС. Харків : ХУПС, 2012. Вип. № 2(31). С. 34-38.

10. Сахно В. П., Цимбал С. В., Поляков В. М., Мурований І. С., Шарай С. М., Рой М. П. (2024). Теоретичні засади використання триланкових автопоїздів для виконання перевезень вантажів. Вісник машинобудування та транспорту, 18(2), 155–167. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-155-167>.

11. Automotive Handbook. 11th Ed. (2022). Karlsruhe: Robert Bosch GmbH, 2048 p.

Кашканов Андрій Альбертович – д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: a.kashkanov@vntu.edu.ua.

Кав'юк Вадим Володимирович – начальник кафедри аеродромно-технічного забезпечення авіації, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, e-mail: super-kvv1971@ukr.net.

Kashkanov Andriy – Dr.Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: a.kashkanov@vntu.edu.ua.

Kaviuk Vadym – Head of the Department of airfield technical support of aviation, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, e-mail: super-kvv1971@ukr.net.

УДК 656.13

Кашканова А.А.

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕГРОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ АУДИТУ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Розглянуто способи застосування інтегрованих інформаційних систем у сфері аудиту безпеки дорожнього руху з метою покращення процедури аудиту, зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод та мінімізації наслідків для постраждалих.

Ключові слова: аудит безпеки дорожнього руху, дорожньо-транспортні пригоди, інтегровані інформаційні системи.

The methods of using integrated information systems in the field of road safety auditing are considered in order to improve the audit procedure, reduce the number of road accidents, and minimize the consequences for victims.

Key words: road safety audit, road accidents, integrated information systems.

Позитивний досвід країн Європейського Союзу щодо зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП) та кількості жертв, постраждалих при ДТП, демонструє необхідність застосування аудиту безпеки дорожнього руху для мінімізації аварійності в Україні. ДТП завдають значної шкоди як на індивідуальному, так і на суспільному рівні [1], насамперед це:

- фізична шкода: ДТП часто призводять до травм, інвалідності або навіть смерті учасників дорожнього руху, що має довготривалі наслідки для постраждалих та їхніх родин;
- емоційна шкода: учасники ДТП можуть зазнавати психологічних травм, таких як посттравматичний стресовий розлад, страх перед водінням або тривога;
- економічна шкода: ДТП спричиняють витрати на лікування, ремонт транспортних засобів, втрату працездатності та судові витрати, впливають на економіку через затори та зниження продуктивності.
- екологічна шкода: аварії можуть спричиняти витік пального, пошкодження інфраструктури та забруднення навколишнього середовища;
- соціальна шкода: ДТП впливають на суспільство, створюючи напруженість, знижуючи довіру до системи безпеки дорожнього руху та збільшуючи навантаження на медичні та правові установи.

Ці наслідки підкреслюють важливість впровадження ефективних заходів для зменшення кількості ДТП та їх впливу на суспільство.

Аудит безпеки дорожнього руху (АБДР) – це систематичний процес оцінки дорожньої інфраструктури та умов руху з метою виявлення потенційних ризиків і небезпек для учасників дорожнього руху [2]. Він включає аналіз проектної документації, перевірку існуючих доріг та об'єктів інфраструктури, а також оцінку їх відповідності стандартам безпеки [3].

Основні етапи аудиту:

- оцінка проектів: аналіз техніко-економічного обґрунтування та проектної документації на стадії планування;
- перевірка після будівництва: оцінка безпеки доріг після введення їх в експлуатацію;
- моніторинг існуючих доріг: виявлення небезпечних ділянок та пропозиції щодо їх покращення.

Цей процес спрямований на зменшення кількості аварій, підвищення безпеки учасників дорожнього руху (ДР) та забезпечення ефективного управління дорожньою інфраструктурою (рис. 1).

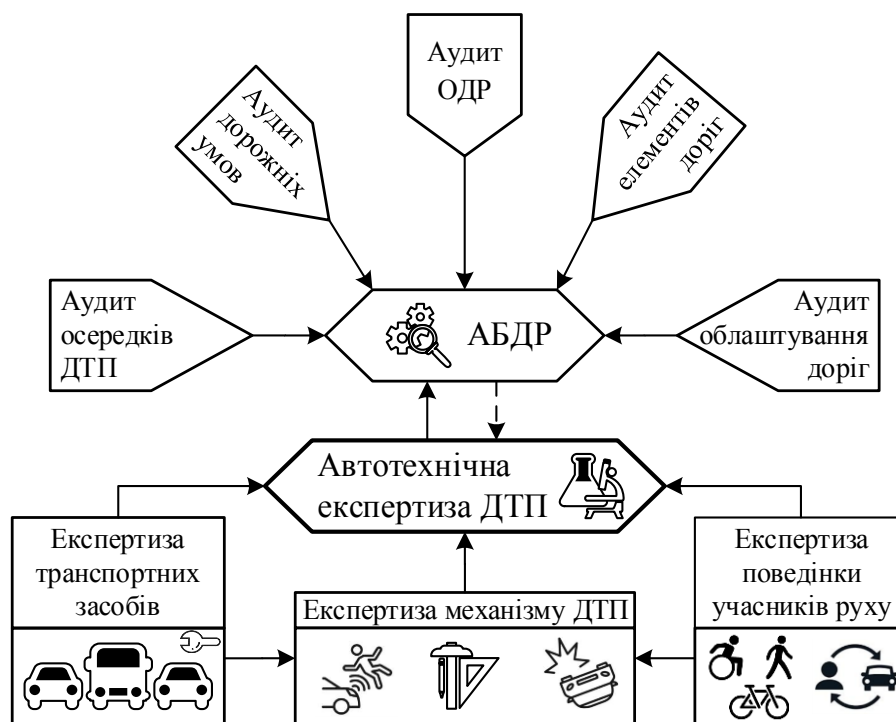


Рисунок 1 – Складові елементи АБДР

Аудит безпеки дорожнього руху та інтегровані інформаційні системи тісно пов'язані між собою, адже ці системи є важливим інструментом для ефективного проведення аудиту.

Інтегровані інформаційні системи (ІС) – це комплекс технологій, програмного забезпечення та апаратних засобів, що взаємодіють між собою для забезпечення процесів збору, обробки, аналізу та обміну інформацією [4]. Дані системи сприяють оптимізації процесів, покращенню ефективності та підвищенню точності у сфері безпеки ДР (рис. 2).

У контексті аудиту безпеки дорожнього руху такі системи допомагають [5, 6, 7]:

- фіксувати порушення правил дорожнього руху за допомогою камер, датчиків та інших технічних засобів;
- аналізувати дані про дорожній рух, ДТП та порушення для виявлення ризиків;
- підтримувати правопорядок, забезпечуючи оперативний обмін інформацією між органами контролю;
- планувати заходи для покращення безпеки на дорогах, використовуючи отримані дані.

Ці системи є важливим інструментом для зменшення кількості ДТП, підвищення безпеки учасників дорожнього руху та забезпечення ефективного управління транспортною інфраструктурою.

Приклади використання інтегрованих інформаційних систем у сфері безпеки дорожнього руху:

1. *Автоматична фіксація порушень.* Системи, які використовують камери та датчики для автоматичного виявлення порушень правил дорожнього руху, таких як перевищення швидкості чи проїзд на червоне світло. Це дозволяє зменшити людський фактор і підвищити ефективність контролю.

2. *Інтелектуальні транспортні системи (ITS).* Вони включають використання датчиків, GPS та інших технологій для моніторингу дорожнього руху в реальному часі. Це допомагає оптимізувати потоки транспорту, зменшувати затори та підвищувати безпеку.

3. *Модернізація електронних ресурсів.* Наприклад, створення систем для обробки даних про адміністративні правопорушення, що дозволяє швидко обмінюватися інформацією між органами контролю та забезпечувати правопорядок.

4. *Аналіз аварійності.* Використання інформаційних систем для збору та аналізу даних про ДТП. Це допомагає виявляти небезпечні ділянки доріг і планувати заходи для їх покращення.

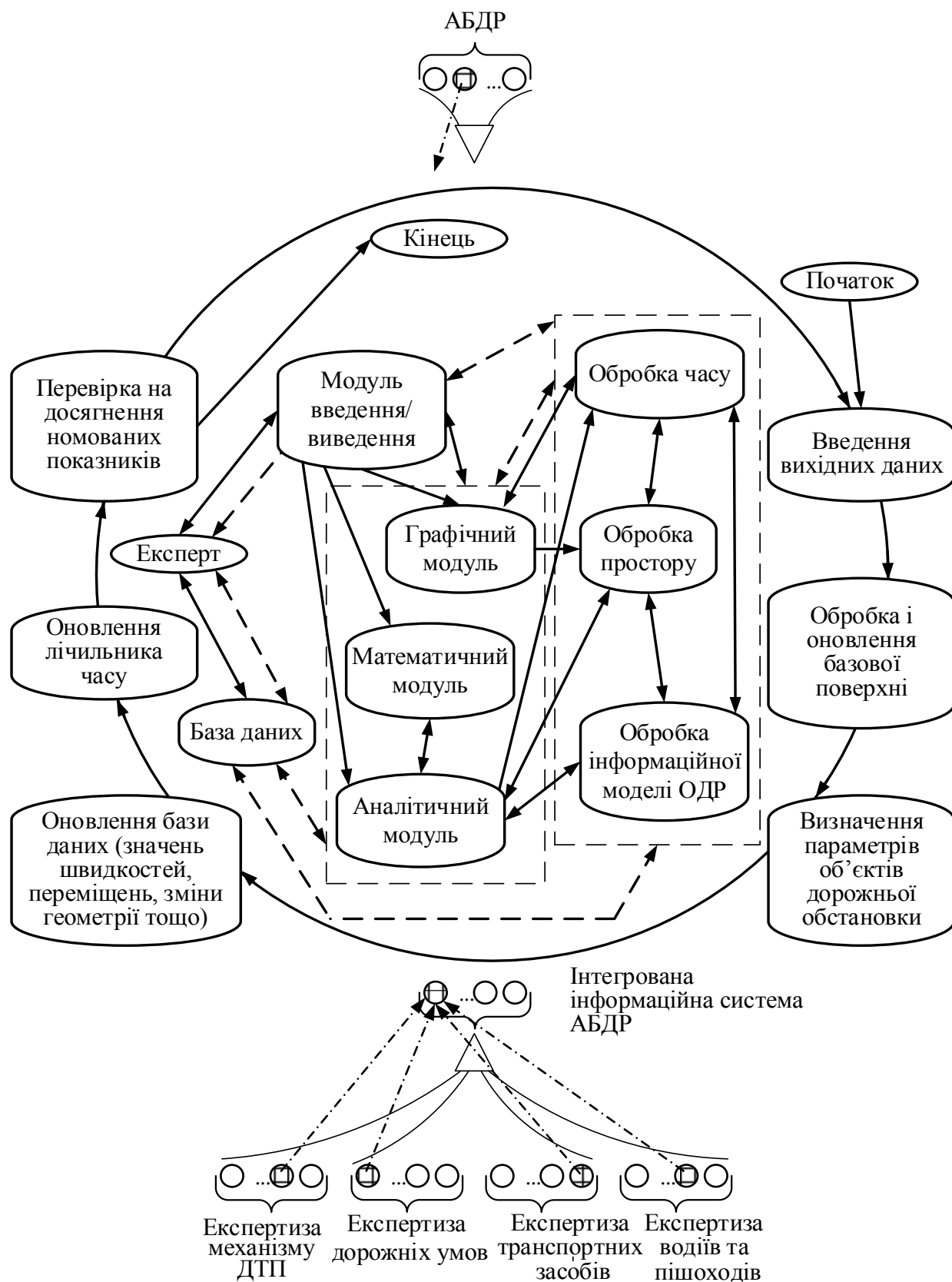


Рисунок 2 – Взаємозв'язок елементів ІІС АБДР в часовому циклі

ІС не лише підвищують ефективність управління дорожнім рухом, але й сприяють зменшенню кількості ДТП та покращенню загальної безпеки. ІС та АБДР тісно взаємопов'язані, оскільки забезпечують інструменти для ефективного проведення аудиту:

1. *Збір даних*. Інтегровані інформаційні системи використовують датчики, камери та інші технології для збору даних про дорожній рух, аварії, порушення правил тощо. Ці дані є основою для аналізу в рамках аудиту.

2. *Аналіз ризиків*. Завдяки обробці великих обсягів інформації, системи допомагають виявляти небезпечні ділянки доріг, типові причини аварій та інші ризики.

3. *Моніторинг та оцінка*. Інформаційні системи дозволяють проводити постійний моніторинг дорожньої інфраструктури, що є важливим для оцінки її відповідності стандартам безпеки.

4. *Рекомендації та планування*. На основі отриманих даних аудитори можуть розробляти рекомендації щодо покращення безпеки дорожнього руху, а системи допомагають моделювати та планувати ці заходи.

5. *Автоматизація процесів*. Інтегровані системи спрощують процес аудиту, забезпечуючи швидкий доступ до даних, автоматичне формування звітів та оперативний обмін інформацією.

Таким чином, інтегровані інформаційні системи є ключовим інструментом для проведення якісного аудиту, спрямованого на підвищення безпеки дорожнього руху.

Список використаних джерел

1. Кашканова А. А., Біліченко В. В. Аспекти забезпечення безпеки дорожнього руху в транспортних системах міст України. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2024. №1(22). С. 170-181. <https://doi.org/10.36910/automash.v1i22.1358>.
2. Кашканова А. А., Біліченко В. В. Проблемні питання науково-методичного забезпечення аудиту безпеки дорожнього руху. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2024. №2(23). С. 97-108. <https://doi.org/10.36910/automash.v2i23.1531>.
3. Khattak MW, De Backer H, De Winne P, Brijs T, Pirdavani A. Analysis of Road Infrastructure and Traffic Factors Influencing Crash Frequency: Insights from Generalised Poisson Models. *Infrastructures* 2024;9:47. <https://doi.org/10.3390/infrastructures9030047>.
4. Кашканов В. А., Кашканов А. А., Кужель В. П. *Інформаційні системи і технології на автомобільному транспорті : навчальний посібник*. Вінниця : ВНТУ, 2020. 104 с.
5. Martensen H., Diependaele K., Daniels S., Van den Berghe W. et al. The European road safety decision support system on risks and measures. *Accident Analysis & Prevention*, Volume 125, April 2019, Pages 344-351. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.08.005>.
6. Nadimi, N., Ragland, D. R., & Mohammadian Amiri, A. An evaluation of time-to-collision as a surrogate safety measure and a proposal of a new method for its application in safety analysis. *Transportation Letters*. 2019;12(7):491-500. <https://doi.org/10.1080/19427867.2019.1650430>.
7. Ткаченко І. О. *Ризики у транспортних процесах: навчальний посібник*. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 114 с.

Кашканова Анастасія Андріївна – аспірантка кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: kashkanov9a@gmail.com.

Kashkanova Anastasia – PhD student of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: kashkanov9a@gmail.com.

УДК 656.05

Кищун В.А.

ПЕРЕЛІК ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ ПРОДОВЖУЄ ЗРОСТАТИ

Розглянуто останні зміни в українських Правилах дорожнього руху, нові знаки, які встановлюються на дорогах і вулицях населених пунктів України і Європи, та їх призначення. Окремі дорожні знаки неофіційні, оскільки не отримали необхідних кодів.

Ключові слова: Правила дорожнього руху, останні зміни, нові дорожні знаки.

The latest changes in the Ukrainian Traffic Rules, new road signs installed on roads and streets of settlements in Ukraine and Europe, as well as their purpose, are examined. Certain road signs are unofficial as they have not received the necessary codes.

Keywords: Traffic Rules, latest changes, new road signs.

Дорожні знаки, як і дорожня розмітка та світлофори належать до технічних засобів організації дорожнього руху. Їх застосовують з метою підтримки на необхідному рівні показників транспортних та пішохідних потоків, які б забезпечували ефективність і безпеку дорожнього руху (БДР).

Перші дорожні знаки з'явилися у 1909 році коли була розроблена перша Міжнародна Конвенція, яка визначила єдину (спільну) систему дорожньої сигналізації. Вона складалася із 4-х знаків, показаних на рис. 1 [1]. У 1931 році в Женеві європейські держави підписали Конвенцію про введення однотипності в дорожніх знаках і сигналах, згідно з якою як обов'язкові вводилися 26 знаків. Вони, своєю чергою, були розділені на три групи: 1) попереджувальні; 2) наказові; 3) вказівні.

Із зростанням рівня автомобілізації та удосконаленням конструкції транспортних засобів у 1964 році у рамках Європейської економічної комісії ООН її робочими органами почалася розробка нових документів з удосконалення організації руху. Як наслідок, у 1968 році на конференції ООН у Відні були затверджені Конвенція про дорожній рух і Конвенція про дорожні знаки і сигнали.

Конвенція про дорожні знаки і сигнали містила загальні положення, перелік дорожніх, світлових, інших знаків та сигналів, правила дорожньої розмітки і заключні положення. Додатки до цієї Конвенції передбачали такі види знаків: попереджувальні; знаки пріоритету; заборонні та обмежувальні знаки; наказові знаки; знаки особливих приписів та інші.

Україна ратифікувала Конвенцію про дорожні знаки і сигнали у квітні 1974 року. Загалом, міжнародні конвенції встановлюють лише найбільш загальні положення організації дорожнього руху, прийнятні для більшості країн світу.

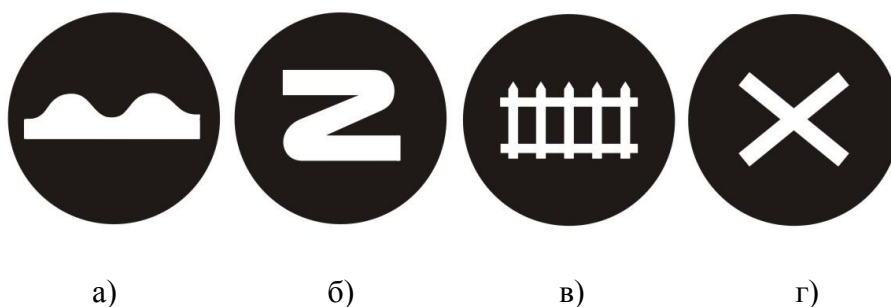


Рисунок 1 – Перші дорожні знаки: а – нерівна дорога; б – круті повороти; в – залізничний переїзд; г – пересічення доріг

Сьогодні на території України діють національні Правила дорожнього руху, затверджені постановою № 1306 Кабінету Міністрів України і чинні з 1 січня 2002 року, які пізніше неодноразово редагувалися. У ПДР передбачено понад 360 дорожніх знаків та табличок до них, що різняться формою, кольором і розташуванням:

- попереджувальні знаки (трикутної форми);
- знаки пріоритету (різних форм);
- заборонні знаки (круглі);
- наказові знаки (круглі);
- інформаційно-вказівні знаки (квадратні або прямокутні);
- знаки сервісу (прямокутні вертикальні);
- таблички до дорожніх знаків (прямокутні горизонтальні) [2].

Кількість знаків у ПДР зростала, і сьогодні це число перебуває у динаміці. Регулярно приймаються рішення на рівні Кабінету Міністрів України (КМУ) щодо змін не лише у текстовій частині ПДР, але й у графічній – шляхом запровадження нових дорожніх знаків чи доповнення вже наявних. Тільки за останніх п'ять неповних років постановами КМУ було внесено 15 редакційних змін і доповнень, зокрема:

– знак 6.10 у старій редакції називався «Пост ДАІ» з трьома великими літерами «ДАІ» на білому фоні. У новій редакції він отримав назву «Дорожня станція патрульної поліції» з аналогічним написом;

– розпізнавальний знак «Водій з інвалідністю» – квадрат жовтого кольору із стороною 150 мм і чорним зображенням символу таблички 7.17, відповідно до вимог пункту 30.3г, замінено на квадрат синього кольору і білим зображенням символу таблички 7.17;

– стара редакція пункту 9 передбачала, що з 1 жовтня по 1 травня на всіх механічних транспортних засобах поза населеними пунктами повинні бути ввімкнені денні ходові вогні, а в разі їх відсутності в конструкції транспортного засобу – ближнє світло фар. Нова редакція викладена таким чином: «На всіх механічних транспортних засобах поза населеними пунктами повинні бути ввімкнені денні ходові вогні, а в разі їх відсутності в конструкції транспортного засобу – ближнє світло фар»;

– оновлений пункт 21.11б ПДР викладений таким чином: «Забороняється перевозити дітей, зріст яких менше 150 см, у транспортних засобах без використання дитячих утримуючих систем, що дають змогу пристебнути дитину за допомогою ременів безпеки, передбачених конструкцією цього транспортного засобу...». У старій редакції цей «поріг» становив 145 см;

– транспортні засоби, на яких проводиться навчання, повинні мати розпізнавальні знаки «Навчальний транспортний засіб» відповідно до вимог підпункту «к» пункту 30.3. У старій редакції у рівносторонній трикутнику білого кольору було вписано літеру «У» чорного кольору, у новій – літеру «Н» [3].

Окремі зміни було запроваджено у зв'язку з неспровокованим вторгненням росії в Україну. Так, пункт 22.5 доповнено абзацом такого змісту: «У період воєнного стану в Україні та протягом трьох місяців з дня його припинення або скасування вимоги абзаців



Рисунок 1 – 6.7.3 «Електричні зарядні станції»

дотримання спеціальних правил [3].

першого та другого цього пункту не поширюються на транспортні засоби, які здійснюють перевезення вантажів з метою їх використання для забезпечення обороноздатності держави за рішенням військового командування, в інтересах якого здійснюється таке перевезення». У цьому пункті йдеться про перевезення великогабаритних і великовагових вантажів, що перевищують закладені у ПДР норми і вимагають

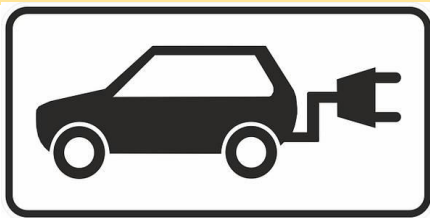


Рисунок 2 – 7.23 «Місце для зарядки автомобілів»



Рисунок 3 – 1.41 «Місце (ділянка) концентрації дорожньо-транспортних пригод»



Рисунок 4 – 7.25 «Щит»

Поява в Україні такого нового виду транспорту як електромобілі вимагала введення відповідних дорожніх знаків, які б регулювали роботу зарядних станцій (див. рис. 1). Власники електромобілів також мають певні переваги над іншими учасниками дорожнього руху. Зокрема, на стоянках, де встановлені зарядні пристрої, інші водії повинні поступатися їм місцем (див. рис. 2).

Дорожній знак 1.41 «Місце (ділянка) концентрації дорожньо-транспортних пригод» (народна назва – «крапка у трикутнику») попереджає водіїв транспортних засобів, що вони в'їжджають на ділянку дороги, де кількість дорожньо-транспортних пригод (ДТП) порівняно з іншими ділянками помітно більша (див. рис. 3) [2]. Відповідно, знак попереджає учасників дорожнього руху бути особливо уважними.

Цікаво, що знак вважається новим, хоча він затверджений понад 10 років тому, а на українських дорогах з'явився лише у листопаді 2021 року.

На дорожньому знаку 7.25 «Щит» показано вигнуту стрілку та елемент у вигляді «щита» (див. рис. 4) [2]. Він інформує про звуження проїжджої частини, наявність острівця безпеки та необхідність об'їзду цієї ділянки.

Острівець безпеки, відповідно до нового державного стандарту, передбачений на пішохідних переходах або на дорогах у кілька смуг, щоб пішоходи могли безпечно зупинитись посеред дороги, якщо не встигають перейти повністю. Знак також допомагає полегшити поділ смуг для автомобілів.

Наступна група дорожніх знаків – це знаки, які планують офіційно запровадити в Україні, а окремі з них навіть вже встановлюються.

Так, на сайті Львівської міської ради наприкінці минулого року з'явилося повідомлення, що у місті хочуть впровадити новий дорожній знак у вигляді білого ромба на синьому фоні (див. рис. 5) [4]. Знак вже встановлюють на дорогах і вулицях Франції, Литви та інших європейських країн. На відміну від офіційного знаку 5.11 «Смуга для руху маршрутних транспортних засобів», він дозволяє також спільне користування смугою електромобілям та автомобілям у яких перебувають не менше як два пасажери.

Вважається, що впровадження нового знаку позитивно вплине на БДР:

- значно зменшиться кількість заторів, оскільки відбудеться перерозподіл транспортних засобів між смугами;
- спільні поїздки зменшать кількість автомобілів на дорогах та, відповідно, забруднення довкілля;
- знизиться ймовірність виникнення ДТП;
- з'явиться додатковий стимул для користування громадським транспортом або електромобілями.

Новий дорожній знак – число, розміщене у зеленому колі, використовується у деяких країнах ЄС (див. рис. 5). Він наразі не має офіційної кодифікації у вітчизняних ПДР, однак подекуди уже з'явився на українських дорогах. В Україні існує функціонально подібний знак 5.33 «Рекомендована швидкість» у вигляді прямокутника на синьому тлі [2].



Рисунок 5 – Знак позначає смуги для спільного використання окремими транспортними засобами



Рисунок 6 – Знак позначає рекомендовану швидкість руху



Рисунок 7 – 1.38 Затори в дорожньому русі

Однак зелений знак має інше призначення: число у центрі зеленого кола не встановлює обмеження, а лише рекомендує оптимальну швидкість, з якою водіям транспортних засобів варто рухатися на цій ділянці дороги, та нагадує їм про важливість зниження швидкості.

Одна з причин такого рішення – це конструкційна безпека автомобілів. Багато сучасних транспортних засобів оснащені системами розпізнавання дорожніх знаків, проте не всі вони коректно зчитують традиційні знаки. Як з'ясували експерти, чорні цифри у зеленому колі краще сприймаються камерами, особливо на великій відстані та хмарної погоди, ніж білі цифри на синьому тлі.

Наступний знак 1.38 «Затори в дорожньому русі» встановлюється перед ділянкою дороги, де внаслідок виконання дорожніх робіт чи з інших причин відбувається звуження проїзної частини, що спричиняє затори (див. рис. 7) [2]. Зазвичай такі знаки встановлюють тимчасово (про що свідчить жовтий фон), коли проводяться ремонтні або інші роботи на дорозі, що впливають на звичний порядок руху.

У деяких випадках знак з трьома автомобілями, але вже на білому фоні, може бути встановлений перед перехрестям, попереджаючи про потенційні «корки», що можуть виникнути на перехресті. У такому випадку водії, побачивши знак, можуть змінити маршрут і об'їхати перевантажену ділянку. У місті Дніпро громадські активісти встановили незвичний дорожній знак з чорним котом (див. рис. 8). Неофіційний дорожній знак привертає увагу водіїв до небезпечної ділянки дороги. Ідея зі знаком виникла через часті наїзди на тварин, зокрема котів, їжаків та черепах. І хоча поруч прикріплений офіційний знак, що обмежує на цій ділянці дороги швидкість до 40 км/год, водії регулярно її перевищують [5].

Не дивно, що після появи незвичного знака кількість наїздів на тварин значно зменшилася, оскільки він спонукає водіїв бути обережнішими.

Як відомо, Україна активно готується до вступу у Європейський Союз. Ймовірно, що знаки, які стоять на дорогах і вулицях Європи, з'являться і на вітчизняних шляхах. Українським водіям, які подорожують країнами ЄС, варто вивчити, що означають ці дорожні знаки, та дотримуватись

відповідних правил.

Заборонний знак із чорними крапками на білому тлі сьогодні можна побачити лише в Іспанії, однак у найближчому майбутньому він може з'явитися на території усього Євросоюзу (див. рис. 9). Знак вказує на зони, куди заборонено заїжджати транспортним засобам з високим рівнем токсичності вихлопних газів. Такі викиди у межах цієї зони не допускаються, що сприятиме зменшенню забрудненості довкілля у містах.

Наступний дорожній знак позначає ділянки, де водіям автомобілів заборонено обганяти мотоцикли та велосипеди (див. рис. 10). Цей знак вперше з'явився у ФРН і позначає ділянки, де водіям автотранспортних засобів заборонено обганяти двоколісні транспортні засоби: мотоцикли та велосипеди, хоча останнім обганяти один одного дозволяється. Експерти зазначають, що встановлення таких знаків суттєво зменшує ризик аварій, оскільки забезпечує

більше простору для двоколісного транспорту, який стає особливо вразливим на вузьких дорогах і вулицях Європи.



Рисунок 8 – Незвичний дорожній знак з чорним котом



Рисунок 9 – Знак забороняє заїжджати у зони автомобілям з високим рівнем токсичності вихлопних газів



Рисунок 10 – Знак позначає ділянки, де водіям автомобілів заборонено обганяти мотоцикли та велосипеди

Новий дорожній знак з кодом Р-33, на якому показані горизонтальні лінії та половину автомобіля у червоному трикутнику, попереджає водіїв про можливі небезпеки, пов'язані з нерівностями на дорозі або зміною дорожнього покриття (див. рис. 11).

Знак вперше був запроваджений в Іспанії. Він також попереджає про потенційну небезпеку через несприятливі погодні умови (дощ, туман, сніг) або інші фактори, як от поява диму, що обмежують видимість. В Україні немає подібного знака, однак в окремих випадках аналогічну функцію виконує жовтий трикутний знак 1.39 «Аварійно небезпечна ділянка (інша небезпека)» [2].

Водіям слід бути обережними та не перевищувати дозволenu швидкість, щоб мати змогу швидко реагувати на можливі небезпеки при обмеженому огляді. Також власники автомобілів мають можливість використовувати ближнє світло фар, денні ходові вогні або вмикати протитуманне світло фар для покращення видимості.

Черговий новий дорожній знак із зображенням двох автомобілів і переплетених стрілок уже з'явився на дорогах країн ЄС, зокрема (знову) в Іспанії, де його встановили вперше (див. рис. 12).

Дорожній знак має офіційний код Р-35. На ньому показані дві переплетені стрілки, що «описують» злиття транспортних потоків. Знак встановлюється у місцях підвищеного ризику аварій, де транспортні потоки перетинаються або зливаються, а також перед перехрестями автомагістралі з дорогою швидкісного руху. Його мета – привернути увагу водіїв, попередити про підвищену ймовірність виникнення ДТП у таких зонах і спонукає бути максимально уважними.

У недалекому майбутньому стане актуальним незвичайний знак, який встановлюється на автомобільних магістралях у Німеччині. Цей знак – елемент дорожньої інфраструктури, як частина інноваційного експерименту, спеціально розроблений для автономних автомобілів, що здатні рухатися без участі людини, тобто без водія (див. рис. 13).

Згідно з інформацією, опублікованою у виданні Spiegel, новий знак має круглу форму діаметром 70 см. Він виконаний у чорно-білих кольорах із використанням геометричного рисунка, що складається з трикутників. На знаку відсутні тексти, яскраві деталі, щоб уникнути зайвої уваги та забезпечити оптимальні умови для роботи систем комп'ютерного зору і аналізу дорожньої ситуації, які допомагають безпілотним транспортним засобам [6].

У рамках інноваційного експерименту планується встановлення 13 таких знаків на автомагістралях А9 та А93 з метою отримання більшого ефекту від технологій автономного водіння у процесі випробувань. Майбутній ринок автономних автомобілів вимагає створення спеціальної інфраструктури, тому експеримент має на меті удосконалити їх навігацію.



Рисунок 11 – Знак попереджає водіїв про можливі небезпеки



Рисунок 12 – Знак попереджає водіїв про підвищену ймовірність аварій поблизу перехресть



Рисунок 13 – Знак для автономних автомобілів

Він забезпечує транспортним засобам у реальному часі синхронізацію з навігаційними системами, коригуючи маршрути та дії на основі отриманої інформації.

Вносити зміни і доповнення до національних правил дорожнього руху з метою підвищення БДР зменшення негативного впливу на довкілля міжнародні конвенції не забороняють, чим користуються відповідні державні органи України та інших країн. Американське агентство Hedges and Company оприлюднило статистику щодо світового автопарку. Згідно з даними на кінець 2023 року, у світі налічувалося близько 1,47 мільярда автомобілів, з яких 413 мільйонів експлуатувалися у Європі. За останні 15 років кількість автотранспортних засобів на дорогах збільшилася у 1,5 рази [7].

Не минула ця тенденція і Україну. Очевидно, що подібне зростання ускладнювало дорожній рух і вимагало вживання як негайних, так і планових заходів для покращення ситуації. Своєчасні зміни у Правилах дорожнього руху України, поява нових технічних засобів організації дорожнього руху – один із важливих пунктів у комплексній програмі з покращення рівня безпеки на автомобільних дорогах України.

Список використаних джерел

1. Кишун В.А., Кузнецов Р.М., Мурований І.С., Лаба О.В. Безпека дорожнього руху та деякі правові аспекти: навч. пос. – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2010. – 226 с.
2. Правила дорожнього руху 2025. URL: <https://vodiy.ua/pdr/>.
3. Архів змін до ПДР України, 2005–2025. URL: <https://green-way.com.ua/uk/dovidniki/pdr-changes>.
4. У Львові хочуть запровадити новий дорожній знак: що відомо. URL: <https://www.rbc.ua/rus/news/lvovi-hochut-zaprovaditi-noviy-dorozhniy-1732871173.html>.
5. В Україні встановили новий дорожній знак з котом: що він означає.. URL: <https://autotheme.info/news/256432-v-ukrayini-vstanovili-novij-dorozhniy-znak-z-kotom-shho-vin-oznachaye.html>.
6. Тестовий трек автобану: допомога в орієнтуванні автомобілів. URL: <https://www.spiegel.de/auto/aktuell/verkehrsschilder-auf-der-a9-und-a93-was-bedeutet-dieses-schild-a-1126092.html#fotostrecke-a1c01fff-0001-0002-0000-000000143533>.
7. Експерти перерахували всі автомобілі у світі. Це неймовірна кількість! URL: <https://bukinfo.com.ua/cikavynky/eksperty-pererahuvaly-vsi-avtomobili-u-sviti-ce-neymovirna-kilkist#>.

Кишун Володимир Андрійович – кандидат економічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет.

Kyshchun Volodymyr – PhD. in Economic, Assoc. Professor of Motor Cars and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University.

УДК 629.3.027.4

Клімов Е.С., Солтус А.П.

ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ ОПОРУ ПОВОРОТУ ВІЗКА ТРИОСЬОВОГО АВТОМОБІЛЯ ПІД ЧАС РУХУ ПО КРИВОЛІНІЙНІЙ ТРАЄКТОРІЇ

Наявність у триосьових транспортних засобів візка з двома некерованими осями дозволяє підвищити їх вантажопідйомність та водночас збільшує опір криволінійному руху, погіршує їх паливну економічність, маневреність та керованість. Оскільки такий вплив візка буде проявлятися під час руху по криволінійній траєкторії, тому визначення моменту опору візка під час руху по криволінійній траєкторії є актуальною задачею.

Представлено дослідження моменту опору візка триосьового автомобіля під час руху по криволінійній траєкторії.

Ключові слова: триосьовий автомобіль, криволінійна траєкторія, візок, кут відведення, момент опору повороту візка

The presence of a bogie with two unsteering axles in three-axle vehicles allows to increase their carrying capacity and at the same time increases the resistance to curvilinear movement, worsens their fuel efficiency, maneuverability and handling. Since such an influence of the bogie will be manifested during movement along a curved trajectory, therefore, determining the bogie turning resistance moment during movement along a curvilinear trajectory is an urgent task.

A study of the three-axle vehicle bogie turning resistance moment during movement along a curved trajectory is presented.

Key words: three-axle vehicle, curved trajectory, bogie, slip angle, bogie turning resistance moment

Аналіз літературних джерел [1–4] показав, що візок з некерованими осями призводить до збільшення мінімального радіуса повороту автомобілів та унеможливорює їх експлуатацію на дорогах з низьким коефіцієнтом зчеплення та малими радіусами кривизни. Водночас під час руху з мінімальним радіусом повороту на опорній поверхні з високим коефіцієнтом зчеплення залишаються сліди від зносу гуми протектора коліс візка.

Особливості руху коліс візка по криволінійній траєкторії будемо розглядати з урахуванням того, що колеса візка рухаються по горизонтальній асфальтобетонній опорній поверхні з малою швидкістю, сили інерції не враховуються; контактні відбитки шин приведені до рівновеликих прямокутників [1].

Прийнявши такі припущення, на рис. 1 наведено схему для визначення особливостей руху та моменту опору повороту візка триосьового автомобіля по криволінійній траєкторії. З аналізу рис. 1 видно, що триосьовий автомобіль рухається по криволінійній траєкторії з центром у точці О з кутовою швидкістю $\bar{\omega}_{\text{пер}}$. Візок має базу l_0 , поздовжня вісь контактного відбитка шини колеса візка дорівнює a . Центр внутрішнього борта візка, точка А, рухається по криволінійній траєкторії радіуса R , а центр зовнішнього борта, точка F – по траєкторії радіуса $R+K_0$, де K_0 – колія коліс візка. Центри коліс візка, точки В, С, D, Е, рухаються по траєкторіям радіусів ОВ, ОС, OD, OE відповідно. Вектори $\bar{V}_B, \bar{V}_C, \bar{V}_D, \bar{V}_E$, проведені з центрів кожного з коліс візка перпендикулярно до цих радіусів, є векторами швидкості руху центрів цих коліс. $\bar{V}_A, \bar{V}_F$ – вектори швидкості центрів коліс відповідно внутрішнього борта, точка А, та зовнішнього, точка F, візка. $\bar{V}_{BA}, \bar{V}_{CA}, \bar{V}_{DF}, \bar{V}_{EF}$ – вектори відносної швидкості центрів коліс В, С, D, Е відносно центрів бортів, відповідно точки А та точки F.

Зауважимо, що вектори $\bar{V}_{BA}, \bar{V}_{FD}$ перпендикулярні до поздовжньої осі автомобіля та напрямлені до центра повороту, точки О, а вектори $\bar{V}_{CA}$ та $\bar{V}_{FE}$ – протилежно їм.

Таким чином, рух центрів коліс В та С внутрішнього борта візка складається із руху по криволінійній траєкторії радіуса R та їх руху відносно центра точки А по радіусу $l_B/2$. Аналогічно рух центрів коліс D та E зовнішнього борта візка складається із руху по криволінійній траєкторії радіуса $R + K_B$ та їх руху відносно центра точки F по радіусу $l_B/2$.

Вище розглянуто рух центрів коліс візка по криволінійній траєкторії, з позиції теоретичної механіки, без урахування шин. Водночас, згідно з [1, 5], за наявності еластичного тіла шини кут між вектором швидкості центра кожного із коліс візка та диском буде кутом відведення, із яким рухається по криволінійній траєкторії колесо візка. У цьому випадку колеса візка з центрами В, С, D, E будуть рухатись по криволінійній траєкторії з кутами відведення відповідно $\delta_B, \delta_C, \delta_D, \delta_E$. Із аналізу рис. 1 видно, що кут відведення колеса візка з центром В рухається з кутом відведення δ_B , який визначимо із аналізу $\triangle AOB$. Кут $AOB = \delta_B$ як кути зі взаємно перпендикулярними сторонами. Ураховуючи, що кути відведення не перевищують 10° , то з достатньою для практики точністю $\tan \delta_B = \delta_B$ (рад). У цьому випадку $\delta_B = AB/AO$ (рад). Приймаючи до уваги, що $AB = l_B/2$ та $AO = R$, кут відведення в градусах, з яким буде рухатись колесо візка з центром у точці В, визначиться так:

$$\delta_B = \frac{57,3 l_B}{2R}. \quad (1)$$

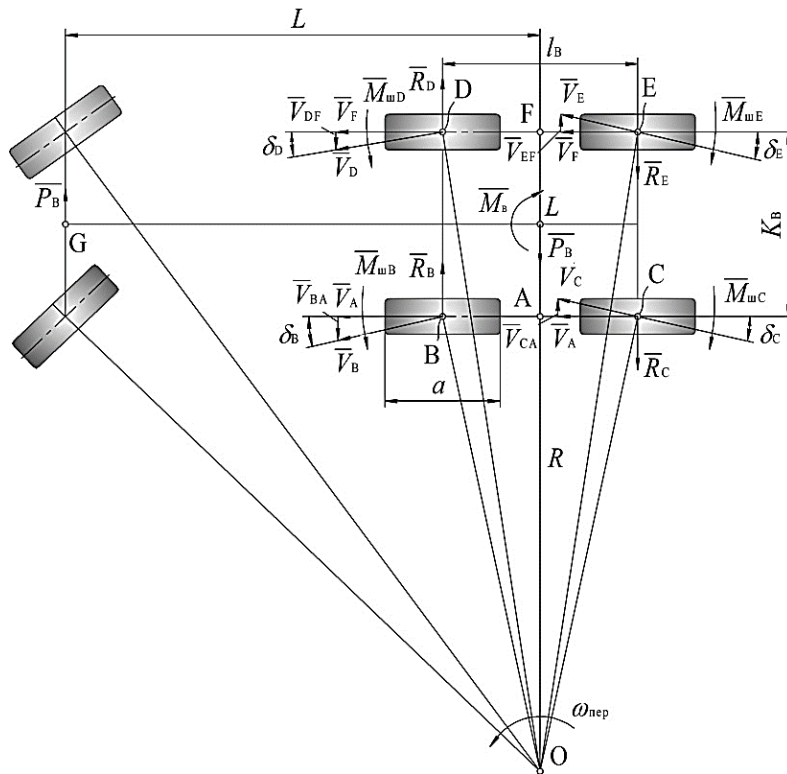


Рисунок 1 – Схема для визначення особливостей руху та моменту опору повороту візка триосового автомобіля під час руху по криволінійній траєкторії

Ураховуючи, що радіус траєкторії колеса візка з центром у точці С $OC = OB$, то кут відведення в градусах, з яким рухається колесо з центром у точці С, будуть рівними $\delta_C = \delta_B$.

Колеса візка з центрами у точках D та E рухаються по траєкторіям радіусів OD та OE, які, згідно з рис. 1, дорівнюють один одному, $OD = OE$. З урахуванням вищенаведеного куту відведення цих коліс в градусах визначаться так:

$$\delta_D = \delta_E = \frac{57,3 l_B}{2(R + K_B)}. \quad (2)$$

Із наведеного випливає, що рух колеса візка по криволінійній траєкторії складається із руху по траєкторії центра борта та додатково плоско-паралельного руху з кутом відведення, який є функцією половини бази візка та радіуса траєкторії руху центра борта.

Водночас, згідно з [1, 5], під час плоско-паралельного руху еластичного колеса з відведенням виникають бічна сила та стабілізуючий момент шини, які є функціями кута відведення.

Бічні сили, що виникають під час руху коліс візка по криволінійній траєкторії, спричиняють виникнення у контактних відбитках шин реакцій, які за напрямком дії протилежні векторам відносних швидкостей $\vec{V}_{BA}, \vec{V}_{CA}, \vec{V}_{DF}, \vec{V}_{EF}$. На колесах візка з центрами В, С, D, Е виникають бічні реакції відповідно $\vec{R}_B, \vec{R}_C, \vec{R}_D, \vec{R}_E$, які внаслідок зміщення відносно центрів контактних відбитків згенерують стабілізуючі моменти шин відповідно $\vec{M}_{шB}, \vec{M}_{шC}, \vec{M}_{шD}, \vec{M}_{шE}$. Вектори бічних реакцій $\vec{R}_B, \vec{R}_C, \vec{R}_D, \vec{R}_E$ напрямлені протилежно відповідним векторам відносних швидкостей $\vec{V}_{BA}, \vec{V}_{CA}, \vec{V}_{DF}, \vec{V}_{EF}$, що вплине на напрямок дії стабілізуючих моментів шин. Так, стабілізуючі моменти шин коліс візка з центрами В та D напрямлені проти напрямку руху стрілки годинника, а коліс з центрами С та Е – за напрямком руху стрілки годинника. Оскільки кути відведення коліс $\delta_B = \delta_C$, а $\delta_D = \delta_E$, то відповідно за абсолютною величиною стабілізуючі моменти шин $M_{шB} = M_{шC}$ та $M_{шD} = M_{шE}$. Ураховуючи наведене, результуючий стабілізуючий момент шин під час руху візка по криволінійній траєкторії дорівнюватиме нулю.

Водночас, бічні реакції, що діють на колеса візка R_B та R_D напрямлені протилежно реакціям R_C та R_E , паралельні між собою та діють на відстані бази візка, утворюючи момент опору повороту візка під час руху по криволінійній траєкторії, який визначиться так:

$$M = (R_B + R_D)l_B. \quad (3)$$

За умови, що кути відведення триосьових автомобілів не перевищують 5° , бічні реакції R_B та R_D , згідно [1, 5], визначимо за наступними залежностями:

$$R_B = \frac{57,3}{2} k_B l_B \left(\frac{1}{R} \right), \quad (4)$$

$$R_D = \frac{57,3}{2} k_B l_B \left(\frac{1}{R+K_B} \right), \quad (5)$$

де k_B – коефіцієнт опору бічному відведенню колеса візка, Н/град.

Після підстановки R_B та R_D до (3) отримаємо вираз для визначення моменту опору повороту візка:

$$M = \frac{57,3 k_B l_B^2}{2} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R+K_B} \right). \quad (6)$$

Із аналізу виразу (6) видно, що момент опору візка під час руху по криволінійній траєкторії пропорційний коефіцієнту опору бічному відведенню коліс візка, квадрату бази візка та кривизні траєкторії руху. Щодо величини коефіцієнта опору бічному відведенню коліс візка, то вона залежить від особливостей конструкції шини, навантаження та тиску повітря у шині. Підвищення навантаження на колеса візка спричинить збільшення цього моменту.

Унаслідок дії цього моменту утворюються сили, одна з яких діє на керований міст перпендикулярно остову автомобіля, а інша діє на колеса візка. За умови, що кути відведення коліс візка під час руху по криволінійній траєкторії автомобіля не перевищують 5° , силу, що діє на керований міст, визначимо так:

$$P_B = \frac{57,3 k_B l_B^2}{2L} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R+K_B} \right), \quad (7)$$

де L – база автомобіля, м.

Загалом сила від руху візка по криволінійній траєкторії P_B діє на керований міст, зумовлюючи зміну динамічних та кінематичних параметрів керованих коліс.

Щодо величини баз візків на триосьових автомобілів загального призначення, то вони залежать від вільного радіуса коліс візка та знаходяться у межах від 1,32 до 1,44 м, що створює значні сили на керованих колесах автомобіля. Ці сили на керованих колесах спричинять збільшення мінімального радіуса повороту триосьового автомобіля відносно двоосьового, що необхідно враховувати під час експлуатації автомобілів на гірських дорогах. Так, проведені автором роботи експериментальні дослідження можливості експлуатації триосьових автомобілів КрАЗ-256Б на високогірних дорогах Болівії кар'єру фірми Comibol над рівнем

моря до 4800 м показали, що завантажений автомобіль КраЗ-256Б не забезпечує безпеку руху на цих дорогах за значного мінімального радіуса повороту.

Із аналізу наведеного випливають наступні висновки:

1. Рух колеса візка по криволінійній траєкторії складається із руху по криволінійній траєкторії радіусом центра борта візка та плоско-паралельного руху з кутом відведення $\delta = l_v/(2R)$ (рад). Рух колеса по криволінійній траєкторії радіуса R спричинює кочення колеса з кінематичним кутом відведення, а плоско-паралельний рух колеса з кутом відведення – бічну силу та стабілізуючий момент шини.

2. Бічні сили на колесах візка утворюють момент опору повороту візка, величина якого пропорційна коефіцієнту опору бічному відведенню коліс візка, квадрату бази візка та кривизні траєкторії руху коліс візка. Унаслідок дії цього моменту перпендикулярно остову автомобіля виникають сили, одна з яких діє на керований міст, а інша – на колеса візка. Отримано залежність для визначення моменту опору повороту візка та сили, що діє на керований міст.

Список використаних джерел

1. Солтус А. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля. Київ: Арістей, 2010. 155 с.
2. Ellis J. R. The Steering Characteristics of Multiple Axle Bogie Systems. *Vehicle System Dynamics*, 1976. № 5 (4). P. 221–238. <https://doi.org/10.1080/00423117608968416>.
3. Fancher P. Winkler C. Directional performance issues in evaluation and design of articulated heavy vehicles. *Vehicle System Dynamics*. 2007. Vol. 45, No. 7–8. P. 607–647. <https://doi.org/10.1080/00423110701422434>.
4. Zhang Y., Huang Y., Wang, H. & Khajepour A. A comparative study of equivalent modelling for multi-axle vehicle. *Vehicle System Dynamics*. 2017. 56(3), P. 443–460. <https://doi.org/10.1080/00423114.2017.1387277>.
5. Mateichyk V., Soltus A., Klimov E., Kostian N., Smieszek M., Kovbasenko S. Regularities of Changes in the Motion Resistance of Wheeled Vehicles along a Curvilinear Trajectory. *Machines*. 2023. 11(5). P. 570. <https://doi.org/10.3390/machines11050570>.

Клімов Едуард Сергійович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри автомобілів та тракторів, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, e-mail: edward.klimov@gmail.com

Солтус Анатолій Петрович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технічний університет, e-mail: auto.soltus@gmail.com

Eduard Klimov – PhD in Engineering, Associate Professor, Head of Automobiles and Tractors Department, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, e-mail: edward.klimov@gmail.com

Anatolii Soltus – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Cars and Technologies of Their Operation Department, Cherkasy State Technological University, e-mail: auto.soltus@gmail.com

УДК 633. 436

Козак Ф.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ОКСИДІВ АЗОТУ В ПЕРЕОБЛАДНАНИХ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНАХ ДЛЯ РОБОТИ НА ПАЛИВНИХ СУМІШАХ

Дана робота полягає у вирішенні актуального науково-практичного завдання зниження викидів відпрацьованих газів переобладнаних двигунів внутрішнього згоряння, що запалюються від стиснення при використанні альтернативних сумішевих палив.

Ключові слова: паливна суміш, відпрацьовані гази, екологія, двигун.

This work is aimed at solving the current scientific and practical problem of reducing exhaust gas emissions from converted compression-ignited internal combustion engines using alternative mixed fuels.

Keywords: fuel mixture, exhaust gases, ecology, engine.

Звичайними вихлопними газами від дизельних двигунів є викиди оксидів азоту (NO_x), монооксиди вуглецю (CO), незгорілі вуглеводні (HC) і тверді частинки (PM). Утворення NO_x залежить від окислення атмосферного азоту і на нього сильно впливає температура заряду циліндра. Загальні викиди NO_x у дизельному двигуні є вищими порівняно з двигунами з іскровим запалюванням, оскільки згоряння відбувається як дифузне полум'я. У цьому випадку стехіометричне співвідношення повітря і палива досягає дуже високих температур, що пояснює високий рівень NO_x [1].

Ще одна проблема для виробників дизельних двигунів – вартість палива. Дизельне паливо вартість, як правило, висока і зростає при високому світовому попиті на дизельне паливо, особливо в Європі, Китаї та США [2].

Оскільки альтернативне паливо, є значно нижчим у вартості, то використовуючи його у дизелі можна сприяти економії витрат на паливо.

З врахуванням цього чинника економічно доцільним є використання в якості палива газових сумішей, які б склались з низькокалорійних газу та метану або пропан-бутану. Вміст низькокалорійних газових палив повинен складати 5-20 % для того, щоб не відбувалось відчутного зниження теплоти згорання палива та, відповідно, зменшення потужності конвертованого двигуна.

Здійснено аналіз вибору виду низькокалорійного газового палива для альтернативної паливної газової суміші та встановлено, що найбільш раціональним вибором низькокалорійного газу для сумішевого моторного палива буде генераторний газ.

Важливе значення для потужності двигуна має теплотворна здатність сумішевого палива та порівняння його з дизельним паливом [3]. Літнє дизельне паливо має теплотворну здатність 43,4 МДж/кг [3]. Нижча теплота згорання пропан-бутанової суміші за однакових частках пропану та бутану по 50 % складає 46,0 МДж/кг. Таким чином, конвертація дизельного двигуна на чисту пропан-бутанову суміш дозволить підняти потужність двигуна приблизно на 6 %.

Генераторний газ мав показники нижчої теплотворної здатності – 10,1 МДж/кг або в 4,2 рази менше за теплотворну здатність пропан-бутанової суміші, але він є відновлюваним джерелом.

Під час досліджень переобладнаного дизельного двигуна вимірювались об'ємні частки оксидів азоту газоаналізатором «Автотест–02.03П».

На рис. 1 зображено залежність викидів оксидів азоту у відпрацьованих газах дизельного двигуна Д21А1 при роботі на дизельному паливі та при роботі на паливній суміші в залежності від частоти обертання колінчастого вала.

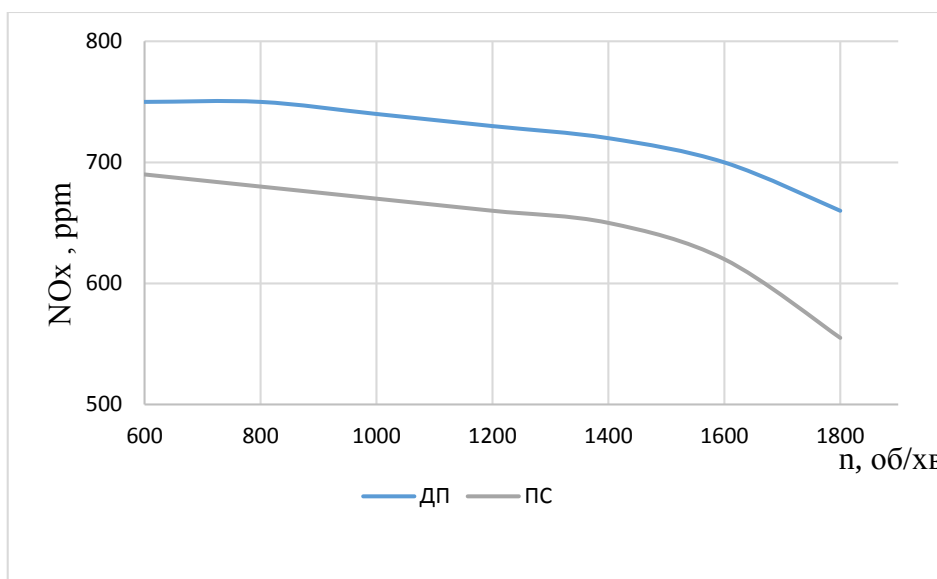


Рисунок 1 – Залежності викидів оксидів азоту у відпрацьованих газах дизельного двигуна Д21А1 при роботі на ДП та при роботі на паливній суміші

Встановлено, що при роботі двигуна Д21А1 на дизельному паливі при частоті обертання колінчастого вала 600 об./хв. спостерігається відносно незначне зниження викидів оксидів азоту у відпрацьованих газах з 750 ppm до 690 ppm при роботі конвертованого двигуна на паливній суміші, або на 8 %. При роботі двигуна Д21А1 на дизельному паливі на високій частоті обертання колінчастого вала 1800 об./хв. бачимо вище зниження викидів оксидів азоту у відпрацьованих газах з 660 ppm до 555 ppm при роботі конвертованого двигуна на паливній суміші, або на 15 %..

Отже, при змінній частоті обертання колінчастого валу відбувається зниження викидів оксидів азоту у відпрацьованих газах дизельного двигуна Д21А1 при роботі на паливній суміші у порівнянні з роботою двигуна на дизельному паливі.

Список використаних джерел

1. Bhaskor J. Bora at al, Effect of compression ratio on performance, combustion and emission characteristics of a dual fuel diesel engine run on raw biogas, Energy Conversion and Management 2014, pp. 1000–1009.
2. Bedoya at al, Effects of mixing system and pilot fuel quality on diesel-biogas dual fuel engine performance, Bioresource Technology 2009, pp. 6624-6629.
3. Aneke M. at al Power generation from waste heat in a food processing application. Applied thermal engineering. 2012. Vol. 36. P. 171-180.

Козак Федір Васильович – кандидат технічних наук, професор кафедри автомобільного транспорту інституту інженерної механіки та робототехніки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Fedir Kozak – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Road Transport, Institute of Engineering Mechanics and Robotics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.

УДК 504.06:662.756.3

Козак Ф.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДВИГУНА PEUGEOT 3008 1,5 Л BLUEHDІ У ПРОЦЕСІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ СПИРТУ

Оскільки ціни на нафту зростають разом зі швидким накопиченням викидів парникових газів і суворими законодавчими нормами щодо викидів, для вирішення цих проблем необхідно запропонувати нові, відновлювані та екологічно чисті види палива замість традиційних. Завдяки багатим ресурсам, відносно нижчим викидам і покращеним характеристикам змішування та горіння легкі спирти, а саме метанол і етанол, мають потенціал для вирішення певних проблем.

Проблема економії палива і захисту навколишнього середовища може вирішуватися за рахунок широкого впровадження на ДВЗ альтернативних видів палива.

У процесі використання етанолу та метанолу відбувається зниження середнього індикаторного тиску в циліндрі двигуна Peugeot 3008 на 28,6 та 40,8 % відповідно за рахунок цього відбулося падіння індикаторного ККД до 29,4 і 67,2 % відповідно та зростання питомої індикаторної витрати палива в 2,3 та 3,9 рази. Зміна цих показників зумовлена тим, що у процесі використання спиртів знижується теплота згоряння та наповнення циліндрів, а тому для забезпечення потужності двигуна виникає необхідність спалювати більшу кількість палива. А тому, у разі використання паливних сумішей з бензином етанолу можна додавати в більшій кількості у порівнянні з метанолом.

Ключові слова: автомобіль, спиртове паливо, етанол, метанол, ККД, витрата палива, потужність, двигун.

As oil prices rise along with the rapid accumulation of greenhouse gas emissions and strict emission regulations, new, renewable and environmentally friendly fuels need to be proposed to replace traditional fuels to address these issues. Due to their abundant resources, relatively lower emissions and improved mixing and combustion characteristics, light alcohols, namely methanol and ethanol, have the potential to address certain issues.

The problem of fuel economy and environmental protection can be addressed through the widespread introduction of alternative fuels in internal combustion engines.

In the process of using ethanol and methanol, the average indicator pressure in the cylinder of the Peugeot 3008 engine decreases by 28.6 and 40.8%, respectively, due to which the indicator efficiency drops to 29.4 and 67.2%, respectively, and the specific indicator fuel consumption increases by 2.3 and 3.9 times. The change in these indicators is due to the fact that the heat of combustion and cylinder filling decreases in the process of using alcohols, and therefore, to ensure engine power, it becomes necessary to burn a larger amount of fuel. Therefore, when using fuel mixtures with gasoline, ethanol can be added in larger quantities compared to methanol.

Key words: car, alcohol fuel, ethanol, methanol, efficiency, fuel consumption, power, engine.

Питання використання альтернативних палив, сумішей біопалив для дизельних двигунів та оптимізації складу альтернативного дизельного палива розглянуті в роботах Н. Внукової, В. Барун, М. Balat, Р. Bielaczus та ін. [1-7].

Дослідження [8-13] вказують на зміни параметрів викидів вуглеводів (НС), оксиду вуглецю (СО), вуглекислого газу (СО₂) і оксиду азоту (NO_x), а також характеристики згоряння при використанні спиртового палива в SI двигунах.

Спирти, що використовуються як альтернативне паливо в двигунах SI, це метанол, етанол, пропанол і бутанол. Переваги спиртів, які є альтернативними видами палива, можна перерахувати наступним чином: спирти можуть замінити паливо з сирої нафти; країни, які не мають запасів сирої нафти, можуть задовольнити свої енергетичні потреби, не будучи залежними від нафти; виробництво алкоголю (особливо етанолу) може бути гарним джерелом доходу для фермерів у країнах із широкими сільськогосподарськими можливостями; спирти мають високе октанове число, що підвищує детонаційну стійкість палива. У цьому випадку продуктивність двигуна можна підвищити за рахунок підвищення ступеня стиснення в двигунах [9-12].

Дослідження індикаторних показників робочого циклу ДВЗ проводили використовуючи наступні залежності.

Теоретичний середній індикаторний тиск розраховуємо за формулою [14]:

$$P_i' = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right], \text{МПа} \quad (1)$$

де ε – міра стиску двигуна;

n_1, n_2 – показник політропи стиску та розширення відповідно;

P_c – тиск в кінці такту стиску;

λ – міра підвищення тиску.

Середній індикаторний тиск визначається [14]:

$$P_i = \varphi \cdot P_i', \text{МПа} \quad (2)$$

де $\varphi = 0,95$ – коефіцієнт повноти діаграми.

Індикаторний ККД визначається [14]:

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot l_0 \cdot \alpha}{H_u \cdot \rho_0 \cdot \eta_v} \quad (3)$$

де l_0 – теоретично необхідна кількість повітря на 1 кг палива;

α – коефіцієнт надлишку повітря;

H_u – нижча теплота згоряння палива;

η_v – коефіцієнт наповнення циліндра ДВЗ;

ρ_0 – густина повітря.

Індикаторна питома витрата палива [14]:

$$g_i = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_i}, \frac{z}{\text{кВт} \cdot \text{год}}. \quad (4)$$

Індикаторні показники достатньою мірою відображають якісні сторони перетворення тепла в роботу в двигуні, але не враховують втрати енергії на тертя, привід допоміжних механізмів, процеси впуску і випуску.

Втрати на подолання різних опорів оцінюються потужністю механічних втрат. Її відносять до одиниці об'єму циліндрів. Звичайно механічні втрати зв'язують із середньою швидкістю поршня $v_{п.ср.}$.

Досконалість двигуна в цілому оцінюється ефективними показниками: ефективною потужністю, середнім ефективним тиском, ефективним ККД та питомою ефективною витратою палива. Ці показники отримуються на виході з двигуна, на його колінчастому валу.

За результатами дослідження ефективних показників роботи двигуна Peugeot 3008 з об'ємом 1,6 л нами встановлено, що середній ефективний тиск при використанні бензину становить 1,182 МПа, питома ефективна витрата палива – 0,254 та ефективний ККД – 0,326. При використанні етанолу середній ефективний тиск становить 0,810 МПа, питома ефективна витрата палива – 0,606 та ефективний ККД – 0,220. Значно погіршуються показники двигуна при використанні метанолу, а саме, середній ефективний тиск становить 0,65 МПа, питома ефективна витрата палива – 1,059 та ефективний ККД – 0,158.

Механічні втрати приходяться на поршні, шатуни, кільця – всі місця, де є тертя. Сюди можна віднести і втрати від навантаження генератора, наприклад чим більше електрики виробляє генератор, тим сильніше він гальмує обертання колінчастого валу. Звичайно, змащення також зробили крок вперед, але знову ж таки повністю тертя ще нікому не вдалося перемогти – механічні втрати можуть досягати до 20-25 %.

На рис. 1 показано графічну залежність зміни ККД механічних втрат від виду палива. Як бачимо з рис. 1 при використанні спиртів зростають механічні втрати.

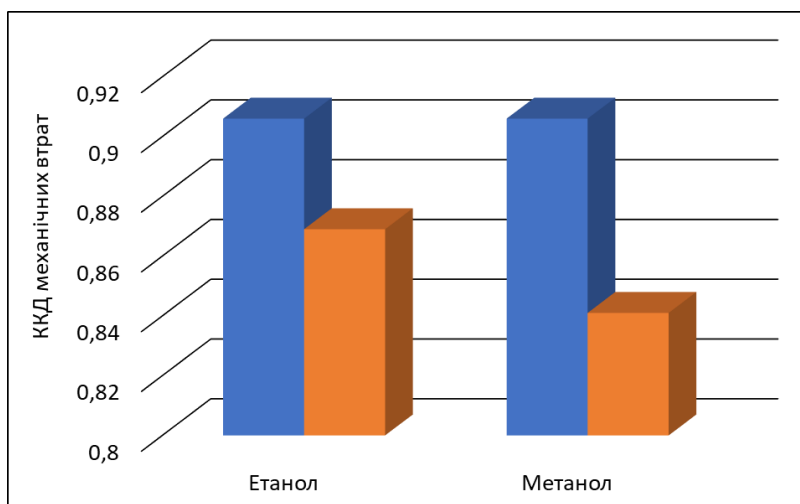


Рисунок 1 – Зміна ККД механічних втрат двигуна Peugeot 3008 в залежності від виду палива

Як показує аналіз досліджень, величина механічних втрат поршневого ДВЗ залежить від режиму роботи і для номінального режиму складає 20 – 30 % від енергії, що поступає з паливом в циліндри ДВЗ. До складу механічних втрат відносять втрати на тертя та на виконання насосних ходів відключених циліндрів. Найбільшу частину механічних втрат складають втрати на тертя в кінематичних парах кривошипно-шатунного механізму (КШМ), які сягають 70% механічних втрат.

Для забезпечення потужності двигуна 110 кВт у процесі використання етанолу та метанолу виникає необхідність збільшення діаметра циліндра рис. 2.

За результатами дослідження ефективних показників роботи двигуна Peugeot 3008 з об'ємом 1,6 л у процесі використання етанолу та метанолу, нами встановлено зниження ККД механічних втрат на 4,1 та 7,2 %.

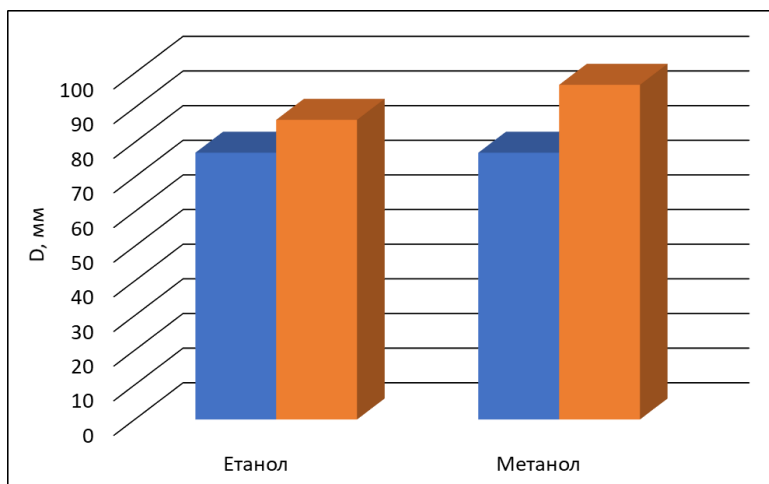


Рисунок 2 – Зміна діаметра циліндра двигуна Peugeot 3008 в залежності від виду палива

Також, для забезпечення необхідної потужності двигуна Peugeot 3008 110 кВт при використанні етанолу необхідно збільшити діаметр циліндра на 12,3 %, а при використанні метанолу на 25,5 %.

Список використаних джерел

1. Внукова Н. Альтернативне паливо як основа ресурсозбереження і екобезпеки автотранспорту / Н. В. Внукова, М. В. Барун // Енергорозбереження. Енергетика. Енергоаудит. Національний технічний університет - "Харківський політехнічний інститут". №9 (91). – С. 45-55.
2. Balat M, Balat H. Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel. Applied Energy 2009; 86: 2273–2282. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.03.015>.
3. Bielaczyc P, Woodburn J, Gandyk M, Szczotka A. Ethanol as an automotive fuel – a review. Combustion 2016; 166(3): 39-45. <https://doi.org/10.19206/CE-2016-338>.
4. Dardiotis C, Fontaras G, Marotta A, Martini G, Manfredi U. Emissions of modern light duty ethanol flex-fuel vehicles over different operating and environmental conditions. Fuel 2015; 140: 531-540. doi: 10.1016/j.fuel.2014.09.085.
5. Jakóbiec J, Marchut A, Jaskólski J. Exhaust emissions of engines fuelled with gasoline with bioethanol. Journal of KONES 2000: 146-153. Polish.
6. Kałużny J. et al. An innovative system for piston engine combustion with laser-induced ignition of the hydrocarbon fuel consisting carbon nanotubes. Combustion Engines 2017; 168(1): 3-14, <https://doi.org/10.19206/CE-2017-101>.
7. Klimiuk E, Pawłowska M, Pokój T. Biofuels – technologies for sustainable development. PWN Warszawa; 2012. Polish.
8. Leja K, Lewandowicz G, Grajek W. Production of bioethanol from cellulose raw materials. Biotechnologia, 2009; 4(87): 88–101. Polish.
9. Liu Y, Murata K, Inaba M, Takahara I. Synthesis of ethanol from methanol and syngas through an indirect route containing methanol dehydrogenation, DME carbonylation, and methyl acetate hydrogenolysis. Fuel Processing Technology 2013; 110: 206-213. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2012.12.016>.
10. Merkisz J, Kozak M, Teodorczyk A. Benefits and risks associated with the use of biofuels in internal combustion engines. Archiwum Spalania, 2003, 3(1). Polish.
11. Nylund N, Koponen K. Fuel and Technology Alternatives for Buses. VTT Technical Research Centre of Finland; 2012. 144(2): 93-99.
12. Pałuchowska M, Stępień Z, Żak G. The prospects for the use of ethanol as a fuel component and its potential in the reduction of exhaust emissions. Combustion Engines 2014; 158(3): 80-92.
13. Regulation of the Minister of Economy of 14 May 2015 amending the regulation on quality requirements for biocomponents, methods for testing the quality of biocomponents and the method of sampling biocomponents. Polish. Dz.U. 2015 poz. 780.
14. Шапко В. Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії двигунів внутрішнього згоряння: підручник. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2023. – 180 с.

Козак Федір Васильович – кандидат технічних наук, професор кафедри автомобільного транспорту інституту інженерної механіки та робототехніки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Fedir Kozak – Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Road Transport, Institute of Engineering Mechanics and Robotics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.

УДК 621.891.4:669.14.24

Колесніков В.О.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИСОКОАЗОТНИХ СТАЛЕЙ, ВИПРОБУВАНИХ В УМОВАХ СУХОГО ТЕРТЯ КОЧЕННЯ

Наведено результати експериментальних випробувань в умовах сухого тертя кочення високоазотних сталей, які працювали в контакті з конструкційною сталлю 45.

Ключові слова: автомобілебудування, тертя, зношування, високоазотні сталі, сталь 45.

The paper presents the results of experimental tests of high-nitrogen steels under dry rolling friction conditions, which worked in contact with structural steel 45.

Key words: automotive industry, friction, wear, high-nitrogen steels, steel 45.

Зношування — це поступова втрата матеріалу з поверхні деталі (руйнування поверхневих і підповерхневих шарів), що відбувається внаслідок механічного, хімічного або фізико-хімічного впливу в процесі експлуатації. В автомобілях зношування є однією з основних причин зниження ресурсу агрегатів, що зумовлює необхідність ремонту або заміни окремих вузлів [1–5].

У триботехнічних вузлах та деталях транспортних засобів найчастіше спостерігаються такі типи зношування: *абразивне зношування* — спричинене дією твердих частинок (бруд, піску, металевих включень); *адгезійне зношування* — виникає внаслідок мікроскопічного зварювання при контакті поверхонь; *корозійно-механічне зношування* — є результатом одночасного впливу корозійних процесів і механічного тертя; *утомне зношування* — обумовлене багаторазовими змінними навантаженнями.

Найбільш інтенсивне зношування деталей в автомобілях спостерігається в таких критичних вузлах: поршнево-циліндрова група двигуна; підшипники кочення та ковзання; шарніри підвіски; зчеплення та коробка передач; гальмівна система.

Серед перспективних конструкційних матеріалів варто виокремити високоазотні сталі (High-Nitrogen Steels) [6–17]. Зокрема, з високоазотних сталей виготовляють поршневі кільця для двигунів автомобілів Honda моделей: 70CC, 90CC, CRF70F, XL70, XR70, C70, CT70, ATC70 та CL70 [12, 13]. Такі кільця придатні для роботи на високих обертах і під дією значних навантажень. Що стосується першого поршневого кільця з високоазотної сталі, постачання, включає комплект поршнів і прокладок. Технічні характеристики першого поршня з високоазотної сталі становлять: діаметр поршня — 47 мм; висота поршня — 41,5 мм; діаметр поршневого пальця — 13 мм; довжина поршневого пальця — 38 мм.

Із сталі X13CrMnMoN18-14-3 (європейська марка, EN 1.4452) виготовляють деталі двигунів, підшипники ковзання та елементи турбонаддуву [14], а зі сталі X8CrMnN18-18 — пружини, кріпильні елементи та деталі підвіски [15]. Високоазотні сталі демонструють високу зносостійкість в умовах застосування різноманітних змащувальних композицій і рідин [12, 18, 19].

Дослідження які проводять в умовах сухого тертя показують здатність матеріалу чинити опір зношуванню в екстремальних умовах — наприклад, коли повністю зник змащувальний шар у трибоспряженні [20 - 26].

Проведено порівняльні дослідження зносотривкості матеріалів. Випробування виконувалися на машині тертя СМТ-1 (модель 2070). Швидкість обертання нижнього ролика становила 1480 об/хв, верхнього — 1240 об/хв (проковзування — 15%). Нижній ролик діаметром 42 мм було виготовлено зі сталі 45, загартованої до мартенситної структури; його твердість становила 55 HRC. Верхній ролик — із високоазотних сталей: DDT 68 (діаметр 35

мм) та P900 (діаметр 31 мм). Хімічний склад представлено в таблиці 1, а деякі механічні характеристики — у таблиці 2. У мікроструктурі високоазотних сталей зафіксовано аустенітну металеву матрицю з мікротвердістю в межах 4,2...5,0 ГПа. Лінійна швидкість верхнього ролика становила 2,27 м/с, нижнього — 3,08 м/с. Випробування проводилися в умовах сухого тертя за навантаженням 200...600 Н.

На рис. 1 представлено результати випробувань разом із розрахованими поліноміальними рівняннями та коефіцієнтами множинної регресії (R^2).

Таблиця 1 – Хімічний склад сталей (wt., %)

№ за/п	Марка	C	N	V	Mo	Ni	Cr	Mn	Si
1	Сталь DDT 68	0,06	0,97	0,14	2,08	0,13	17,5	19,4	0,52
2	Сталь P900	0,08	0,58	0,12	0,13	1,18	17,8	19,0	0,38
3	Сталь 45*	0,47	–	–	–	0,23	0,24	0,78	0,27

* до 0,04 S, до 0,035 P, до 0,25 C, до 0,25 Cu, до 0,08 As.

Таблиця 2 – Властивості сталей

№ з/п	Марка сталі	σ_T , МПа	σ_B , МПа	HRC
1	DDT68	658	1046	52
2	P900	560	921	48

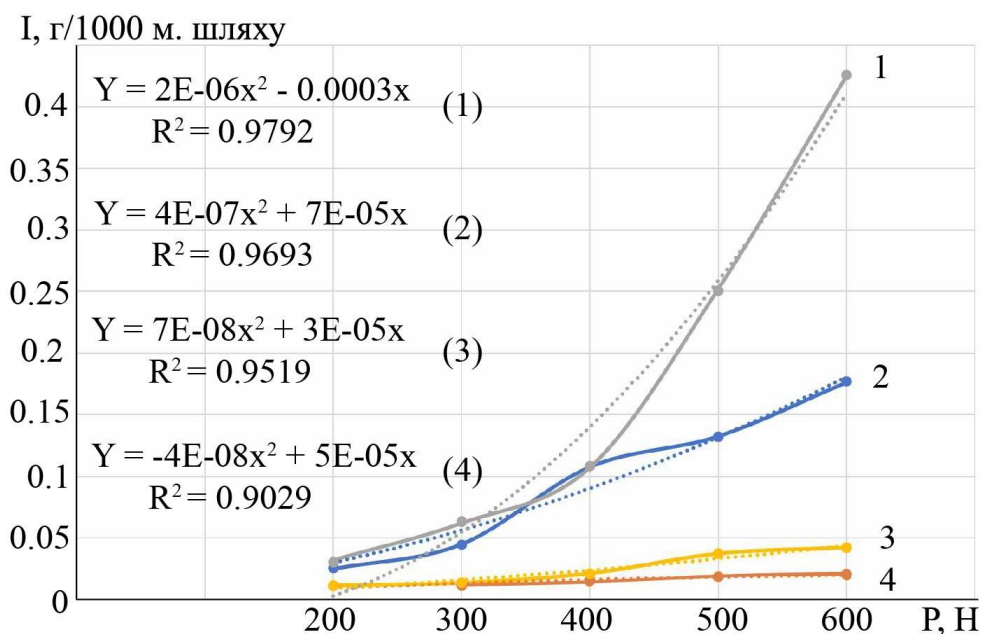


Рисунок 1. Графік інтенсивності зношування в умовах сухого тертя:

1 – сталь P900; 2 – сталь DDT68; 3,4 – Сталь 45. Пари тертя: (1, 3); (2,4).

Нумерація поліноміальних рівнянь та коефіцієнтів множинної регресії (R^2) відповідає номерам кривих на графіку.

Аналіз результатів випробувань дозволяє стверджувати, що за даних умов більш зносостійкою виявилася сталь DDT68 порівняно зі сталлю P900. Заміна ролика з мартенситною мікроструктурою на ролики з меншою твердістю та іншою металевою матрицею (феритно-перлітною) сприяє підвищенню зносостійкості високоазотних сталей [25, 26]. Із достовірністю апроксимації $R^2 = 0,90 \dots 0,97$ отримано поліноміальні рівняння, що описують інтенсивність зношування в умовах проковзування та змінного навантаження для досліджуваних сталей.

Список використаних джерел

1. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів: навчальний посібник / Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 118 с.
2. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Організація самостійної та практичної роботи : навчальний посібник / М.В. Митко, О.П. Шиліна, С.В., Цимбал – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 98 с.
3. Форнальчик Є.Ю., Оліскевич М.С. та ін. Технічна експлуатація та надійність автомобілів. – Львів: Афіша, 2004. – 492 с.
4. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей: навчальний посібник В.В. Біліченко, О.Л.Добровольський, В. О. Огневий, Є. В. Смирнов – Вінниця : ВНТУ, 2017.– 163 с.
5. Біліченко В. В. Вступ до фаху: навчальний посібник [2-ге вид. перероб. і доп.] / Біліченко В. В., Кужель В. П., Кашканов А. А., Романюк С. О. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.
6. Su, Q.; Wang, X.; Wang, H.; Huang, Y.; Wang, Y.; Li, Z. The Tribocorrosion Behavior of High-Nitrogen Bearing Stainless Steel in Acetic Acid at Various Applied Loads. *Metals* 2023, 13, 1287. <https://doi.org/10.3390/met13071287>
7. Balyts'kyi, O.I., Kolesnikov, V.O. Investigation of wear products of high-nitrogen manganese steels. *Materials Science*. Vol. 45, Issue 4, July 2009, P. 576-581. DOI: 10.1007/s11003-010-9216-1
8. Tangestani, A., Hadianfard, M.J., Tayebi, L. et al. Wear and Electrochemical Behavior of High-Nitrogen, Nickel-Free Austenitic Stainless Steel Produced by Hot Powder Forging. *J. of Materi Eng and Perform* 31, 7254–7262 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11665-022-06779-4>
9. Parthasarathi, N.L., Jose, B., Davinci, M.A. et al. Effect of nitrogen on high temperature dry sliding wear of 316L (N) stainless steel. *J Mech Sci Technol* 38, 5449–5458 (2024). <https://doi.org/10.1007/s12206-024-0918-y>
10. Katada, Y., Hirose, K., Kumagai, M. (2022). Mechanical Properties of High Nitrogen Steel. In: Nickel-saving Type High Nitrogen Austenitic Stainless Steel. *NIMS Monographs*. Springer, Tokyo. https://doi.org/10.1007/978-4-431-56927-5_4
11. Fischer, A.; Telouk, P.; Beckmann, C.; Heermant, S.; Wittrock, A.; Debus, J.; Wimmer, M.A. Performance of Austenitic High-Nitrogen Steels under Gross Slip Fretting Corrosion in Bovine Serum. *J. Funct. Biomater.* 2024, 15, 110. <https://doi.org/10.3390/jfb15040110>
12. Alexander Balitskii, Valerii Kolesnikov, Karol F. Abramek, Olexiy Balitskii, Jacek Eliaz, Havrylyuk Marya, Lyubomir Ivaskevych, and Ielyzaveta Kolesnikova. "Influence of Hydrogen-Containing Fuels and Environmentally Friendly Lubricating Coolant on Nitrogen Steels Wear Resistance for Spark Ignition Engine Pistons and Rings Kit Gasket Set" *Energies* 14, no. 22: 7583. (2021) <https://doi.org/10.3390/en14227583>
13. Piston and Rings Kit Gasket Set for Honda 70CC 90CC CRF70F XL70 XR70 C70 CT70 ATC70 CL70. Available online: <https://www.amazon.com/Piston-Rings-Gasket-Honda-CRF70F/dp/B07N6H6RNJ>. (дата звернення: 10.04.2025).
14. Auto/Steel Partnership. High Strength Steel Stamping Design Manual [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.a-sp.org/wp->

- content/uploads/2020/08/High_Strength_Steel_Stamping_Design_Manual.pdf (дата звернення: 10.04.2025).
15. Tradewell Ferromet Pvt Ltd. High Nitrogen Steel Rods, HNS Bars, Ring, Scrap Manufacturer [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.tradewellferro.com/materials/high-nitrogen-steels/> (дата звернення: 10.04.2025).
 16. JFE Steel Corporation. 780 - 1180MPa grade Galvannealed High Strength Steel Sheets for Car Body Structural Parts [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.jfe-steel.co.jp/en/products/sheets/c32.html> (дата звернення: 10.04.2025).
 17. Thyssenkrupp Steel. perform® – hot-rolled micro-alloyed and highly ductile micro-alloyed steel for the automotive industry [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.thyssenkrupp-steel.com/en/products/hot-strip/higher-strength-steel/hoeherfester-stahl.html> (дата звернення: 10.04.2025).
 18. Balitskii, A.A., Kolesnikov, V.A., Vus, O.B. Tribotechnical properties of nitrogen manganese steels under rolling friction at addition of (GaSe) x In $1-x$, powders into contact zone. *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii* Volume 32, Issue 5, May 2010, Pages 685-695.
 19. O.A. Balitskii, V.O. Kolesnikov, A.I. Balitskii. Wear resistance of hydrogenated high nitrogen steel at dry and solid state lubricants assistant friction // August 2019 Archives of Materials Science and Engineering 2(98):57-67. DOI: 10.5604/01.3001.0013.4607
 20. Balyts'kyi, O.I., Kolesnikov, V.O., Kawiak, P. Triboengineering properties of austenitic manganese steels and cast irons under the conditions of sliding friction. *Materials Science*. Vol. 41, Issue 5, September 2005, P. 624-630. <https://doi.org/10.1007/s11003-006-0023-7>
 21. Olexiy Balitskii, Valerii Kolesnikov Identification of Wear Products in the Automotive Tribotechnical System Using Computer Vision Methods, Artificial Intelligence and Big Data // 2019 XIth International Scientific and Practical Conference on Electronics and Information Technologies (ELIT) September 16 – 18, 2019, Lviv, Ukraine. P. 24 – 27. 10.1109/ELIT.2019.8892275
 22. Balyts'kyi, O.I., Kolesnikov, V.O., Elias, Y., Havrylyuk, M.R. Specific Features of the Fracture of Hydrogenated High-Nitrogen Manganese Steels Under Conditions of Rolling Friction. *Materials Science*. Vol. 50, Issue 4, 1 January 2015, P. 604-611. DOI: 10.1007/s11003-015-9760-9
 23. Balytskyi, O.I., Kolesnikov, V.O., Kaviak, P. Tribotechnical properties of austenitic manganese steels and cast irons under sliding friction conditions. *Fiziko-Khimicheskaya Mekhanika Materialov*. Vol. 41, Issue 5, 2005, P. 55-60.
 24. Балицький О.І., Колесніков В.О., Хмель Я., Лопаткін І.О., Черняхов П.І. Дослідження зносостійкості матеріалів для деталей транспорту // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. - С. 60-64.
 25. Вплив особливостей навантаження та наводнювання та триботехнічні властивості сталей. / Балицький О.І., Колесніков В.О., Іваськевич Л.М., Гаврилюк М.Р. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. № 4, т. 58. 2022. С.73–80.
 26. Balitskii, O.I., Kolesnikov, V.O., Ivaskevych, L.M. M. R. Havrylyuk . The Influence of Specific Features of Load and Hydrogen Charging on Steel Tribotechnical Properties. *Mater Sci* (2023). Vol.58. Issue 4. P 502-512. <https://doi.org/10.1007/s11003-023-00691-5>

Колесніков Валерій Олександрович – кандидат технічних наук, науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України, м. Львів.

Kolesnikov Valerii Oleksandrovich - PhD in Engineering, Research Scientist at the Department of strength of materials and structures in hydrogen-containing environments, Karpenko Institute of Physics and Mechanics, National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv.

УДК 629.114.026

Коробко А.І., Семенов І.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАНЕВРНОСТІ ПОВНОПРИВІДНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЗЧІПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РУШІВ

Перевантаження коліс 8-ми опорного колісного тягача з експлуатаційною вагою 120 кН не перевищує 20 % при зміщенні центру мас вперед на 0,38 м. При роботі даного тягача із завантаженням причепом масою 10 т на високогірній місцевості його тягова потужність знижується на 6,0 % у порівнянні з роботою в низинній місцевості. При роботі повнопривідного колісного тягача з завантаженням причепом на високогірній місцевості знижується його тягова потужність на 6,0 % у порівнянні із роботою на низинній місцевості. пластмасових деталей.

Ключові слова: повнопривідна машина, центр мас, поздовжня база, маневреність, баланс потужності, зчіпні властивості.

The rotation of the wheels of an 8-wheeled tractor with a 120 kN operating vehicle does not exceed 20% when the center of mass is shifted forward by 0.38 m. When operating this tractor with a tractor weighing 10 tons, the In high-altitude work, the traction force decreases by 6.0% in the same level of work in low-altitude work. When working with an all-wheel drive wheeled tractor with a tractor at high altitude, its traction force decreases by 6.0% in the same vehicle at low altitude. plastic parts.

Key words: all-wheel drive vehicle, mass center, late base, maneuverability, balance of power, critical power.

Визначимо умови яким повинна відповідати поздовжня база і горизонтальна координата центру мас багатоопорного колісного тягача з експлуатаційною вагою 120 кН, щоб перевантаження коліс під час тривалої роботи не перевищувало 20 %, а під час номінального режиму з силою тяги на гаку $P_{г.н}=50$ кН навантаження коліс розподілялося порівну.

Особливості конструкції тягача: підвіска індивідуальна, зведена до осей опорних коліс, жорсткість стала і однакова для усіх коліс. Усі колеса ведучі, виставна висота стала. Висота точки зчеплення $h_r=0,8$ м. Розрахункова схема тягача (рис. 1) за відомих кінематичних параметрів $l_k, x_g, x_i, h, h_{кр}, a, L$ дозволяє оцінити його навантажувальні режими.

За даною схемою при кількості опорних коліс k оцінюється розподіл реакцій z_i контакту опорного колеса тягача з дорогою:

$$\left. \begin{aligned} z_{cp} &= \sum_{i=1}^k z_i / k; \\ \beta &= \frac{z_k - z_{cp}}{z_{cp}}; \quad z_i = z_1 + \Delta z (i - 1); \\ \Delta z &= (z_k - z_1) / (k - 1); \quad x_i = a (k - i) \end{aligned} \right\}. \quad (1)$$

З умов визначення центру тиску коліс x_g на ґрунт з урахуванням залежностей (1) за $a=L/(k-1)$ маємо

$$x_g = L \left[\frac{k}{k-1} - z_1 \frac{(k+1)}{2(k-1)z_{cp}} - \frac{(z_k - z_1)(k+1)}{3z_{cp}(k-1)} \right]. \quad (2)$$

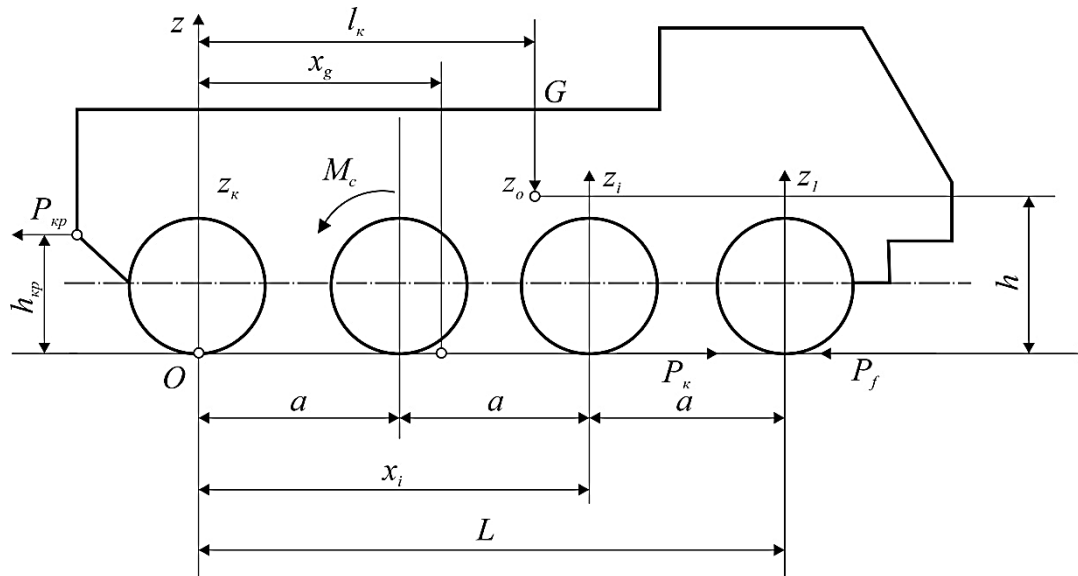


Рисунок 1 – Розрахункова схема багатоопорного колісного тягача

Оскільки

$$z_{cp} = \sum_{i=1}^k z_i / k = (z_1 + z_k) / 2; \quad z_k / z_{cp} = 1 + \beta; \quad z_1 / z_{cp} = 1 - \beta$$

залежність (2) записується у виді

$$x_g = \frac{L}{2} \left(1 - \frac{\beta}{3} \cdot \frac{k+1}{k-1} \right). \quad (3)$$

Таким чином, щоб уникнути перевантаження крайніх коліс, коефіцієнт перевантаження не повинен виходити за межі $-0,2 \leq \beta \leq +0,2$.

Під час роботи з максимальною силою тяги на гаку перевантаження заднього колеса повинно задовольняти умові ($\beta \leq 0,2$)

$$x_g \geq \frac{L}{2} \left[1 - \frac{1}{15} \left(\frac{k+1}{k-1} \right) \right]. \quad (4)$$

Під час роботи без тяги на гаку перевантажуватися буде переднє колесо ($\beta \geq -0,2$)

$$x_g \leq \frac{L}{2} \left[1 + \frac{1}{15} \left(\frac{k+1}{k-1} \right) \right]. \quad (5)$$

За експлуатаційної ваги тягача G , коефіцієнту опору коченню f при динамічному радіусі коліс r_d момент опору кочення записується у виді

$$M_c = fGr_d.$$

Нехтуючи опором повітря, з рівняння моментів діючих сил одержуємо

$$x_g = (Gl_k - M_c - P_e h_e) / G \quad (6)$$

маючи на увазі, що $x_o = G$.

При найбільшому значенні сили тяги на гаку із рівняння проекцій сили на вісь x зважаючи на те, що найбільша дотична сила P_e тяги за зчепленням $P_e = \varphi G$, одержимо

$$P_{e\max} = P_e - P_f = (\varphi - f)G. \quad (7)$$

Підставляючи (7) в (4) перевантаження заднього колеса під час роботи тягача з максимальною силою тяги на гаку оцінюється за нерівністю

$$\frac{Gl_k - M_o - G(\varphi - f)h_e}{G} \geq \frac{L}{2} \left[1 - \frac{1}{15} \left(\frac{k+1}{k-1} \right) \right], \quad (8)$$

якщо $P_{kp} = 0$, умова (5) набуде виду

$$\frac{Gl_k - M_c}{G} \leq \frac{L}{2} \left[1 - \frac{1}{15} \left(\frac{k+1}{k-1} \right) \right]. \quad (9)$$

Порівнюючи (9) і (8) одержимо нерівність

$$(\varphi - f)h_z \leq \frac{L}{15} \cdot \frac{k+1}{k-1}, \quad (10)$$

звідки

$$L \geq \frac{15(\varphi - f)h_z(k-1)}{(k+1)}. \quad (11)$$

При $h_z=0,8$ м; $\varphi=0,7$; $f=0,1$ одержимо

$$L \geq 7,2 \frac{k-1}{k+2}. \quad (12)$$

За кількості коліс $k=8$ маємо $L > 0,77$ м.

При значенні бази тягача, яка задовольняє умову (12), матимемо координати центру мас за динамічного радіусу колеса $r_d=0,5$ м

$$L \left(0,5 - 0,0333 \frac{k+1}{k-1} \right) + 0,53 \leq l_k \leq L \left(0,5 + 0,0333 \frac{k+1}{k-1} \right) + 0,05.$$

Рівномірний розподіл навантажень за колесами відповідає $\beta=0$ або $x_g=L/2$ згідно (1). Тому з рівняння (5), коли $P_c=P_{c,n}$, одержуємо

$$l_k = \frac{L}{2} + \frac{P_c h_z + M_c}{G}. \quad (13)$$

З рівняння (13) видно, що для рівномірного розподілу навантажень за колесами під час номінального режиму роботи, незалежно від опорної бази та кількості коліс, центр мас тягача повинен бути зміщений уперед від середньої поверхні на величину

$$x = l_k - \frac{L}{2} = (P_{c,n} h_z + M_c) / G = \frac{50 \cdot 0,8}{120} + 0,05 = 0,38 \text{ м.}$$

Таким чином, перевантаження коліс 8-ми опорного колісного тягача з експлуатаційною вагою 120 кН не буде перевищувати 20 % при зміщенні центру мас уперед на 0,38 м.

Коробко Андрій Іванович – доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри технології машинобудування та ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Семенов Ілля Владиславович – аспірант кафедри технології машинобудування та ремонту машин Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Andrii Korobko – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering Technology and Machine Repair, Kharkiv National Automobile and Highway University

Illia Semenov – PhD student, Department of Mechanical Engineering Technology and Machine Repair, Kharkiv National Automobile and Highway University

УДК 62-835

Корпач А.О., Левківський О.О., Корпач О.А.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПЕРЕВІРКИ КОМПОНЕНТІВ ВИСОКОВОЛЬТНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Високовольтна система сучасних електромобілів працює з напругою від 400 до 800 В, тому для запобігання ураження електричним струмом використовується ряд систем, які потребують періодичного контролю.

В роботі виконано аналіз методів перевірки компонентів високовольтної системи електромобілів для забезпечення безпечної експлуатації.

Ключові слова: електромобіль, акумуляторна батарея, високовольтна система.

The high-voltage system of modern electric vehicles operates at voltages ranging from 400 to 800 V, so a number of periodic monitoring systems are used to prevent electric shock.

This paper analyses the methods of testing the high-voltage system components of electric vehicles to ensure safe operation.

Keywords: electric vehicle, battery, high-voltage system.

Вступ: Високовольтні системи електромобілів проектується з урахуванням ряду вимог для забезпечення безпечної експлуатації обслуговування та ремонту. В процесі експлуатації системи, що запобігають ураженню електричним струмом або займанню внаслідок короткого замикання в високовольтному ланцюзі можуть бути пошкоджені. Для контролю систем безпеки автомобілів з високовольтною мережею розроблено ряд тестів, що дозволяють перевірити та підтвердити працездатність даних систем [1]. До основних методів перевірки високовольтної системи відносяться:

1. Перевірка герметичності корпусу високовольтної акумуляторної батареї під тиском.
2. Перевірка герметичності системи охолодження високовольтної акумуляторної батареї під тиском.
3. Перевірка системи вирівнювання потенціалів.
4. Перевірка опору ізоляції.

Перевірка герметичності високовольтної акумуляторної батареї:

Високовольтні акумуляторні батареї сучасних електромобілів, як правило, розміщені під днищем кузова та перебувають під постійним впливом зовнішнього середовища. Для запобігання потрапляння вологи в середину батареї, її корпус виготовляють герметичним. В результаті пошкоджень або природного зношення (наприклад корозії) корпус високовольтної акумуляторної батареї може втратити герметичність, що підвищує ризик короткого замикання між акумуляторними модулями в середині високовольтної батареї в наслідок потрапляння вологи.

Крім того, для забезпечення ефективного охолодження акумуляторних модулів, сучасні високовольтні батареї, як правило, оснащені рідинною системою охолодження. Теплообмінник системи охолодження може бути розміщений або в корпусі батареї, або безпосередньо в акумуляторних модулях. Порушення герметичності системи охолодження також може стати причиною короткого замикання між акумуляторними модулями високовольтної батареї.

Для перевірки герметичності як корпусу так і системи охолодження, використовують ручі або автоматичні методи контролю. Ручний метод полягає в створенні надлишкового тиску за допомогою насоса з подальшим контролем падіння тиску протягом заданого проміжку часу за допомогою манометра (рис.1а). Корпус високовольтної акумуляторної батареї може бути великим і містити декілька сотень літрів повітря. Цей факт, поряд з великою

площею поверхні внутрішніх компонентів, обмежує позитивний або негативний тиск (вакуум), який він може витримати без пошкодження. Таким чином, перевірка акумуляторної батареї під тиском виконується з використанням низького позитивного або негативного тиску (наближено до 50 мБар) з допуском падіння до 5 мБар. Для одержання достовірних результатів вимірювання, необхідно використовувати точні засоби та чітко дотримуватися рекомендацій виробника, що до часу стабілізації та падіння тиску.

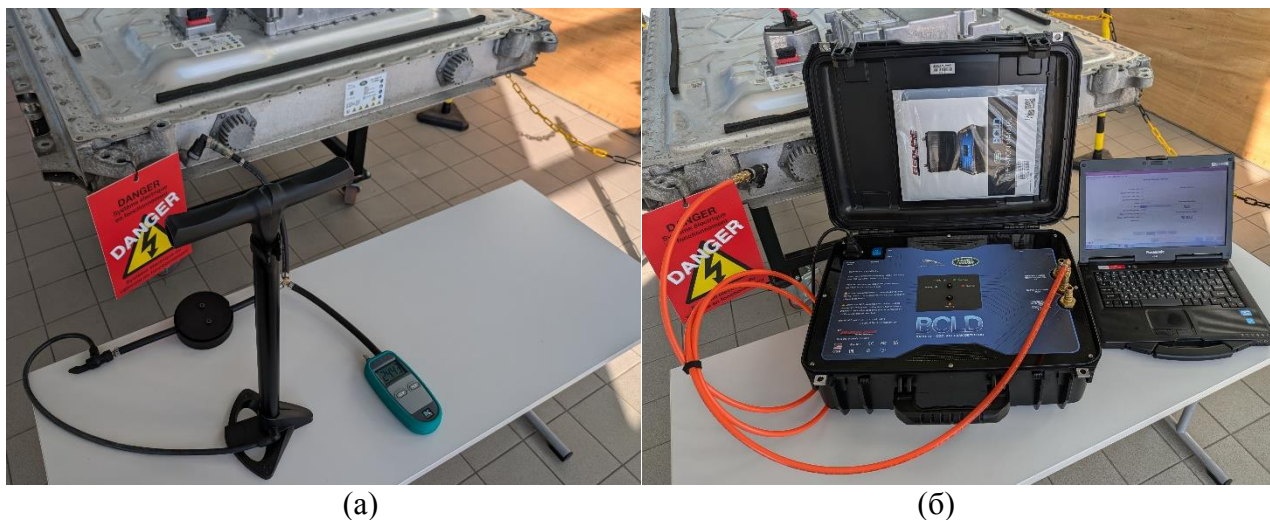


Рисунок 1 – Ручний (а) та автоматичний (б) методи перевірки герметичності корпусу високовольтної акумуляторної батареї

Для спрощення виконання процедури перевірки герметичності корпусу та системи охолодження високовольтної акумуляторної батареї існують прилади, що виконують автоматичну подачу тиску та самостійно оцінюють його падіння протягом програмно заданого проміжку час (рис. 1б). Наприклад прилад BCLD (Battery + Coolant Leak Detector), що виготовляється компанією Redline Detection (США) [2].

Перевірка системи вирівнювання потенціалів:

На відміну від традиційних низьковольтних електричних систем автомобіля, в яких негативне з'єднання з акумуляторною батареєю виконано через кузов, високовольтні системи мають ізолювану від кузова як позитивну так і негативну лінію живлення. Така конструкція дозволяє забезпечити високий рівень безпеки в процесі експлуатації. Однак, при виникненні дефекту на корпусах різних компонентів високовольтної мережі може виникнути різниця потенціалів, що створює ризик ураження електричним струмом при контакті з даними компонентами в процесі експлуатації, технічного обслуговування або ремонту. Для запобігання ураженню електричним струмом потенціали на корпусах всіх компонентів високовольтної системи завжди повинні бути рівними, для цього вони повинні бути надійно з'єднані між собою. Оскільки різні компоненти високовольтної системи можуть знаходитись в різних місцях автомобіля для їх з'єднання зручно використовувати металевий кузов автомобіля. Таким чином, кожен компонент високовольтної системи або кріпитися безпосередньо до кузова, або з'єднаний з ним за допомогою металевої шини (рис. 2).

В процесі експлуатації або ремонту надійність з'єднання корпусів високовольтних компонентів з кузовом автомобіля може погіршитись через окислення або ослаблення різьбових з'єднань. Для перевірки надійності з'єднань системи вирівнювання потенціалів використовуються спеціальні прилади які вимірюють опір між корпусом високовольтного компоненту і кузовом автомобіля. На відміну від звичайних омметрів, які вимірюють опір при дуже низькому струмі (близько 1 мА), прилади для перевірки системи вирівнювання потенціалів повинні створювати більш високий струм (до 200 мА), оскільки лише в такому випадку можна гарантувати, що з'єднання залишиться надійним при навантаженні. З'єднання

системи вирівнювання потенціалів вважаються надійним, якщо їх опір не перевищує 50 мОм. Найбільш розповсюдженим приладом для перевірки системи вирівнювання потенціалів є Fluke 1507 (рис. 3) [3], який сертифікований багатьма автовиробниками.



Рисунок 2 – Шина системи вирівнювання потенціалів, що з'єднує високовольтну батарею з кузовом автомобіля



Рисунок 3 – Перевірка системи вирівнювання потенціалів за допомогою Fluke 1507

Перевірка опору ізоляції:

Як описано вище, для забезпечення високої безпеки в процесі експлуатації електромобіля високовольтні лінії ізолювані від кузова автомобіля. Однак, інколи в результаті виникнення дефекту високовольтних дротів (рис. 4) або в середині компонентів високовольтної мережі, опір ізоляції може знижуватись, що створює ризик ураження електричним струмом. Різні модулі керування високовольтної системи постійно контролюють опір ізоляції між високовольтними лініями і кузовом автомобіля та у випадку його зниження реєструють відповідні помилки та інформують водія за допомогою індикаторів на панелі приладів. Однак, електронний модуль не може визначити місце зниження опору ізоляції, оскільки він контролює всю гілку високовольтного ланцюга, до якої можуть входити ряд інших високовольтних модулів та дротів.

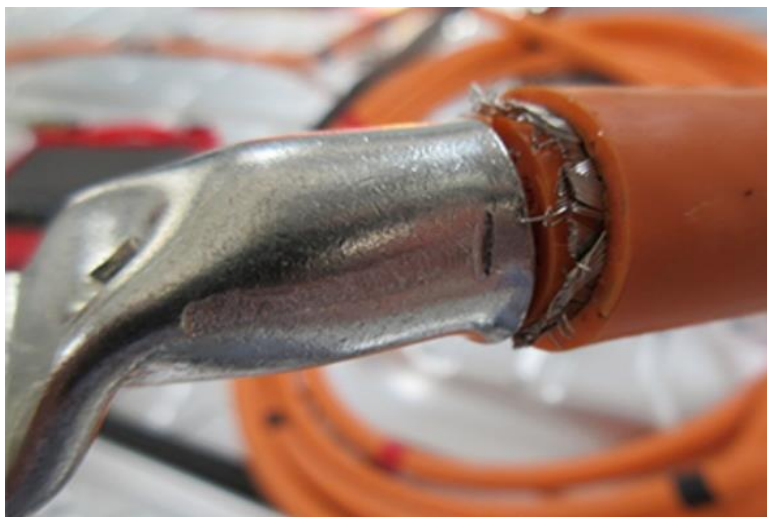


Рисунок 4 – Дефект високовольтного дроту, що викликає зниження опору ізоляції

Для локалізації місця зниження опору ізоляції використовують мегомметр, який вимірює опір при високій напрузі (як правило 500В або 1000В). В процесі перевірки опору ізоляції контролюють опір між позитивною і негативною високовольтними лініями та кузовом автомобіля послідовно відключаючи роз'єми в даній високовольтній лінії доки не буде виявлено дріт або компонент з низьким опором ізоляції. Для виконання перевірки опору ізоляції також використовують прилад Fluke 1507.

Висновки: Сучасні високовольтні системи електромобілів потребують періодичного контролю для забезпечення безпечної експлуатації та обслуговування. Перевірка герметичності високовольтної батареї, системи вирівнювання потенціалів та опору ізоляції дозволяють запобігти виникненню короткого замикання або ураження електричним струмом у випадку виникнення дефектів.

Список використаних джерел

1. T. Denton. Electric and Hybrid Vehicles. 3rd ed. - London: Routledge, 2024. – 260 p.
2. New EV testing solution // Electric and hybrid vehicle technology. — Jun 2022. P. 124.
3. Fluke 1507/1503 Insulation Testers. Users Manual. - USA, 2005. - 28 p.

Корпач Анатолій Олександрович – кандидат технічних наук, професор, професор кафедри двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету, e-mail: akorpach@ukr.net.

Левківський Олександр Олександрович – кандидат технічних наук, інструктор з технічного навчання Товариства з обмеженою відповідальністю «Віннер Імпортс Україна ЛТД», e-mail: oleksandr.levkivskyi@gmail.com.

Корпач Олексій Анатолійович – кандидат технічних наук доцент, доцент кафедри автомобілів Національного транспортного університету, м. Київ, e-mail: korpach1988@gmail.com

Korpach Anatolii Oleksandrovich – Ph.D., professor department of engines and heating engineering, National Transport University. e-mail: akorpach@ukr.net.

Levkivskyi Oleksandr Oleksandrovich – Ph.D., technical trainer, Limited Liability Company «Winner Imports Ukraine LTD», e-mail: oleksandr.levkivskyi@gmail.com.

Korpach Oleksii Anatoliiovych – Ph.D., associate professor, associate professor of the department of automobiles, National Transport University, Kyiv, e-mail: korpach1988@gmail.com.

УДК 629.113.004

Кравченко О.П., Дижо Я.Я.

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ДЕГРАДАЦІЇ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ АВТОМОБІЛІВ

Робота присвячена розгляду результатів експериментальних досліджень деградації двигунів внутрішнього згорання на прикладі конкретного транспортного підприємства під час експлуатації транспортних засобів. Визначено закономірності несправностей вузлів і деталей. Розглянуто питання необхідності зберігання запасних частин двигуна на підприємстві автосервісу.

Ключові слова: вузли, деталі, деградація, закономірності, запасні частини.

The work is devoted to the consideration of the results of experimental studies of the degradation of internal combustion engines transport enterprise during the operation of vehicles. The regularities of malfunctions of components and parts were determined. The issues of the need to store spare engine parts at a car service enterprise are considered.

Key words: part, components, parts, degradation, laws, spare parts.

Істотне зростання чисельності автомобільного транспорту загострює актуальність проблеми підвищення експлуатаційної надійності автомобілів. Одним з характерних показників теорії надійності є випадкові величини, що мають дрейф навіть за умов отримання результатів, а тим більше в області експлуатації транспортних засобів: транспортний потік на дорогах, виникнення відмов і несправностей, час і трудомісткість їх усунення, профілактичні заходи і т. д. Дослідження наведених фактів і закономірностей забезпечує: не облік випадкового характеру процесу технічної експлуатації рухомого складу, а дослідження та використання отриманих закономірностей на практиці.

В результаті численних досліджень встановлено, що найбільш часто зустрічаються при описі випадкових величин в технічній експлуатації автомобілів законами розподілу є нормальний, вейбулла, логарифмічно нормальний, показовий закони розподілу. Зазначені моделі, хоч і є типовими, проте не виключають появи нових для більш повного опису широкого класу процесів, характерних для технічної експлуатації автомобілів.

Задачі дослідження експлуатаційної надійності двигунів внутрішнього згорання:

- виявлення порушень працездатності;
- дослідження закономірностей появи порушень працездатності;
- формування номенклатури запасних частин на підприємствах автотранспорту.

Обстеження зазнали нові сидельні тягачі у складі автопоїздів з напівпричепами. Технічне обслуговування транспортних засобів проводилося відповідно до рекомендацій заводу-виробника. Дослідженнями з оцінки надійності тягачів встановлено: середня кількість відмов на один автомобіль – 33,11; середній пробіг до першої відмови – 171,881 км; середній пробіг до відмови становив 23,582 км.

Класифікуючи порушення працездатності автомобілів за зовнішніми ознаками, встановлено, що більшість з них відносяться до поломок, послаблення кріплень та зносу. Вивчення законів розподілу усунення відмов показує, що є симетричні, але у більшій кількості - асиметричні закони розподілу. Симетричні закони розподілу, як правило, свідчать про досконалість конструкції, а збільшення обсягів робіт з обслуговування може бути досягнуто за рахунок вдосконалення режимів та технології обслуговування та ремонту. Несиметричні закони розподілу в ряді випадків свідчать про недоліки конструкції або технології складання або некваліфіковане керування транспортним засобом. Ця інформація може бути використана в експлуатації для визначення обсягу ремонтних заходів щодо усунення відмов.

На основі зібраних статистичних даних проаналізовано усунення порушень працездатності, отримано закономірності порушення працездатності та визначено основні статистичні характеристики. Встановлено, що фактично кожна десята несправність є причиною проведення ремонтних робіт. Основні несправності мали місце: електричне та електронне обладнання, ходова частина, гальмівна система, двигун (10,15%), трансмісія, рульове управління (таблиця 1). Характеристика несправностей окремих елементів двигуна представлена на рис. 1, приклади несправностей двигуна – на рис. 2.

Надійна експлуатація автомобілів забезпечується фондом запасних частин, розмір та номенклатура якого відіграють важливу роль у собівартості перевезень. Вирішення цього завдання пов'язане з прогнозуванням потреби в запасних частинах з метою підвищення ефективності експлуатації автомобілів. Коливання попиту запасні частини формуються під впливом економічних, технічних, сезонних і кліматичних чинників.

Загальним недоліком методів [1-3] вирішення завдання з погляду системи управління матеріальними ресурсами є обмежений облік важливих у сучасних умовах економії фінансових ресурсів факторів – термінів постачання запасних частин з моменту замовлення, термінів виконання ремонтних робіт, вартості запасних частин. Формування потреби у запасних частинах з урахуванням фактичної експлуатаційної надійності та скоригований облік перерахованих факторів дозволять оптимізувати ремонтний фонд автотранспортного підприємства та підвищити ефективність використання рухомого складу. Запропоновано вирішення питання визначення необхідної кількості запасних частин на основі аналізу факторів, що впливають на формування номенклатури та кількості запасних частин [4].

Для підвищення ефективності визначення необхідної кількості та номенклатури запасних частин, структури втрат часу на усунення несправностей були проаналізовані терміни постачання необхідних запасних частин, їх класифікація за тривалістю та вартістю. Найбільшу частку витрат (24,8 %) складала група, що включала несправності систем опалення салону та підйому кабіни, загальна вартість яких становила 34 %.

В сучасних умовах розвитку логістики зберігання великої кількості найменувань запчастин на складі автомобільної компанії представляється недоцільним, в цьому випадку замовлення запчастин найчастіше здійснюється за фактом виходу з ладу. Дійсно, аналіз термінів поставки запчастин показав, що 65,7% автозапчастин доставляються протягом одного дня. Згідно з дослідженнями, заміна більшості деталей (60,9%) займає до однієї години. А ще третина всіх замін виконується протягом однієї-трьох годин.

Заміна деталей. Протягом одного дня доставляється близько 44% найменувань деталей, а протягом двох тижнів — близько 39 % деталей. Запчастин, які можна замінити протягом однієї години, то доставка таких запчастин протягом того ж терміну можлива лише для 14% запчастин. 72% таких деталей виконуються протягом доби [5].

На прикладі аналізу робіт [1-3] розроблено методику розрахунку потреби в запчастинах на складі автотранспортного підприємства. За результатами розрахунків з урахуванням терміну доставки, ймовірності відмови та вартості запасних частин отримано дані (табл. 2), з яких зроблено висновки про доцільність зберігання запасних частин на складі автотранспортного підприємства.

Таблиця 1 – Розподіл порушень працездатності за елементами двигуна

Елементи агрегату	Пробіг до першої відмови, км	Середній пробіг до першої відмови, км
ДВЗ в зборі	198000	198000
Інтеркулер	233000	334310
Термостат	498000	647133
Турбокомпресор	234000	450063
Форсунка	280000	511664

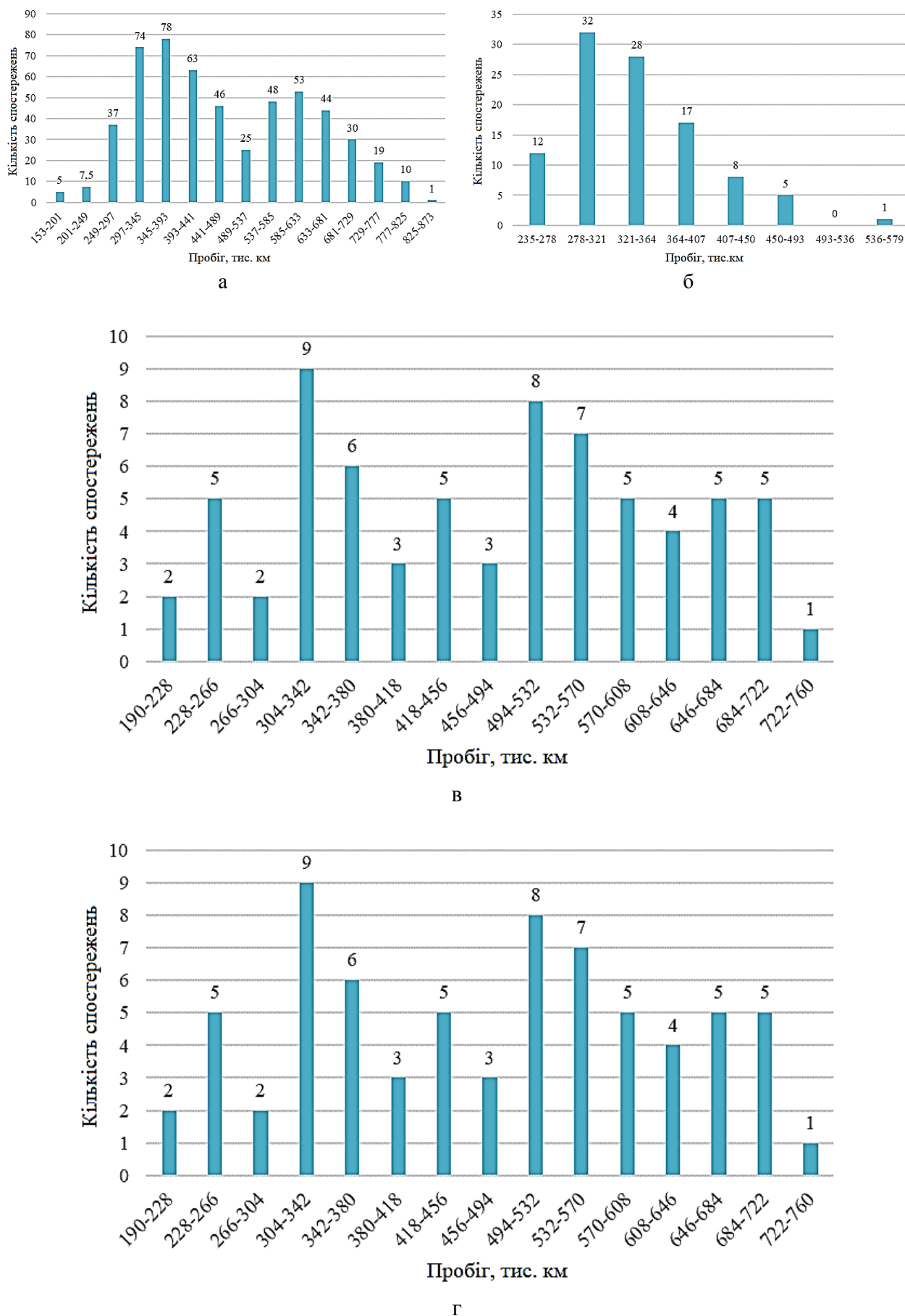


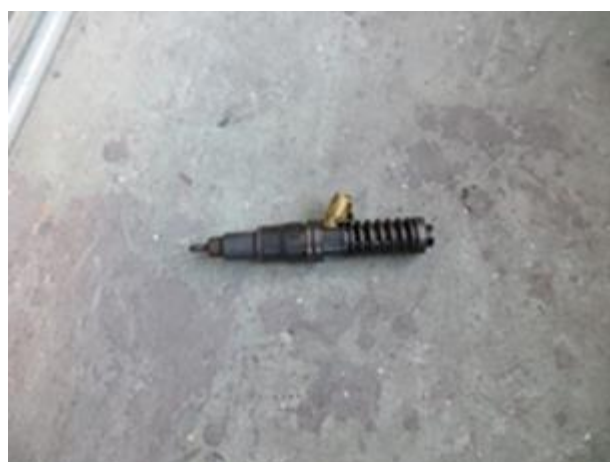
Рисунок 1 – Характеристика порушень працездатності:
а – загальний розподіл; б – інтеркулер; в – прокладки; г – форсунка



а



б



в



г

Рисунок 2 – Приклади несправностей елементів двигуна:
а – прокладка; б – інтеркулер; в – форсунка; д – турбокомпресор

Таблиця 2 – Доцільність зберігання запасних частин

Запасна частина	Час доставки, год	Імовірність відмови	Доцільність зберігання
Гільзи двигунів внутрішнього згоряння	24	0.0000319	не зберігати
Термостат	1	0.0000536	не зберігати
Поршневі кільця	24	0.0000695	зберігати
Паливний насос	24	0.0000739	зберігати
Клапанні кришки	24	0.0000484	зберігати
Радіатор	336	0.0000546	зберігати

Висновки. Встановлені закономірності відмов двигунів дають змогу планувати ремонтні роботи, оптимізувати запаси запасних частин на підприємствах сервісного обслуговування, скоротити простой автомобілів під час ремонту. Результати проведених досліджень, отримані моделі, можуть бути використані на практиці при визначенні причин відмов двигунів, а їх використання може підвищити точність та об'єктивність висновків і звітів.

Список використаних джерел

1. K. de Ruyter, M. Wetzels, J. Bloemer: On the relationship between perceived service quality, service loyalty and switching costs. *International Journal of Service Industry Management* 9(5), 1998, pp. 436–453.
2. Gunasekaran A.: Just-in-time purchasing: an investigation for research and applications. *International Journal of Production Economics* 59(1-3), 1999, pp. 77–84.
3. Ray S., Li S., Song Y.: Tailored supply chain decision making under price-sensitive stochastic demand and delivery uncertainty. *Management Science* 51(12), 2005. pp. 1733–1902.
4. Кравченко О.П. Щодо визначення критерію необхідності зберігання запасних частин на складі автотранспортного підприємства / О.П. Кравченко, Є.А. Верітельник. // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – Донецьк: ПП «Молнія», 2014. – № 2-3. С. 19-26.
5. Кравченко О.П., Є.А. Верітельник Формування номенклатури та кількості запасних частин на підприємствах автомобільного транспорту. Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 19-21 жовтня 2015 р. Збірник наукових праць. Вінниця, ВНТУ, 2015. С. 115-117.

Кравченко Олександр Петрович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

Діжо Ян Янович – кандидат технічних наук, доцент кафедри транспорту та підйомнотранспортних машин факультету машинобудування Жилінського університету в Жиліні (Словаччина)

Oleksandr Kravchenko – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

Jan Dizo – PhD, Assoc Professor, Professor Ing. Department of Transport and Handling Machines, Faculty of Mechanical Engineering University of Zilina (Slovak Republic)

УДК 656.338.12

Красота А.М., Шепеленко І.В., Красота М.В.

ВИБІР СКЛАДУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ ФІНІШНОЇ АНТИФРИКЦІЙНОЇ БЕЗАБРАЗИВНОЇ ОБРОБКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ

В роботі розглянуто питання актуальності оптимізації складу технологічного середовища для фінішної антифрикційної безабразивної обробки. Запропоновано алгоритм вибору компонентів складу технологічного середовища, який дозволить забезпечити обґрунтований підхід до вибору компонентів технологічних середовищ для обробки автомобільних деталей.

Ключові слова: *автомобілебудування, зносостійкість, деталь, обробка, покриття, технологічне середовище.*

The study examined the relevance of optimizing technological medium components for finishing antifriction non-abrasive treatment. It proposed the algorithm for a component choosing for the technological medium, which allows keeping fundamental approach for technological media component selection for the treatment of automotive parts.

Key words: *automotive, wear resistance, detail, processing, coating, technological middle.*

Одним з важливих завдань сучасного автомобілебудування є підвищення експлуатаційних властивостей деталей автомобілів, що працюють в умовах інтенсивного тертя. Технології фінішної антифрикційної безабразивної обробки (ФАБО), завдяки своїй здатності утворювати на поверхнях тертя деталей антифрикційне покриття, значно покращують триботехнічні властивості спряжених поверхонь [1].

Обов'язковою умовою для здійснення ФАБО є наявність в зоні контакту технологічного середовища (ТС), основне призначення якого – створення умов для міцності зчеплення матеріалів основи та покриття [2]. Враховуюче те, що ТС багато в чому визначає якість та властивості отриманого покриття, а також продуктивність його нанесення, можна з упевненістю стверджувати про можливість підвищення ефективності процесу ФАБО за рахунок обґрунтованого підбору компонентів технологічної рідини.

Питання оптимізації складу рідин та механізмів їх взаємодії залишаються недостатньо вивченими, що створює проблеми для досягнення стабільної якості покриттів та забезпечення їх довговічності. Ця проблема набуває особливого значення в умовах сучасного виробництва, де вимоги до якості, продуктивності та економічності обробки деталей постійно зростають.

Недостатнє розуміння хімічних процесів, що відбуваються під час ФАБО, зокрема, трибохімічної взаємодії рідин із поверхнями металевих деталей, обмежує можливість створення універсальних і високоефективних складів ТС. Крім того, існує необхідність розробки методик зменшення корозійного впливу залишкових продуктів реакцій та поліпшення адгезії покриттів до базового матеріалу деталі.

Особливо актуальним є дослідження впливу окремих компонентів спеціальних рідин, таких як гліцерин, хлорид міді та стеаринова кислота та ін. на формування антифрикційних шарів із прогнозованими властивостями.

Не менш важливим є забезпечення балансу між низькою в'язкістю середовища, що сприяє стабільності процесу, і достатньою концентрацією активних речовин для формування покриттів із високими показниками зносостійкості. Відсутність достатньої кількості досліджень у цьому питанні вимагають більш глибокого вивчення механізмів взаємодії компонентів ТС під час фрикційно-механічної та фрикційно-хімічної обробки деталей.

Таким чином, вирішення зазначених проблем шляхом систематизації даних про склад ТС та її компонентів сприятиме підвищенню ефективності технології ФАБО та забезпеченню

її широкого застосування в промисловості для підвищення надійності та довговічності деталей машин у вузлах тертя.

Використання спеціальних ТС є одним із ключових факторів ефективності ФАБО є, які виконують низку функцій: змочування оброблюваної поверхні, руйнування оксидних плівок, пластифікація матеріалу та створення умов для його перенесення [3]. Окрім того, ТС забезпечує активацію робочої поверхні оброблюваної деталі, що сприяє формуванню високоякісних покриттів із прогнозованими експлуатаційними властивостями. Таким чином, якість ТС слід оцінювати за комплексом експлуатаційних властивостей отриманих покриттів, які характеризуються такими показниками як суцільність і товщина покриття, її маслоємність та зносостійкість.

Водночас, відсутність універсальних складів ТС, які відповідали б різним умовам обробки, пов'язана зі складністю фізико-хімічних процесів, що відбуваються під час ФАБО [4].

В роботі [1] зазначено, що розробка складу ТС потребує емпіричного підходу, який передбачає технологічні випробування для підбору компонентів з наступною оцінкою зносостійкості отриманих покриттів.

Обов'язковою умовою здійснення ФАБО деталей машин для підвищення експлуатаційних властивостей їх робочої поверхні є наявність в зоні тертя спеціальної робочої рідини – технологічного середовища. Склад ТС повинен бути багатокомпонентний і включати різні групи хімічних речовин [5], серед яких розчинники, поверхнево-активні речовини, органічні сполуки, здатні до полімеризації, метали, їх сполуки та дисперсні металеві добавки, антикорозійні компоненти, а також модифікатори в'язкості. Кожен з цих компонентів виконує визначену роль, сприяючи досягненню високих показників якості покриття.

Загалом, обґрунтований підбір компонентів у технологічного середовища для ФАБО дозволяє отримувати покриття з покращеними характеристиками, що забезпечують підвищену надійність і довговічність оброблених деталей. Оптимальне застосування розглянутих речовин, що входять до складу ТС, дозволить забезпечити розвиток способів отримання антифрикційних покриттів ФАБО, зокрема для підвищення антифрикційних властивостей деталей автомобільної, авіаційної та машинобудівної техніки.

На підставі викладеного, можна рекомендувати наступний загальний алгоритм вибору якісного складу технологічного середовища для ФАБО.

На першому етапі залежно від матеріалу поверхні деталі, яка підлягає ФАБО, обирається тип розчинника. Як правило, для середньовуглецевих сталей (типу сталь 35, сталь 45), сірого чавуну та низьколегованих сталей використовується гліцерин в чистому вигляді, для високолегованих сталей доцільно застосовувати суміш розчинників у певних співвідношеннях, наприклад гліцерин з водними розчинами хлоридної або ортофосфатної кислоти.

Залежно від товщини оксидних плівок та наявності осадів на поверхні деталі перед обробкою, приймається рішення про використання тієї чи іншої поверхнево-активної речовини (стеаринова, олеїнова або ліолева кислота).

Для отримання покриттів з необхідними фізико-механічними властивостями вибирається вид металевих компонентів або їх сполук. Наприклад, для отримання протизадирних та антифрикційних властивостей застосовується хлорид міді чи мідний порошок, для забезпечення протизносних властивостей покриттів в ТС додають дисульфід молібдену.

Запропонований підхід дозволяє цілеспрямовано керувати складом ТС із забезпеченням високих показників якості отриманого покриття.

Таким чином, дослідження функцій, концентрації та умов використання складів технологічних середовищ дає можливість підвищити зносостійкість автомобільних деталей та підвищити ресурс вузлів та агрегатів автомобілів. Запропонований алгоритм вибору компонентів складу технологічного середовища для фінішної антифрикційної безабразивної

обробки дозволить забезпечити обґрунтований підхід до вибору компонентів технологічних середовищ для ФАБО.

Список використаних джерел

1. Chernovol M., Shepelenko I., Budar Mohamed R.F. Selection of a processing medium for the finishing antifriction nonabrasive treatment/ M. Chernovol, I. Shepelenko, R.F. Budar Mohamed //Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. 2015. – № 28. С. 19 – 23.
2. Косіюк М.М., Костюк С.А., Костюк М.А. Технологічне забезпечення нанесення антифрикційного покриття на неповні сферичні поверхні фрикційно-механічним способом/ М.М. Косіюк, С.А. Костюк, М.А. Костюк //Вісник Хмельницького національного університету, 2018. №4. с. 39 – 43.
3. Шепеленко І.В. Зміна шорсткості поверхні при нанесенні антифрикційних покриттів/ І.В. Шепеленко, А.М. Кириченко, С.О.Магопєць, [та ін.]/Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, 2022 вип. 52. С. 156–165. URL: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\)](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39)). (дата звернення 02.11.2023.)
4. Дідур В.А., Мушкевич О.І. Технологія фрикційного латунювання переривчастої поверхні золотника гідророзподільника/ В.А. Дідур, О.І. Мушкевич // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки. 2015. - Вип. 15, т. 4. - С. 3 – 10.
5. Красота А.М., Шепеленко І.В., Красота М.В., Осін Р.А. Обґрунтування ефективності та класифікація компонентів технологічних середовищ для фінішної антифрикційної безабразивної обробки деталей машин/ А.М. Красота, І.В. Шепеленко, М.В. Красота, Р.А.Осін//Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2024. - Вип. 10(41), ч. II. С. 104 – 112.

Красота Артем Михайлович – аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, e-mail: kras.kras.kras.365@gmail.com.

Шепеленко Ігор Віталійович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, e-mail: kntucpfzk@gmail.com

Красота Михайло Віталійович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, e-mail: krasotamv@ukr.net.

Krasota Artem – postgraduate of the Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, , e-mail: kras.kras.kras.365@gmail.com.

Shepelenko Ihor - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, e-mail: kntucpfzk@gmail.com

Krasota Mykhailo - Ph. D. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, e-mail: krasotamv@ukr.net.

УДК.621.791.92

Красота М.В, Шепеленко І.В., Осін Р.А.

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТУ КОРИННИХ ОПОР ЧАВУННИХ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

В роботі досліджено методи ремонту зношених опор чавунних блоків циліндрів автомобільних двигунів та запропоновано застосовувати в якості відновлення контактне наварювання порошку через проміжний шар.

Ключові слова: *двигун, ремонт, блок циліндрів двигуна, відновлення, наварювання.*

The study researched methods for repairing worn cast iron supports of cylinder blocks in automotive engines and proposed to use contact powder welding through an intermediate layer for repairing.

Key words: *engine, repair, engine cylinder block, renovation, welding.*

Вирішення проблеми підвищення довговічності відремонтованих двигунів значною мірою визначається забезпеченням якості відновлення їх блоків циліндрів. Однак, ремонтні підприємства стикаються з великими технічними та технологічними труднощами при відновленні даних деталей, особливо в питанні забезпечення розмірної та геометричної точності, мікро- та макрогеометрії поверхонь отворів корінних опор, а також просторових відхилень їхньої загальної осі щодо технологічних баз корпусної деталі.

З іншого боку, застосовувані методи відновлення посадкових отворів, особливо чавунних блоків циліндрів, найчастіше не задовольняють вимогам за якісними критеріями нанесених покриттів.

Для відновлення працездатності корінних пор блоку циліндрів застосовується ряд технологічних методів.

Серед методів відновлення отворів корінних опор блоку циліндрів найбільшого поширення на ремонтних підприємствах набув метод, який заснований на розточуванні в номінальний розмір отворів корінних опор зі зміщенням їхньої осі на 0,15...0,20 мм до верхньої площини прилягання [1, 2].

Також, має місце розточування корінних опор з встановлення додаткових деталей. Даний метод передбачає розточування постелі блоку з встановлення проміжних вкладок та їх приварюванням та розточуванням до номінального розміру.

Існує метод відновлення постелі накаткою. Накатка в даному випадку дозволяє «підняти» метал та усунути зазор між бічною поверхнею кришки та блоком.

Можливе відновлення постелей методом газодинамічного напилювання поверхні блоку (англ. cold spray, cold gas dynamic spraying). Цей метод полягає в тому, що тверді частинки металу, температура яких значно менше їх температури плавлення, розганяються до надзвукової швидкості і закріплюються на поверхні при зіткненні з нею [3, 4].

Методи наплавлення та наварювання. В даний час для відновлення зношених поверхонь блоків циліндрів розроблено значну кількість способів, найчастіше заснованих на зварювально-наплавних заходах [5].

Перспективним напрямом у ремонтному виробництві, зокрема для відновлення чавунних деталей, є застосування методу контактного наварювання [6], який дозволяє наносити на поверхні деталей різні зносостійкі покриття без істотної зміни у структурі основного матеріалу. Однак досвід застосування контактного наварювання для відновлення отворів корінних опор блоків циліндрів двигунів показав, що контактні покриття мають незадовільну міцність зчеплення з чавуном, що обумовлюється поганими зварними властивостями металевих порошків з чавуном.

Вирішити проблему підвищення міцності зчеплення порошкового покриття з основою можливо введенням проміжних шарів, що мають більш високу пластичність та задовільну зварюваність з чавуном.

Таким чином проведений аналіз відомих методів ремонту корінних опор чавунних блоків циліндрів дозволив запропонувати перспективний метод відновлення, що дозволить забезпечити надійність відремонтованих двигунів.

Список використаних джерел

1. Чабанний В.Я. Практикум з експлуатації вантажних автомобілів. Навчальний посібник. Уклад.: Чабанний В.Я., Магопєць С.О., Мажейка О.Й. та ін. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2011. – 456 с.
2. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигиринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: Підручник. - К.: Вища шк., 1994. - (у 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. - 342 с; Кн. 2: Організація, планування і управління. - 383 с; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. - 599 с.
3. Клімов С. В. Експлуатація і обслуговування машин : навч. посіб. / С. В. Клімов. – Рівне: НУВГП, 2010. – 218 с. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/5573>.
4. Рожков О.Д. Технологія нанесення покриттів. Частина II: Навч. посібник. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2008. - 38 с.
5. Корас В.М. Технологія та обладнання для напилення: Навч. посібник. – К.: НМЦ ВО, 2000. – 152 с.
6. Красота. М.В., А.М. Артюхов, І.В., Шепеленко І.В., В.О., Дубовик. Дослідження впливу параметрів циліндричних електродів на формування покриттів при контактному наварюванні порошків. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, КНТУ 2010 р. Вип. 40 - С. 179-185.

Красота Михайло Віталійович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, e-mail: krasotamv@ukr.net.

Шепеленко Ігор Віталійович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, e-mail: kntucpfzk@gmail.com

Осін Руслан Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, e-mail: ruslan_osin@ukr.net.

Krasota Mykhailo - Ph. D. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, e-mail: krasotamv@ukr.net.

Shepelenko Ihor - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, e-mail: kntucpfzk@gmail.com

Osin Ruslan - Ph. D. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, e-mail: ruslan_osin@ukr.net.

УДК 656.13+629.076

Кривошапов С.І., Назаров О.І., Сергієнко М.Є.

ВРАХУВАННЯ РЕЖИМУ РУХУ АВТОМОБІЛІВ В МЕЖАХ МІСТА НА НОРМУ ВИТРАТИ ПАЛИВА

Розглядається питання з нормування витрати палива в міських умовах, де рух автомобіля чергується з зупинками на перехрестях біля світлофору. Вказується, що довжина ділянки дороги впливає на середню технічну швидкість автомобіля, а відтак на витрату палива. Наведено емпіричну математичну модель, яка зв'яже відстань між зупинками на середню технічну швидкість автомобіля. Наведені розрахункові значення витрати палива в міських умовах експлуатації.

Результати дослідження розширюють діючу систему нормування витрати палива на автомобільному транспорті.

Ключові слова: *автомобіль, паливна економічність, нормування витрати палива, умови експлуатації, середня технічна швидкість.*

The issue of fuel consumption regulation in urban conditions, where vehicle movement alternates with stops at intersections at traffic lights, is considered. It is indicated that the length of a road section affects the average technical speed of a vehicle, and therefore fuel consumption. An empirical mathematical model is presented that relates the distance between stops to the average technical speed of a vehicle. The calculated values of fuel consumption in urban operating conditions are given.

The results of the study expand the current system of fuel consumption regulation in road transport.

Key words: *road vehicle, fuel efficiency, fuel consumption rationing, operating conditions, average technical speed.*

Для роботи автомобілів з двигуном внутрішнього згорання потрібно використовувати паливо (бензин, дизельне пальне, стиснений або скраплений газ). Цікаво знати як транспортний засіб споживає паливо залежно від режиму руху та умов експлуатації. Це дозволить ефективно управляти рухомим складом на підприємстві та раціонально використовувати матеріальні ресурси, яким є пальне.

Деякий час в Україні діяла офіційна методика нормування витрати палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті [1], яка з 2023 року втратила чинність. Замість цього Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України розробила відповідні методичні рекомендації з нормування витрати палива [2], в якій відображені основні принципи та положення методики [1].

Рух автомобіля в межах міста має деякі особливості:

- проїзд регульованих та нерегульованих перехресть;
- часті зупинки перед світлофором та на пішохідних переходах;
- зниження швидкості в поворотах та під час зміні смуги;
- необхідність зберігати безпечну дистанцію до попереднього транспортного засобу
- та ін.

Всі ці фактори призводять до зниження середньої технічної швидкості, а від швидкості автомобіля змінюється витрата палива [3].

В методиці [2] передбачено збільшувати витрату палива на 5 ... 15 % від нормативного значення, якщо автомобіль рухається в межах міста. Величина надбавки [2] залежить тільки

від розміру міста (кількості людей, які проживають у місті), а не відображають реальну складність дорожніх та транспортних умов експлуатації.

Режим руху автомобіля в місті будуть залежить від плану розташування доріг, відстані від перехрестями та перехідними переходами. Кожен поворот, більша кількість перетину регульованих перехресть, майже кожний переїзд нерегульованого перехрестя з другорядної дороги, під'їзд до пішохідного переходу потребує зменшення швидкості автомобіля або повну зупинку транспортного засобу.

Між зупинками автомобіль вкотре повторюватиметься цикл розгону, руху з постійною швидкістю і гальмування. Рух автомобіля "накатом" не рекомендований для автомобілів з механічною коробкою передач, а для автомобілів з автоматичною коробкою передач є неможливим. Верхня межа швидкості автомобіля обмежена правилами дорожнього руху, яка в Україні у межах міста не повинна перевищувати 50 км/год. [4].

В роботі [5] побудована математична модель розрахунку середньої технічної швидкості від відстані між зупинками. Як і слід очікувати, зі збільшенням відстані між зупинками підвищується середня технічна швидкість автомобіля.

Приблизно середню технічну швидкість автомобіля (V_a , км/год.), яка була описана в роботі [5], можна буде описати регресійною моделлю полінома 2-го ступеня від відстані між зупинками (S , м):

- для легкового автомобіля:

$$V_a = -9.155 \cdot 10^{-6} \cdot S^2 + 0.027 \cdot S + 27; \quad (1)$$

- для вантажного автомобіля або автобусу:

$$V_a = -9.834 \cdot 10^{-6} \cdot S^2 + 0.03 \cdot S + 22. \quad (2)$$

Формула (1) та (2) дійсна в діапазоні відстаней між зупинками в межах 250...1500 м.

Математична модель для визначення норми витрати палива від середньої технічної швидкості руху автомобіля в загальному вигляді можливо описати наступним рівнянням:

$$Q = \frac{K_1}{V_a} + K_2 \cdot V_a^2, \quad (3)$$

де K_1 та K_2 - коефіцієнти, які залежить від техніко-конструктивних параметрів автомобіля.

Для приклада розрахуємо норму витрати палива для легкового автомобіля ЗАЗ Шанс 1.5 MT S. Для цього автомобіля: $K_1 = 358.7$ та $K_2 = 2.85 \cdot 10^{-4}$.

На рис. 1 зображено графічна залежність витрати палива (Q) від відстані між зупинками (S) для автомобіля ЗАЗ Шанс 1.5 MT S.

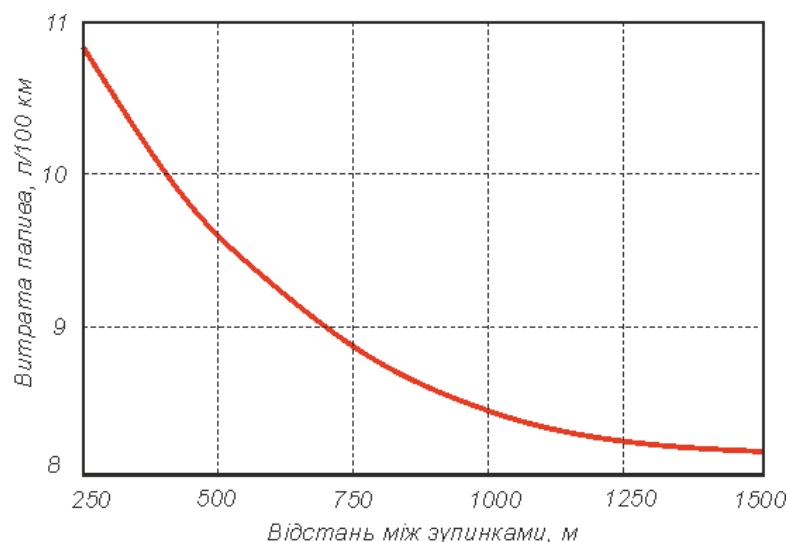


Рисунок 1 – Результат моделювання витрати палива від відстані між зупинками

Графік 1 побудований на основі спільного рішення виразів (1) та (2).

З графіку 1 видно, що вже при відстані між зупинками менш 560 м витрата палива зростає більш ніж 15 %, а це максимальне значення корегування витрати палива за методиками [1, 2]. А при відстані між зупинками 250 м витрата палива збільшиться на 33 %.

На практиці, відстань між зупинками в місті для конкретного маршруту можна визначити шляхом аналізу картки (наприклад, Google-карт) або після обробки результатів GPS-трекіру, якій встановлено на автомобілі.

Математична модель, яка розглянуто в цій роботі, дозволяє більш точно визначати витрату палива автомобіля в умовах міста, чим це зроблено у методиках [1, 2].

Список використаних джерел

1. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті. Нормативний документ, затверджений Міністерством інфраструктури України 07.10.2011. Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2012, 120 с.
2. Клименко О.А., Устименко В.С., Бондар О.В. та інші. Методичні рекомендації з нормування витрат палива, електричної енергії, мастильних, інших експлуатаційних матеріалів автомобілями та технікою. ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2023. 52 с.
3. Krivoshapov S. Calculation Method for Determining the Fuel Consumption of the Vehicle in the Operating Conditions. SAE Technical Paper 2020-01-21666, SAE Powertrains, Fuels & Lubricants Meeting, 2020, DOI: 10.4271/2020-01-2166.
4. Постанова Кабінету Міністрів України № 1306 від 10 жовт. 2001 р. Про Правила дорожнього руху. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-p>
5. Кривошапов С.І., Назаров О.І., Сергієнко М.Є., Сергієнко А.М., Мамонтов А.Г., Борисенко А.С. Порівняльний аналіз впливу швидкісного режиму руху дорогою на витрату палива для легкових та вантажних автомобілів. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, №1, 2024, С. 57-65. DOI: 10.20998/2078-6840.2024.1.07

Кривошапов Сергій Іванович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Технічна експлуатація та сервісу автомобілів ім проф Говорущенко М.Я.» автомобільного факультету Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Назаров Олександр Іванович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Технічна експлуатація та сервісу автомобілів ім проф Говорущенко М.Я.» автомобільного факультету Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Сергієнко Микола Єгорович – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри «Автомобіле- і тракторобудування» навчально-наукового інституту Механічної інженерії і транспорту Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Kryvoshapov Sergy – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department "Technical Operation and Service of Automobiles named after prof. Govorushchenko M.Ya." of the Automotive Faculty of the Kharkov National Automobile and Road University

Nazarov Oleksandr – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department "Technical Operation and Service of Automobiles named after prof. Govorushchenko M.Ya." of the Automotive Faculty of the Kharkov National Automobile and Road University

Sergienko Mykola Yegorovych – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of "Automobile and Tractor Engineering" of the Educational and Scientific Institute of Mechanical Engineering and Transport of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

УДК 621.431:62-868

Кубіч В.І., Чернета О.Г., Канський А.В.

АМПЛІТУДА ТА ЧАСТОТА КОЛИВАНЬ МЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ «ДВИГУН – ОПОРА КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ – КУЗОВ» АВТОМОБІЛЯ OPEL АСТРА G

Отримано особливості змін амплітуди та частоти вібрацій, які створюються двигуном Z14XEP при зміні частоти обертання його колінчастого валу від 780 хв^{-1} до 3000 хв^{-1} та проявляються на кузові автомобіля OPEL АСТРА G. При цьому визначено ефективність гасіння зазначених вібрацій лівою опорою силового агрегату в залежності від технічного стану її гумового елемента.

Ключові слова: *двигун, вібрації, частота, амплітуда, гасіння коливань, осцилограма.*

The peculiarities of changes in the amplitude and frequency of vibrations generated by the Z14XEP engine when changing the crankshaft rotation frequency from 780 min^{-1} to 3000 min^{-1} and manifested on the body of the OPEL ASTRA G car were obtained. At the same time, the efficiency of damping these vibrations by the left support of the power unit, depending on the technical condition of its rubber element, was determined.

Keywords: *engine, vibration, frequency, amplitude, vibration damping, oscillogram.*

Особливістю протікання робочих процесів у механізмах та агрегатах технічних систем є допустима неврівноваженість сил та їх моментів, які викликають прояв вібрацій на відповідних режимах роботи, які повинні гаситися відповідними пристроями. Прикладом такої технічної системи є двигун внутрішнього згорання, який є генератором вібрацій, що проявляються у механічній системі «двигун – ліва опора коробки передач – кузов» автомобіля.

Під час рядової експлуатації автомобілів втрачаються властивості гумових елементів опор двигуна, починає тактильно та акустично відчуватися прояв вібрацій, що не тільки погіршує комфортність керування, а і є ознакою явного прояву поступової параметричної відмови. Тому виникає необхідність заміни такої опори за втрачанням гумового елемента своїх властивостей здійснювати поглинання вібрації з відповідною ефективністю. При цьому, як сама опора, так і інтенсивність механічних коливань, які створюються двигуном при наборі частоти обертання будуть обумовлювати прояв вібрацій безпосередньо на кузові автомобіля.

З погляду на наведене, встановлення закономірностей зміни параметрів вібрацій у зазначеної механічної системі є необхідним для отримання відповідних вихідних порівняльних діагностичних параметрів.

Метою досліджень є встановлення закономірностей зміни амплітуди та частоти коливань при передачі їх в механічній системі «двигун – ліва опора коробки передач – кузов» на прикладі автомобіля OPEL АСТРА G з двигуном Z14XEP.

Для проведення експериментальних досліджень використана методика, яка наведена у роботах [1, 2]. При цьому здійснювалось порівняння ефекту прояву вібрацій, які передавалися від двигуна на кузов автомобіля і при замінах лівої опори двигуна, які виготовлялися виробниками GM і Sasic. Для отримання амплітудно-частотної характеристики вібрацій використано багатодатчиковий модуль Steval-mki062v1 та програмне забезпечення INEMO Software Tool, яке давало можливість графічно отримувати осцилограми вібрацій, рис. 1. Датчик розміщувався на кришці головки блоку циліндрів двигуна і на панелі розміщення замка капота автомобіля. Орієнтування корпусу модуля відносно руху автомобіля було наступним: OX – поздовжня вісь; OY – поперечна вісь; OZ – вертикальна вісь. Виміри проводилися при частотах обертання колінчастого валу двигуна 780 хв^{-1} , 1100 хв^{-1} , 3000 хв^{-1} .

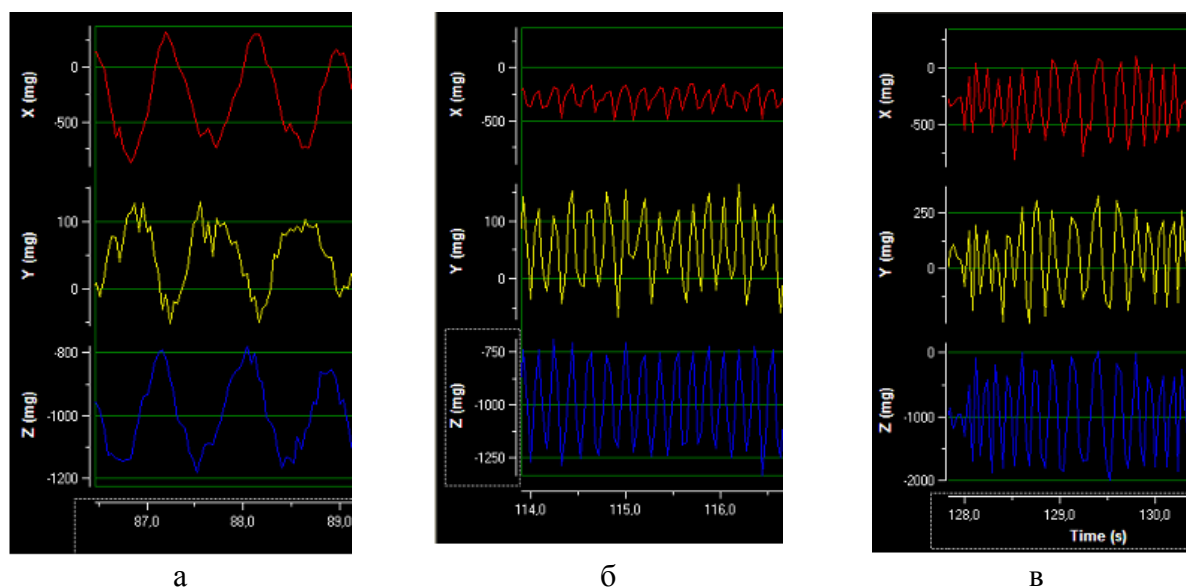


Рисунок 1 – Осцилограми вібрацій, знятих з двигуна при використанні опори виробника Sasic: а – $n=780 \text{ хв}^{-1}$, $n=1100 \text{ хв}^{-1}$, $n=3000 \text{ хв}^{-1}$

Результати обробки отриманих осцилограм вібрацій наведено на рисунках 2–4. Із графічних залежностей витікає наступне.

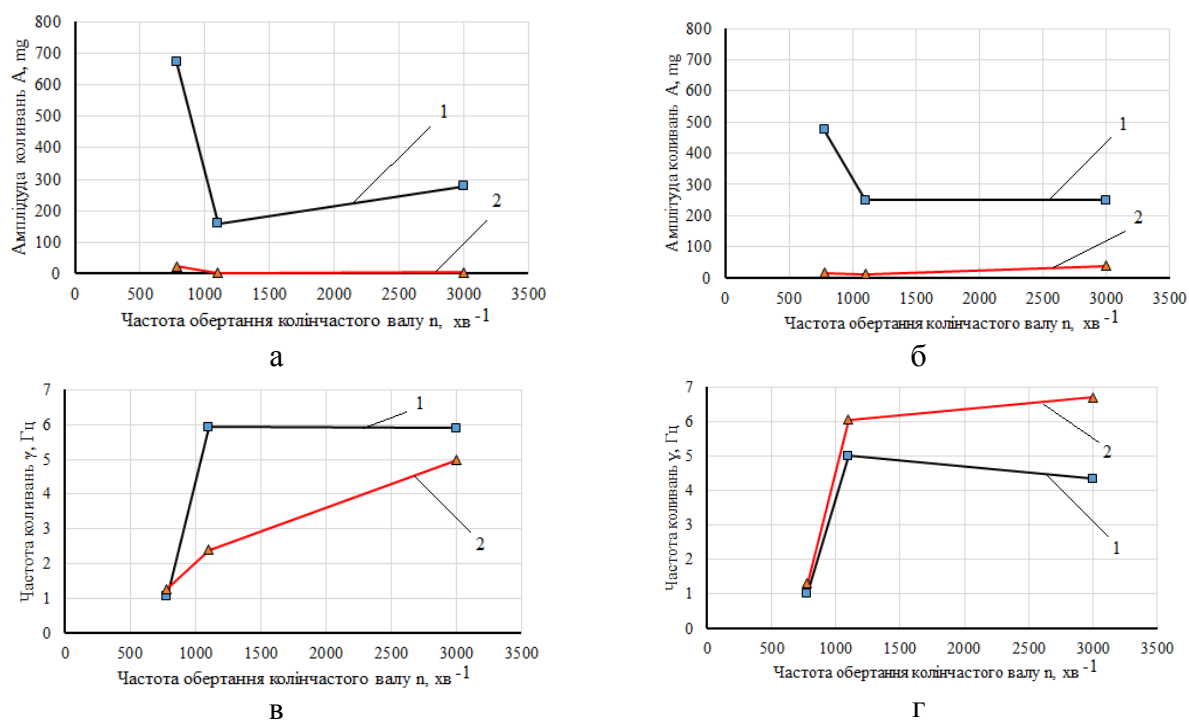


Рисунок 2 – Зміна амплітуди (а, б) та частоти (в, г) вібрацій у поздовжньому напрямку (вісь ОХ) в залежності від частоти обертання колінчастого валу двигуна: а – опора виробника GM; опора виробника Sasic; 1 – двигун; 2 – кузов

По-перше, із збільшенням частоти обертання від холостого ходу до 1100 хв^{-1} амплітуда коливань двигуна зменшується у поздовжньому та поперечному напрямках за рахунок самоврівноваження двигуна, а потім зростає. У вертикальному напрямку зростає повільно, і більш стрімко – у подальшому. При цьому менші за амплітудою коливання мають місце на новій подушці Sasic, ніж на подушці GM з терміном експлуатації 15 років (46630 км пробігу автомобіля).

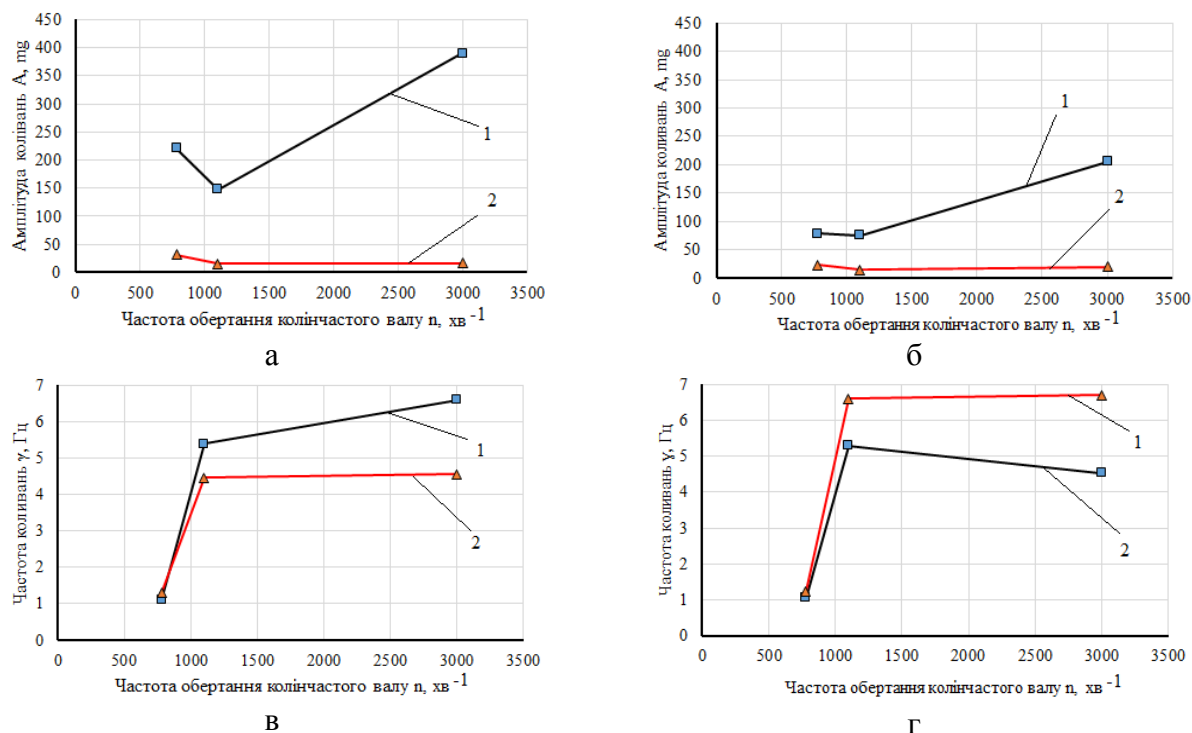


Рисунок 3 – Зміна амплітуди (а, б) та частоти (в, г) вібрацій у поперечному напрямку (вісь OY) в залежності від частоти обертання колінчастого валу двигуна: а – опора виробника GM; опора виробника Sasic; 1 – двигун; 2 – кузов

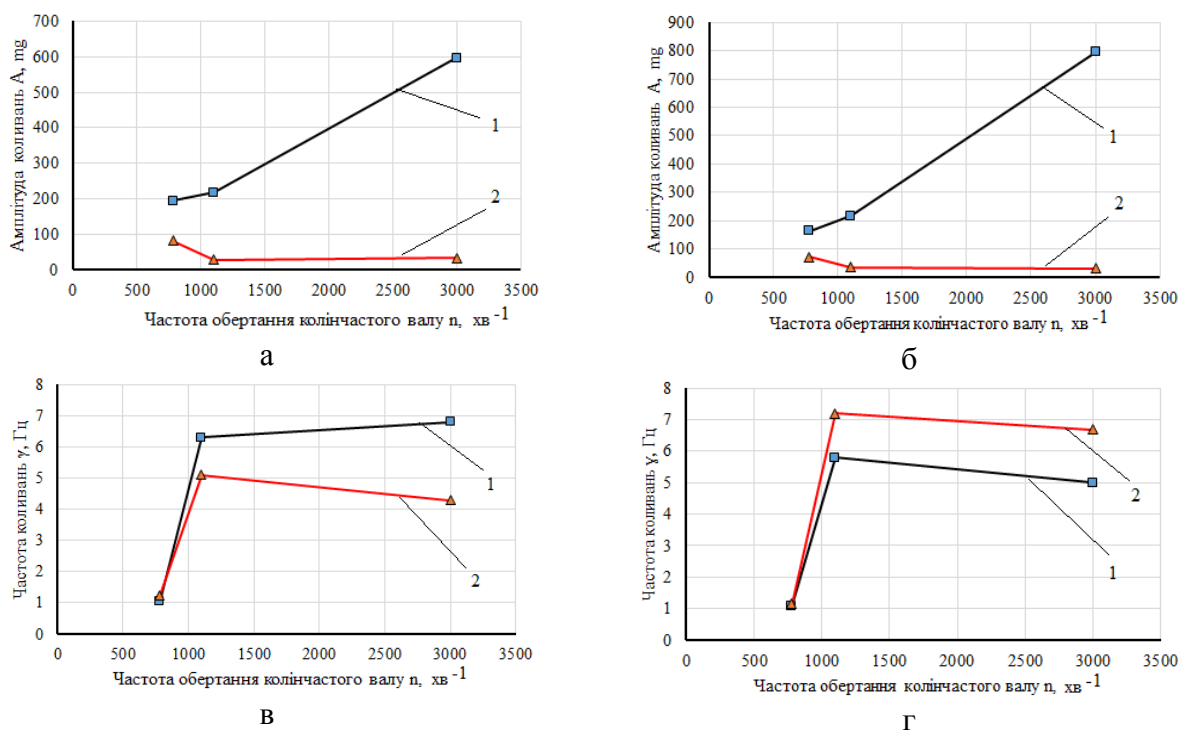


Рисунок 4 – Зміна амплітуди (а, б) та частоти (в, г) вібрацій у вертикальному напрямку (вісь OZ) в залежності від частоти обертання колінчастого валу двигуна: а – опора виробника GM; опора виробника Sasic; 1 – двигун; 2 – кузов

По-друге, із збільшенням частоти обертання від холостого ходу до 1100 xv⁻¹ частота коливань зростає за всіма напрямками, а надалі має особливості змін, що зумовлюється станом гумового елемента опори.

Нова опора зумовлює зниження частоти коливань двигуна у дослідній системі майже за напрямками у межах 17...25%.

По-третє, визначено, що пружний стан гумового елемента опори при роботі двигуна на холостому ході суттєво не впливає на зміну частоти вібрацій, яка передається і проявляється на кузові автомобіля. Незначне збільшення частоти при цьому за напрямками ОХ і ОУ складає 6...13%, за напрямком ОZ майже без змін. Явні відмінності проявляються при збільшенні частоти обертів двигуна. При цьому зменшення частоти вібрацій на кузові має місце на опорі виробника GM, яке при частоті 1100 хв⁻¹ складає 18...20% у поперечному і вертикальному напрямках, а вісь у повздовжньому напрямку у 2,4 рази. Картина із частотою вібрацій, що проявляються на кузові на опорі виробника Sasic зворотна. При частотах більших за 1100 хв⁻¹ значення частоти вібрацій на кузові і в порівнянні із частотою вібрацій на двигуні збільшуються на 15...17%. При цьому явне зростання частоти вібрацій на кузові проявляється при досягненні 3500 хв⁻¹ у повздовжньому напрямку та її перебільшення у порівнянні із частотою вібрацій на двигуні складає 1,4 рази.

У цілому отримані експериментальні дані дозволили визначити особливості прояву та передачі вібрацій за їх амплітудою та частотою, які проявляються у механічній системі «двигун – ліва опора коробки передач – кузов» автомобіля при зміні частотного режиму роботи двигуна та пружних властивостей гумового елемента опори.

Список використаних джерел

1. Кубіч В.І., Чернета О.Г., Канський А.В. Особливості прояву вібрацій двигуна z14хер на холостих обертах при навантаженні системою гідропідсилювача рульового керування. Проблеми тертя та зношування. №3(104), 2024. К. : НАУ. С. 35–45.

2. Кубіч В.І., Чернета О.Г., Канський А.В. Вплив показників пружності гумового елемента опори двигуна на передачу вібрацій на кузов автомобіля. Вісник Хмельницького університету. Технічні науки. №5(341), 2024. К. : ХНУ. С. 182–187.

Кубіч Вадим Іванович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри «Автомобілі, теплові двигуни та гібридні енергетичні установки», Національний університет «Запорізька політехніка», e-mail: schmirung@gmail.com

Чернета Олег Георгійович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри «Автомобілів та транспортно-логістичних систем» Дніпровський державний технічний університет, вул. Дніпробудівська, e-mail: OCherneta@gmail.com

Канський Антон Володимирович – здобувач вищої освіти за рівнем бакалавр кафедри «Автомобілі, теплові двигуни та гібридні енергетичні установки», Національний університет «Запорізька політехніка», e-mail: antonkansky@gmail.com

Kubich Vadim Ivanovich – PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles, Heat Engines and Hybrid Power Plants National University «Zaporizhzhia Polytechnic», E-mail: schmirung@gmail.com

Cherneta Oleg Georgievich – PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department of automobiles and automotive industry Dniprovsky State Technical University, E-mail: OCherneta@gmail.com

Kanskii Anton Volodymyrovych – Bachelor's degree in the Department of Automobiles, Heat Engines and Hybrid Power Plants National University «Zaporizhzhia Polytechnic», E-mail: antonkansky@gmail.com

УДК 629.3:004.8:620.92

Лісняк В.О., Соколов Є.В., Рожкова А.Ю.

КОНЦЕПЦІЯ ТРАНСПОРТУ МАЙБУТНЬОГО ВІД KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD

В тезах розглянуто інноваційні водневі технології корпорації Kawasaki Heavy Industries Ltd (KHI), які охоплюють повний ланцюг виробництва, транспортування, зберігання та споживання водню. Проаналізовано ключові проекти, зокрема HySTRA та Suiso Frontier, які спрямовані на створення глобальної водневої інфраструктури. Представлено інженерні розробки у сфері мобільності, включаючи мотоцикл з водневим двигуном Ninja H2 HySE та концептуальний роботизований транспортний засіб Corleo. Особливу увагу приділено представленим на виставці Osaka-Kansai Expo 2025 системам майбутнього громадського транспорту ALICE SYSTEM, які поєднують автоматизацію, штучний інтелект та екологічні джерела енергії. Окремо висвітлено характеристики водневого генератора O'CUVOID, який може використовуватися як для стаціонарного, так і для мобільного енергозабезпечення. Означені розробки засвідчують активне впровадження KHI водневих технологій як рушія сталого розвитку транспорту. Матеріал може бути корисним для дослідників, викладачів та студентів, що вивчають перспективи впровадження водневої економіки в автомобільній галузі.

Ключові слова: воднева енергетика; Kawasaki Heavy Industries; Suiso Frontier; ALICE SYSTEM; Corleo; воднева мобільність; водневий генератор O'CUVOID; сталий транспорт; Expo 2025; штучний інтелект; екологічні технології; громадський транспорт майбутнього.

The thesis discusses the innovative hydrogen technologies of Kawasaki Heavy Industries Ltd (KHI), which cover the full chain of hydrogen production, transportation, storage, and consumption. Key projects, including HySTRA and Suiso Frontier, aimed at creating a global hydrogen infrastructure, are analyzed. Engineering developments in the field of mobility are presented, including the Ninja H2 HySE hydrogen-powered motorcycle and the Corleo concept robotic vehicle. Particular attention is paid to the ALICE SYSTEM, a future public transport system presented at the Osaka-Kansai Expo 2025 that combines automation, artificial intelligence and green energy sources. The characteristics of the O'CUVOID hydrogen generator, which can be used for both stationary and mobile power supply, are highlighted separately. These developments demonstrate the active implementation of hydrogen technologies by KHI as a driver of sustainable transport development. The material may be useful for researchers, teachers, and students studying the prospects for the introduction of a hydrogen economy in the automotive industry.

Key words: hydrogen energy; Kawasaki Heavy Industries; Suiso Frontier; ALICE SYSTEM; Corleo; hydrogen mobility; O'CUVOID hydrogen generator; sustainable transport; Expo 2025; artificial intelligence; environmental technologies; public transport of the future.

Корпорація Kawasaki Heavy Industries Ltd (KHI) розвиває різні технологічні напрямки пов'язані з водневими технологіями.

1. Створення глобального ланцюга постачання водню.

Проект HySTRA: У 2016 році KHI разом з Iwatani, Shell Japan та іншими компаніями заснували консорціум HySTRA для розробки повного ланцюга постачання водню — від виробництва до транспортування та споживання [1].

Suiso Frontier: Перший у світі танкер для транспортування зрідженого водню, побудований KHI, здійснив перший рейс у 2022 році, доставивши водень з Австралії до Японії [2].

2. Інновації в обладнанні для зрідження водню.

КМ Comp-H₂. У березні 2025 року КНІ розпочала будівництво демонстраційного об'єкта для першого у світі відцентрового компресора водню, призначеного для установок зрідження водню.

3. Масштабування морських перевезень водню.

Нові танкери. КНІ планувала будівництво великих танкерів для транспортування зрідженого водню об'ємом 160 000 м³. Однак у грудні 2024 року компанія оголосила про зменшення об'єму танкерів до 40 000 м³ через затримки в отриманні дозволів на будівництво в Австралії [3, 4].

4. Воднева мобільність.

Мотоцикл Ninja H2 HySE. У серпні 2024 року КНІ представила прототип мотоцикла з водневим двигуном, який має запас ходу до 100 км і викидає лише воду. Це частина стратегії компанії щодо досягнення вуглецевої нейтральності до 2030 року [5].

5. Міжнародне співробітництво

Партнерство з Airbus. КНІ співпрацює з Airbus у сфері розробки інфраструктури для використання водню в авіації, зокрема вивчається можливість використання водню як палива для літаків.

На виставці Osaka Kansai Expo 2025 компанія Kawasaki представила відразу три інноваційні розробки пов'язані з водневими технологіями.

Наприклад, Corleo - це концептуальна розробка Kawasaki, що являє собою робота на чотирьох ногах, яка поєднує в собі елементи мотоциклетної інженерії, робототехніки та штучного інтелекту. Проект позиціонується як революційний засіб індивідуальної мобільності майбутнього, і поки що він саме так і виглядає [6 - 9].

Концепція Corleo від Kawasaki нагадує механізованого коня: робот має високотехнологічні гнучкі підвіски, що дозволяють йому впевнено долати складне бездоріжжя — включаючи гірські місцевості та засніжені покриття. Завдяки здатності до стрибків, підйому на перешкоди й подолання нерівностей, Corleo позиціонується як універсальний транспортний засіб нового покоління. Його «копита» покриті спеціальним антиковзким матеріалом, який також виконує функцію амортизації на нерівних поверхнях.

Робот оснащений екологічно чистим водневим двигуном, який забезпечує енергію для руху ніг. Водночас штучний інтелект аналізує рельєф місцевості, зберігає рівновагу пристрою та допомагає користувачу здійснювати керування через зміну положення тіла в сідлі (рис. 1).



Рисунок 1 – CORLEO: футуристичний штучний кінь Kawasaki на водневому двигуні [9]

Інтерфейс робота включає панель приладів, що виводить інформацію про рівень водню, маршрут руху, положення центру мас та інші ключові параметри. У темний час доби Corleo здатний проєктувати маркерні позначки безпосередньо на поверхню дороги, забезпечуючи орієнтацію під час руху.

На даному етапі Corleo залишається концептуальним проєктом, що ілюструє екологічне та технологічне бачення транспорту майбутнього від Kawasaki. Хоча наразі цей «робо-кінь» не доступний для масового споживача, компанія припускає можливість його комерціалізації не раніше 2050 року. Втім, ідея вже викликає значний інтерес з боку ентузіастів інноваційної мобільності.

ALICE SYSTEM (Advanced Logistics Integrated Concept for Everyone) — це футуристична система громадського транспорту, яку Kawasaki представила на виставці Expo 2025 в Осаці. Її мета — забезпечити безшовне переміщення пасажирів між різними видами транспорту: автомобілями, літаками, кораблями та поїздами (рис. 2 - 4) [10, 11].

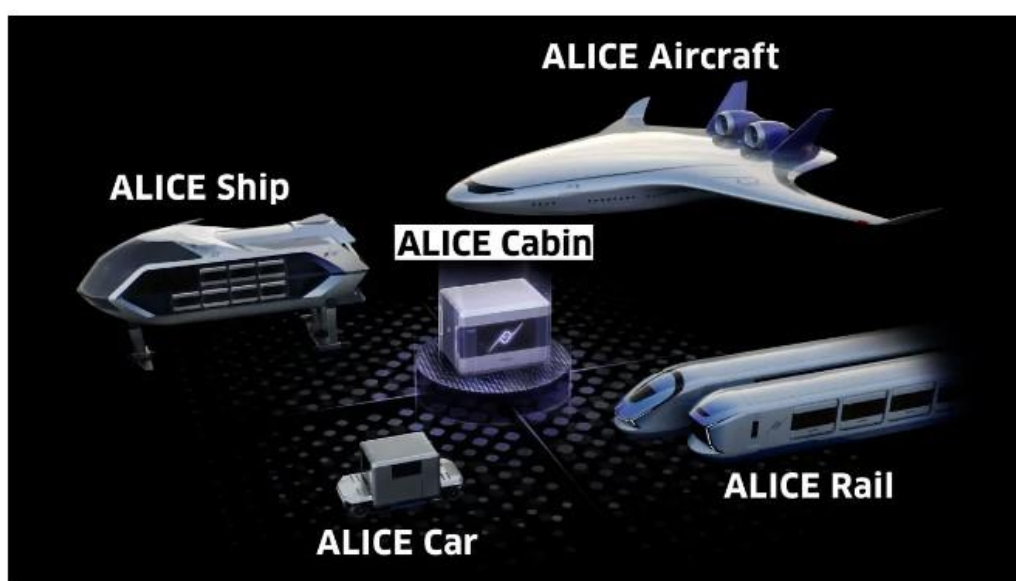


Рисунок 2 – Концептуальна ілюстрація майбутньої системи громадського транспорту «ALICE SYSTEM» [11]



Рисунок 3 – Зображення інсталяції ALICE Cabin та ALICE Rail на виставці Osaka-Kansai Expo [11]

Основні характеристики:

Модульні пасажирські капсули. Капсули можуть переміщатися між різними транспортними засобами без необхідності пересадки пасажирів.

Інтеграція з різними видами транспорту. Система дозволяє капсулам приєднуватися до автомобілів, літаків, кораблів та поїздів, забезпечуючи безперервний маршрут.

Автоматизація та штучний інтелект. ALICE SYSTEM використовує передові технології для оптимізації маршрутів, управління трафіком та забезпечення безпеки пасажирів.

Екологічність. Система орієнтована на використання водневих та інших екологічно чистих джерел енергії.

Ця концепція відображає бачення Kawasaki щодо транспорту майбутнього, який є гнучким, екологічним та орієнтованим на комфорт пасажирів.



Рисунок 4 – Генератор водню «O'CUVOID»

O'CUVOID — це інноваційний водневий генератор, розроблений компанією Kawasaki Heavy Industries для забезпечення екологічно чистої енергії в мобільних та стаціонарних застосуваннях.

Основні характеристики O'CUVOID:

Компактна модульна система. O'CUVOID поєднує водневий двигун, генератор та інвертор в одному блоці, що дозволяє легко масштабувати систему відповідно до потреб користувача.

Універсальність застосування. Система може використовуватися як джерело енергії для різних транспортних засобів, включаючи громадський транспорт, а також для автономного енергозабезпечення будівель або тимчасових об'єктів.

Проста заміна водневих балонів: Замість складного процесу заправки, O'CUVOID дозволяє швидко замінювати водневі балони, мінімізуючи час простою.

Моніторинг та обслуговування. Система оснащена функціями дистанційного моніторингу, що дозволяє виявляти несправності та проводити обслуговування без зупинки всієї системи.

Kawasaki Heavy Industries активно розвиває водневі технології, охоплюючи весь ланцюг — від виробництва до кінцевого споживання. Незважаючи на деякі затримки в реалізації проєктів, компанія продовжує інвестувати в інновації та міжнародне співробітництво для просування водневої економіки.

Водневі технології, є дуже перспективним технологічним напрямком в сучасному автомобілебудуванні [12, 13]. На кафедрі професійної освіти, ресторанного і туристичного бізнесу ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» [14]

продовжується аналіз та систематизація інформації пов'язаної з новими технологіями в автомобільній галузі [15 - 32].

Список використаних джерел

1. Die Suiso Frontier. URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Suiso_Frontier?utm_source=chatgpt.com
2. Suiso Frontier. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Suiso_Frontier?utm_source=chatgpt.com
3. Hydrogen tanker. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_tanker?utm_source=chatgpt.com.
4. Kawasaki Heavy suspends plan to use hydrogen from Aussie coal. Reuters. December 11, 2024. URL: <https://chatgpt.com/c/680105b8-7be0-800c-9dd9-140dd082beb9>
5. Kawasaki Heavy Industries. URL: https://fr.wikipedia.org/wiki/Kawasaki_Heavy_Industries?utm_source=chatgpt.com
6. (1)Антон Кратюк. Kawasaki представила концепт робо-коня Corleo - вражаючий транспорт майбутнього. URL: <https://gagadget.com/uk/617232-kawasaki-predstavila-kontsept-robo-konia-corleo-vrazhaiuchii-transport-maibutnogo/>
7. Kawasaki Group Channel . URL: https://www.youtube.com/watch?v=vQDhzbTz-9k&ab_channel=KawasakiGroupChannel
8. Dennis Chung. Save a Horse, Ride a Kawi: The Kawasaki Corleo Concept. URL: <https://www.motorcycle.com/bikes/news/save-a-horse-ride-a-kawi-the-kawasaki-corleo-concept-44620192>
9. Meet CORLEO: Kawasaki's Futuristic, Hydrogen-Powered AI Horse! FrontPage. URL: https://www.youtube.com/watch?v=3UnP7pbqZjQ&ab_channel=AIMTV
10. Kawasaki Heavy Industries, Ltd. Kawasaki to Sponsor Future Society Showcase Projects Exhibition "Future Life Expo: Future City" Project at Expo 2025 Osaka, Kansai, Japan [Електронний ресурс] // Kawasaki Heavy Industries. – 2025. – Режим доступу: https://global.kawasaki.com/en/corp/newsroom/news/detail/?f=20230802_6377.
11. Kawasaki Heavy Industries. The future public transportation system "ALICE SYSTEM" was showcased at the Osaka-Kansai Expo [Електронний ресурс] // Futunn News. – 2025. – Режим доступу: <https://news.futunn.com/en/post/53178057/the-future-public-transportation-system-alice-system-was-showcased-at>.
12. Смирнов Є.В. Перспективи використання гібридних автомобілів на водневих паливних елементах. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. – 316 - 318.
13. Застосування водневих технологій для забезпечення європейських стандартів експлуатації автотранспорту // Козик Василь Васильович, Мрихіна Олександра Борисівна, Данилович Тарас Богданович, Стеців Ірина Семенівна, Гавриляк Анатолій Степанович, Мельник Володимир Мирославович. International Scientific Journal "Internauka". Series: "Economic Sciences" <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2021-11>
14. Сайт кафедри професійної освіти, ресторанного і туристичного бізнесу ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка». URL: <https://sites.google.com/view/portb/%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BD%D0%B0-%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%B0>
15. А.Ю. Рожкова, В.В. Бурдун, О.О. Ревякіна, Н.О. Бикадорова, Л.О. Васецька. Застосування комп'ютерного забезпечення та моделювання для автономних транспортних засобів. XVI Міжнар. наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 306-307.
16. Ревякіна О.О., Бурдун В.В., Колесніков В.О., Васецька Л.О., Рожкова А.Ю., Бикадорова Н.О. Приклади застосування деяких композиційних матеріалів на автомобільному

транспорті. Частина 1. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 274–277.

17. Рожкова А.Ю., Бурдун В.В., Колесніков В.О., Бикадорова Н.О., Ревякіна О.О. Приклади застосування деяких композиційних матеріалів на автомобільному транспорті. Частина 2. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 278–281.

18. Гібридні та електричні транспортні засоби. Підрозділ: «Водневий транспорт та водневі технології»: конспект лекцій з дисципліни «Гібридні та електричні транспортні засоби», для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівня денної та заочної форм навчання спеціальності 015.38 «Професійна освіта» освітньої-професійної програми «Транспорт»/ В. О. Колесніков ; Держ. закл. «Луган. нац. ун-т імені Тараса Шевченка». Полтава: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. 118 с.

19. Балицький О. І., Колесніков В. О., Гаврилюк М. Р., Іваськевич Л. М. Діагностика та розбудова водневої інфраструктури. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 37–40.

20. Колесніков В.О. Водневі автомобілі та водневий транспорт. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 153–156.

21. Балицький О.І., Еліаш Я., Колесніков В.О., Іваськевич Л.М., Мочульський В.М., Гребенюк С.О., Глюзицький О.О. Дослідження матеріалів для розробки гібридних автомобілів // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. - С. 28-38.

22. Водневий вектор розвитку автомобільного транспорту // О.І. Балицький, В.О. Колесніков, О.О. Ревякіна, К.Ф. Абрамек, Л.М. Іваськевич, М.Р. Гаврилюк, Є.Б. Колеснікова // XIV Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», м. Вінниця, 25-27 жовтня 2021 року. С. 22 – 25.

23. Рулевська Т. Ф., Єльбакієв Д. Г., Колесніков В. О. Перспективи «водневих» автомобілів // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 168 – 172.

24. Колесніков В. О. Індустріальна технологічна революція (Індустрія 4.0), як вона торкнеться автомобільної галузі // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 90 - 94.

25. Бувалець М. Ю., Рулевська Т. Ф., Колесніков В. О. Стан впровадження водневих технологій на сучасному транспорті // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 31 – 36.

26. Стадник Л. Д., Колесніков В. О. Сонячні батареї, як допоміжне обладнання для електромобілів // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 198 - 202.

27. Павлова Ю.В., Рулевська Т.Ф., Колесніков В.О. Застосування адитивних технологій в автомобільній галузі // Матеріали V-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 13-14 квітня 2017 р., м. Вінниця. - С. 97 -102.

28. Стадник О. І., Бувалець М. Ю., Шматко О. Е., Колесніков В. О. Методи та засоби підвищення корозійної стійкості деталей автомобілів // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-

технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 190 - 197.

29. Кравцов О.В., Колесніков В.О. Сучасні стан і тенденція розвитку автомобільного транспорту // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції "Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів Європи та СНД" 26 травня. 2014 р. - С. 92 -100.

30. Балицький О.І., Колесніков В.О., Гаврилюк М.Р., Ріпей І.В., Гарда В.М., Нестеров А.О. Дослідження змащувальних охолоджуючих рідин для обробки деталей транспорту // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. - С. 67 - 73.

31. Бурдун В. В., Ревякіна О. О., Колеснікова Є. Б. Деякі приклади застосування інформаційних технологій в автомобільній галузі та освіті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 30–34.

32. Бурдун В.В., Рожкова А.Ю., Бикадорова Н.О., Ревякіна О.О. Деякі підходи щодо проведення та оцінювання якості ремонтних робіт автомобілів. «Актуальні питання експертної та оціночної діяльності»: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Полтава, 26–27 вересня 2024 року). Харків: Вид-во Іванченка І. С., 2024. С. 96 – 101.

Лісняк Вадим Олександрович – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» м. Полтава, м. Лубни, Україна

Соколов Євген Віталійович – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» м. Полтава, м. Лубни, Україна

Рожкова Анастасія Юріївна – викладач кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, Україна

Lisnyak Vadym Oleksandrovych – 4th year student of the first (bachelor's) level of the specialty «Professional education. Transport», the Department of Professional Education, Restaurant and Tourism Business, Institute of Technology and Trade, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, Ukraine

Sokolov Yevgeny Vitaliyovych –4th year student of the first (bachelor's) level of the specialty «Professional education. Transport», the Department of Professional Education, Restaurant and Tourism Business, Institute of Technology and Trade, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, Ukraine

Rozhkova Anastasiia Yuriiivna – Lecturer at the Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, State Institution, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, Ukraine

УДК 629.3.015:502

Макарець В.В., Марченко М.П.

МЕТОДИ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТУ

Сучасні методи екологізації транспорту включають електрифікацію, використання водневих технологій, альтернативних видів біопалива та інтелектуальних транспортних систем. Представлено математичні моделі для оцінки ефективності впровадження екологічних технологій, а також формули для розрахунку потенціалу зниження викидів при використанні різних підходів. Комплексне застосування розглянутих методів дозволяє знизити негативний вплив транспорту на довкілля на 40-60% при одночасному підвищенні енергоефективності на 25-30%.

Ключові слова: Екологізація транспорту, електромобілі, водневі технології, біопаливо, інтелектуальні транспортні системи, викиди CO_2 , енергоефективність.

The article examines modern methods of transport greening, including electrification, hydrogen technologies, alternative biofuels, and intelligent transport systems. Mathematical models for evaluating the effectiveness of implementing environmental technologies and formulas for calculating emission reduction potential using various approaches are presented. It is proven that a comprehensive application of the considered methods can reduce the negative environmental impact of transport by 40-60% while simultaneously increasing energy efficiency by 25-30%.

Keywords: Transport greening, electric vehicles, hydrogen technologies, biofuels, intelligent transport systems, CO_2 emissions, energy efficiency.

У сучасному світі проблема екологізації транспорту набуває критичної важливості для забезпечення сталого розвитку та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. За даними Міжнародного енергетичного агентства [1], транспортний сектор відповідає за приблизно 24% прямих викидів CO_2 від спалювання палива. Згідно з дослідженнями Європейського агентства з навколишнього середовища [2], для досягнення кліматичних цілей необхідно скоротити викиди від транспорту щонайменше на 55% до 2030 року.

При розробці методів екологізації транспорту важливо враховувати як технологічні, так і економічні фактори. Дослідження [3] показують, що ефективність впровадження екологічних технологій можна визначити за формулою:

$$E = \frac{(R \cdot T)}{(C \cdot K)},$$

де E - ефективність впровадження, R - зниження викидів, T - термін експлуатації, C - вартість впровадження, K - коефіцієнт експлуатаційних витрат. При цьому необхідно враховувати життєвий цикл транспортних засобів та інфраструктури.

Електрифікація транспорту [4] є одним із провідних методів екологізації. Цей метод охоплює впровадження акумуляторних електромобілів, які повністю виключають локальні викиди, гібридних електромобілів, що знижують споживання палива на 30-60%, та електрифікацію громадського транспорту. Ефективність електричних двигунів у порівнянні з двигунами внутрішнього згоряння може бути виражена як:

$$\eta = \frac{P_{\text{кор}}}{P_{\text{спож}}} \cdot 100\%,$$

де η - коефіцієнт корисної дії, $P_{\text{кор}}$ - корисна потужність, $P_{\text{спож}}$ - спожита потужність. Для електродвигунів цей показник досягає 85-95%, тоді як для ДВЗ — лише 25-35%. Сучасні швидкісні зарядні системи потужністю до 350 кВт забезпечують заряд акумулятора електромобіля до 80% за 15-20 хвилин, що вирішує проблему обмеженого запасу ходу.

Водневі технології в транспорті представляють перспективний напрямок екологізації. За роботою [5], ефективність використання водню як палива можна представити як:

$$Q = H \cdot V \cdot \rho,$$

де Q - енергетичний еквівалент, H - теплотворна здатність водню (120-142 МДж/кг), V - об'єм, ρ - густина. Інтегруючи ці параметри, отримуємо потенціал зниження викидів:

$$\Delta E = Q \cdot (1 - k),$$

де k - коефіцієнт викидів у порівнянні з традиційним паливом. Водневі паливні елементи з протонно-обмінною мембраною (РЕМ) досягають ККД до 60% і забезпечують запас ходу до 600-700 км з можливістю заправки за 3-5 хвилин. Впроваджується також технологія використання водню в модифікованих двигунах внутрішнього згоряння, що дозволяє знизити вартість переходу до водневих технологій на 40-50%.

Використання альтернативних видів біопалива є важливим методом екологізації транспорту, особливо у перехідний період. Біопаливо першого покоління (біоетанол, біодизель) забезпечує зниження викидів CO_2 на 20-60% порівняно з викопними аналогами. Біопаливо другого покоління з непродукційної сировини та відходів знижує викиди на 70-90%. Біометан, отриманий з органічних відходів, має близький до нульового вуглецевий слід при використанні в адаптованих двигунах.

Інтелектуальні транспортні системи формують інфраструктурну складову екологізації транспорту. Системи адаптивного керування трафіком з використанням штучного інтелекту оптимізують транспортні потоки, знижуючи час простою на світлофорах на 15-25%, що прямо корелює зі зниженням викидів. Технології V2X (Vehicle-to-Everything) забезпечують комунікацію між транспортними засобами та інфраструктурою, оптимізуючи рух та зменшуючи непродуктивні прискорення і гальмування на 30-40%.

Сучасні технології моніторингу викидів [6] дозволяють з високою точністю визначати екологічні показники транспортних засобів. Наприклад, при використанні систем безперервного моніторингу точність вимірювання становить ± 2 г CO_2 /км, що відповідає вимогам стандарту [7]. Результати вимірювань обробляються за допомогою спеціальних алгоритмів, що враховують режими експлуатації та умови навколишнього середовища.

Модальний зсув та транспортне планування є фундаментальним підходом до екологізації. Створення інтегрованих мультимодальних транспортних систем, де поєднуються різні види транспорту (залізничний, автомобільний, велосипедний), дозволяє знизити загальний екологічний слід на 25-35%. Концепція транзитно-орієнтованого розвитку передбачає планування житлових та комерційних зон навколо транспортних вузлів, зменшуючи необхідність у приватному автотранспорті на 40-60%.

Технології легких матеріалів та аеродинамічної оптимізації дозволяють знизити енергоспоживання транспортних засобів без зміни силової установки. Використання композитних матеріалів, високоміцних сталей та алюмінієвих сплавів знижує вагу автомобіля на 10-30%, що відповідно зменшує споживання палива на 6-8% на кожні 10% зниження ваги. Аеродинамічна оптимізація форми транспортних засобів дозволяє знизити коефіцієнт опору повітря з 0,3-0,35 до 0,2-0,22, що зменшує енергоспоживання на швидкостях понад 80 км/год на 15-25%.

За даними досліджень Міжнародного транспортного форуму [8], економічна ефективність впровадження екологічних технологій може бути оцінена за формулою:

$$ROI = \frac{(B - C)}{C} \cdot 100\%,$$

де B - сумарні вигоди (включаючи зниження негативних зовнішніх ефектів), C - сумарні витрати. При $ROI > 15\%$ впровадження екологічних технологій є економічно обґрунтованим у довгостроковій перспективі.

Практика впровадження методів екологізації показує, що для досягнення максимального ефекту необхідно застосовувати комплексний підхід. Згідно з дослідженнями [9], сумарний ефект від комбінованого застосування різних методів можна визначити як:

$$E_t = E_1 + E_2 + \dots + E_n - \sum (E_i \cap E_j),$$

де E_t - сумарний ефект, E_i - ефект від окремого методу, $E_i \cap E_j$ - перекриття ефектів.

Розвиток методів екологізації транспорту відбувається в напрямку впровадження штучного інтелекту та інтелектуальних транспортних систем. За даними IEEE [10], оптимізація транспортних потоків з використанням ШІ дозволяє зменшити викиди на 15-20%. Модель оптимізації [11] має вигляд:

$$M = \min \sum (V_i \cdot D_i \cdot E_i),$$

де V_i - інтенсивність потоку, D_i - відстань, E_i - питомі викиди.

Екологізація транспорту є складним багатофакторним завданням, що вимагає комплексного підходу та використання сучасних технологій. Результати досліджень провідних наукових центрів показують, що правильний вибір методів екологізації та їх коректне застосування дозволяє знизити негативний вплив транспорту на довкілля на 40-60% при одночасному підвищенні енергоефективності на 25-30%. Подальший розвиток цього напрямку пов'язаний з впровадженням технологій замкнутого циклу використання матеріалів та інтеграцією транспорту в інтелектуальні енергетичні мережі.

Список використаних джерел

1. IEA. Global Energy Review 2023. Paris: International Energy Agency, 2023. 156 p.
2. European Environment Agency. Transport and Environment Report 2023. Copenhagen: EEA, 2023. 186 p.
3. Мельник Л.Г. Економіка екологізації транспорту. Київ: Наукова думка, 2023. 278 с.
4. Василенко А.В. Електрифікація транспортних систем. Харків: НТУ "ХПІ", 2022. 224 с.
5. Johnson K., Walton M. Hydrogen Applications in Transport. London: Springer, 2023. 312 p.
6. Соколова Н.Д. Системи моніторингу екологічних показників транспорту. Львів: Львівська політехніка, 2023. 198 с.
7. ISO 23828:2022. Fuel cell road vehicles — Energy consumption measurement.
8. ITF. Transport Outlook 2023. Paris: OECD Publishing, 2023. 175 p.
9. Ковальчук В.М. Інтегровані підходи до екологізації транспорту. Одеса: ОНПУ, 2024. 256 с.
10. IEEE Standard 7008-2024: Standard for Ethical Considerations in Intelligent Transportation Systems.
11. Федоренко О.П. Оптимізація транспортних систем за екологічними критеріями. Вісник транспортних систем. 2023. №3. С. 42-53.

Макарець Валерій Володимирович – доктор філософії, старший викладач кафедри агроінженерії та транспортних технологій факультету інженерії та енергетики. ВП НУБіП України “Ніжинський агротехнічний інститут”.

Марченко Марина Петрівна – студентка, бакалавр кафедри агроінженерії та транспортних технологій факультету інженерії та енергетики. ВП НУБіП України “Ніжинський агротехнічний інститут”.

Valerii Makarets – PhD, Senior Lecturer at the Department of Agricultural Engineering and Transport Technologies, Faculty of Engineering and Energy, Nizhyn Agrotechnical Institute, Branch of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.

Marchenko Marina – Bachelor's degree student at the Department of Agricultural Engineering and Transport Technologies, Faculty of Engineering and Energy, Nizhyn Agrotechnical Institute Branch of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.

УДК: 656.1.8

Макарець В.В., Сахипзадін М.Р.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ В УКРАЇНІ

Автомобільний транспорт в Україні є одним з найпоширеніших, проте зростання кількості авто призводить до заторів, економічних втрат та погіршення екології.

Представлено аналіз сучасного стану автотранспортної системи та ефективності турбінно-кільцевих розв'язок, як методу регулювання потоків.

Ключові слова: автотранспорт, транспортні потоки, дорожні розв'язки, турбінно-кільцева розв'язка, затори, економічні втрати, екологія, пропускна спроможність.

Automobile transport is one of the most widespread in Ukraine, but the growing number of vehicles leads to traffic congestion, economic losses, and environmental degradation.

The article analyzes the current state of the road transport system and the effectiveness of turbine-ring interchanges as a method of traffic flow regulation.

Keywords: road transport, traffic flows, road interchanges, turbine-ring interchange, traffic jams, economic losses, ecology, traffic capacity.

Автомобільний транспорт в Україні є одним з найпоширеніших видів транспорту. За даними Міжнародної асоціації виробників автомобілів (OICA) станом на 2021 рік транспортна система України налічувала понад 7,4 млн транспортних засобів [1]. Рівень автомобілізації в країні сягає близько 250 авто на 1000 осіб, однак розподіл є нерівномірним – у Києві цей показник становить приблизно 400 авто на 1000 осіб [2]. Хоча українські показники все ще нижчі за європейські, столиця вже наближається до їхнього рівня.

Зростання кількості автомобілів призводить до системних проблем у транспортній інфраструктурі – перенавантаження доріг, виникнення заторів, економічних втрат і погіршення екологічної ситуації. Це обумовлює актуальність дослідження методів оптимізації транспортних потоків. Проблема регулювання транспортних потоків безпосередньо пов'язана з економічною ефективністю транспортної системи, екологічною безпекою та якістю життя громадян.

Незважаючи на значну кількість досліджень, питання практичного впровадження турбінно-кільцевих розв'язок в українську транспортну систему та оцінка їх економічної ефективності залишаються недостатньо вивченими.

З кожним роком кількість автомобілів в Україні зростає, що призводить до збільшення навантаження на транспортну інфраструктуру. Перенавантаження транспортних шляхів відбувається через:

- недостатню пропускну спроможність доріг, пов'язану з їх невідповідністю до сучасних потреб;

- відсутність ефективного регулювання руху, що включає недостатню кількість розв'язок, світлофорів та штучних споруд (естакад, тунелів);

- високу концентрацію транспорту у містах;

- порушення ПДР та низьку культуру водіння;

- логістичні проблеми, посилені початком повномасштабного вторгнення [3].

Завантаженість автотранспортних потоків спричиняє ряд негативних наслідків:

- часові затримки, що знижують продуктивність підприємств і створюють перешкоди для роботи екстрених служб;

- збільшення кількості шкідливих викидів, що погіршує екологічну ситуацію;

- економічні втрати, пов'язані з додатковими витратами пального та втраченим часом [4].

Для вирішення проблеми завантаженості транспортних шляхів існують різноманітні організаційно-технічні методи розподілу автотранспортних потоків у часі:

- Дорожні розв'язки – комплекс дорожніх споруд (мостів, тунелів, доріг), призначений для мінімізації перетинів транспортних потоків і, як наслідок, для збільшення пропускної здатності доріг [5].

- Реверсивний рух – смуга руху, в якій рух можливий в обох напрямках залежно від певних умов. Регулювання такого типу руху відбувається спеціальними знаками та світлофорами.

- Розширення доріг – збільшення кількості смуг для підвищення пропускної спроможності.

- Перехід на альтернативний вид транспорту – розвиток громадського транспорту, велосипедної інфраструктури тощо.

Проведений порівняльний аналіз показав, що дорожні розв'язки є оптимальним компромісом між технологічністю, ефективністю та вартістю у довгостроковій перспективі, оскільки:

- реверсивний рух лише тимчасово зменшує затори в години пік, вимагає ідеальної дисципліни водіїв (ризик ДТП через зміну напрямку) і не збільшує загальну пропускну спроможність дороги;

- розширення доріг призводить до збільшення кількості автомобілів, що знову породжує затори (Парадокс Доунса-Томсона), потребує значних інвестицій на викуп землі та реконструкцію, а також негативно впливає на екологію через знищення зелених зон;

- альтернативний транспорт характеризується дуже повільною реалізацією, потребує змін інфраструктури (смуги, парковки) та менталітету, ефективний лише для коротких дистанцій у містах і не вирішує проблему вантажних перевезень.

У Європі та США значного розповсюдження набула кільцева розв'язка, тип розв'язки, коли замість чотирьох лінійного перехрестя рух відбувається по колу.

Дослідження [6] підтверджують, що грамотно спроектовані кругові розв'язки можуть зменшити затримки транспорту на 65% порівняно з перехрестями, обладнаними світлофорами або знаками.

У 2004 році дослідники порівняли експлуатаційні характеристики 11 сучасних кругових розв'язок і перехресть зі світлофорами. Результати підтвердили перевагу кругових розв'язок за критерієм ефективності: середні затримки були знижені на 65%, лише третина автомобілів змушена була зупинятися, і навіть у години пік такі розв'язки не використовували весь свій потенціал [7].

Турбінно-кільцева розв'язка (рис. 1) є оптимальним рішенням, яке поєднує переваги класичних кілець і значно їх перевершує. При вартості близько 22,8 млн доларів, вона забезпечує вдвічі вищу пропускну спроможність порівняно з будь-якими аналогами.



Рисунок 1 – Приклад турбінно-кільцевої розв'язки

Переваги турбінно-кільцевої розв'язки:

1. Підвищена швидкість проходження розв'язок.
2. Можливість перетину будь-якої кількості доріг.
3. Кратне зниження числа конфліктних точок – місць поділу, перетину, переплетення і злиття транспортних потоків (на звичайному необладнаному перетині в одному рівні – 32 конфліктні точки, у випадку турбінно-кільцевої розв'язки – лише 12).

4. Можливість організації пересадочного вузла для громадського транспорту.

5. Відсутність необхідності у великих земляних роботах.

6. Організація повністю безсвітлофорних магістралей.

Недоліки турбінно-кільцевої розв'язки:

1. Середня складність конструкції.

2. Різкі перепади висот і довгі ухили (нівелюються при новому будівництві).

3. Непридатність для центральних міських перехресть.

Для оцінки ефективності впровадження турбінно-кільцевої розв'язки проведено розрахунок соціального строку окупності інвестицій на основі даних, наведених у таблиці 1 [8].

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку соціального строку окупності турбінно-кільцевої розв'язки

Показник	Значення
Вартість будівництва турбінно-кільцевої розв'язки, млн. дол.	22,8
Середня витрата бензину в місті на 1 автомобіль	8 л (55 грн./л)
Втрачена вигода від втрати часу протягом простоювання у пробці в середньому на 1 людину	250 грн./год
Середня кількість автомобілів, котрі знаходяться у пробці	100 од.

Розрахунок щоденних соціально-економічних втрат від заторів: $(8 \times 55 + 250) \times 100 = 690,00$ грн./день або 16,64 дол. на день.

Річна сума втрат: $16,64 \times 365 = 6073,6$ дол./рік

Соціальний строк окупності розв'язки: $22800000 / (6073,6 \times 100) = 37,5$ років

Сучасний стан автотранспортної системи України характеризується зростаючим рівнем автомобілізації, що призводить до перенавантаження транспортних шляхів, особливо у великих містах.

Серед проаналізованих методів оптимізації транспортних потоків (дорожні розв'язки, реверсивний рух, розширення доріг, перехід на альтернативний транспорт) найефективнішими з точки зору співвідношення технологічності, ефективності та довгострокових результатів є дорожні розв'язки, зокрема кільцеві моделі.

Турбінно-кільцева розв'язка забезпечує найвищу ефективність завдяки значному зниженню конфліктних точок (до 12 порівняно з 32 на звичайному перехресті), можливості руху у чотирьох і більше напрямках без пересічних потоків, відсутності необхідності зупинок та вдвічі вищій пропускній здатності порівняно з аналогами.

Список використаних джерел

1. Ukraine – Vehicles in use [Електронний ресурс] // OICA – International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. – 2021. – URL: <https://www.oica.net/category/vehicles-in-use/> (дата звернення: 08.04.2025).

2. Кількість авто в Києві перевищила 400 на 1000 жителів [Електронний ресурс] // Україна. - 2021. – URL: <https://www.autoconsulting.com.ua/article.php?sid=48496> (дата звернення: 08.04.2025).

3. Устенко М. О. Основні проблеми транспортної логістики / М. О. Устенко // Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2010. - № 29. – С. 2-5.

4. Карпінський Б. І. Транспортна система України в контексті європейської інтеграції / Б. І. Карпінський // Економіка України. – 1998 - № 7. – С. 17-23.
5. Автомобільні дороги. ДБН В.2.3-4: 2015. - Київ, 2015. – 104 с.
6. Vanderbilt T. Traffic: Why We Drive the Way We Do (and What It Says About Us) / T. Vanderbilt – Allen Lane, 2008.
7. Operational Performance of Kansas Roundabouts: Phase II - [Електронний ресурс] – URL: https://www.intrans.iastate.edu/wp-content/uploads/sites/10/2019/01/dot_37646_DS1.pdf (дата звернення: 08.04.2025).
8. Міністерство інфраструктури України. Аналіз стану автомобільного транспорту України у 2022 році [Електронний ресурс] / Міністерство інфраструктури України. – Київ, 2022. – URL: <https://mtu.gov.ua/> (дата звернення: 08.04.2025).

Макарець Валерій Володимирович – доктор філософії, старший викладач кафедри агроінженерії та транспортних технологій факультету інженерії та енергетики. ВП НУБіП України “Ніжинський агротехнічний інститут”.

Сахипзадін Марат Русланович – студент, бакалавр кафедри агроінженерії та транспортних технологій факультету інженерії та енергетики. ВП НУБіП України “Ніжинський агротехнічний інститут”.

Valerii Makarets – PhD, Senior Lecturer at the Department of Agricultural Engineering and Transport Technologies, Faculty of Engineering and Energy, Nizhyn Agrotechnical Institute, Branch of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.

Marat Sakhypzadin – Student, Bachelor at the Department of Agricultural Engineering and Transport Technologies, Faculty of Engineering and Energy, Nizhyn Agrotechnical Institute, Branch of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.

УДК 625.7

Макаров В.А., Андрощук В.Д.

АСПЕКТИ АНАЛІЗУ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ З ОГЛЯДУ НА СТАН ЕКОЛОГІЧНОСТІ ДОВКІЛЛЯ

У статті розглянуто екологічні аспекти автомобільних перевезень у сільськогосподарських регіонах України. Проаналізовано основні джерела забруднення довкілля, зумовлені роботою автотранспорту.

Описано методи контролю екологічності перевезень, подано порівняльну оцінку ефективності методів та наведено приклади їх практичного впровадження у транспортній логістиці.

Ключові слова: *автомобільні перевезення, екологічність, сільське господарство, забруднення, контроль, моніторинг, альтернативне паливо.*

The article deals with the environmental aspects of road transportation in agricultural regions of Ukraine. The main sources of environmental pollution caused by the operation of motor vehicles are analyzed.

The methods of controlling the environmental friendliness of transportation are described, a comparative assessment of the effectiveness of the methods is given, and examples of their practical implementation in transport logistics are given.

Keywords: *road transportation, environmental friendliness, agriculture, pollution, control, monitoring, alternative fuel.*

Сучасний розвиток сільськогосподарської інфраструктури нерозривно пов'язаний з інтенсивним використанням автомобільного транспорту, який забезпечує логістичні операції на всіх етапах аграрного виробництва. Водночас, автоперевезення є одним із ключових факторів техногенного навантаження на довкілля в сільській місцевості, що виявляється у формі викидів шкідливих речовин в атмосферу, деградації ґрунтів, забруднення водних ресурсів і порушення екологічного системного балансу. У зв'язку з цим виникає нагальна проблема в розробці та впровадженні ефективних методів екологічного моніторингу й контролю автомобільних перевезень у сільськогосподарських регіонах.

Екологічність довкілля – це ступінь його відповідності нормативам щодо чистоти повітря, ґрунту і води, а також рівень збереження біорізноманіття під впливом автотранспортної активності.

Метою даного дослідження є аналіз наявних методів контролю екологічного стану в умовах автомобільних перевезень у сільськогосподарських районах з фокусом на мінімізацію техногенного впливу.

Характеристика автоперевезень у сільській місцевості

Автомобільний транспорт відіграє ключову роль у забезпеченні логістичних потреб сільськогосподарських регіонів України.

Сільськогосподарські регіони України характеризуються розгалуженою мережею автомобільних доріг, які забезпечують перевезення продукції, постачання матеріалів та техніки. Інтенсивність руху на цих дорогах залежить від сезону: під час посівної та збиральної кампаній транспортне навантаження зростає.

Особливістю сільських доріг є їхній технічний стан, який часто не відповідає сучасним вимогам, що сприяє підвищенню викидів забруднюючих речовин через неефективну роботу двигунів та системи «колесо-дорога» на нерівних покриттях [1].

Автомобільний транспорт є значним джерелом викидів шкідливих речовин в атмосферу. До основних компонентів відпрацьованих газів належать:

- оксиди азоту (NO_x): утворюються при високотемпературному згорянні палива і сприяють утворенню фотохімічного смогу;
- діоксид сірки (SO_2): виникає при спалюванні сірковмісного палива і є причиною кислотних дощів;
- оксиди вуглецю (CO): чадний газ, який утворюється при неповному згорянні палива і є токсичним для живих організмів;
- тверді частки ($\text{PM}_{2.5}$ і PM_{10}): дрібнодисперсні частки, які проникають у дихальні шляхи і можуть спричинити респіраторні захворювання;
- важкі метали (свинець, кадмій, хром): викидаються внаслідок зносу деталей, гальмівних колодок та шин, накопичуються в ґрунтах і водних об'єктах.

Викиди автотранспорту мають комплексний негативний вплив на різні компоненти довкілля:

- ґрунти: накопичення важких металів та нафтопродуктів призводить до деградації ґрунтового покриву, зниження родючості та забруднення сільськогосподарської продукції;
- повітря: підвищення концентрації шкідливих газів сприяє розвитку захворювань дихальної системи у населення та тварин, а також впливає на процеси фотосинтезу у рослин;
- вода: стічні води з доріг, що містять нафтопродукти та важкі метали, потрапляють у водні об'єкти, спричиняючи їх евтрофікацію та загибель водних організмів;
- біорізноманіття: забруднення середовища та фрагментація природних ландшафтів через будівництво доріг призводять до зменшення чисельності та видового складу флори і фауни.

Згідно з даними Державної служби статистики України, рівень викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел [2].

Таблиця 1 – Найбільші показники викидів забруднюючих речовин

Регіон	Викиди (тонн) 2019 р.	Викиди на особу (кг) 2019 р.
Україна	1 648 827,0	39,2
Вінницька область	58 060,1	37,4
Волинська область	31 356,3	30,3
Дніпропетровська	131 346,3	41,2

Методи контролю екологічності автоперевезень

Ефективний контроль екологічності автоперевезень є критично важливим для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та забезпечення сталого розвитку аграрних територій.

Методи контролю екологічності автоперевезень поділяються на дві основні категорії:

- активні методи: передбачають безпосереднє втручання в процеси перевезень з метою зменшення викидів. До них належать: оптимізація маршрутів, контроль технічного стану транспортних засобів, використання екологічно чистих видів палива;
- пасивні методи: спрямовані на спостереження та аналіз впливу автоперевезень на довкілля без безпосереднього втручання в процеси перевезень. До них належать: моніторинг якості повітря, біоіндикація, дистанційне зондування.

Технічний контроль транспортних засобів

Технічний контроль передбачає перевірку технічного стану транспортних засобів з метою забезпечення їх відповідності екологічним стандартам. Під час такого контролю оцінюється рівень викидів забруднюючих речовин, зокрема оксиду вуглецю (CO) та вуглеводнів (CH), а також перевіряється наявність підтікань паливно-мастильних матеріалів, які можуть спричинити забруднення довкілля.

Використання сучасних діагностичних приладів дозволяє точно вимірювати концентрацію шкідливих речовин у відпрацьованих газах і виявляти несправності, що впливають на екологічність транспорту.

Використання каталітичних нейтралізаторів та сажових фільтрів

Каталітичні нейтралізатори та сажові фільтри є пристроями, що встановлюються в систему вихлопу автомобіля для зменшення викидів шкідливих речовин. Каталітичні нейтралізатори сприяють окисленню оксиду вуглецю та вуглеводнів, а також відновленню оксидів азоту до менш шкідливих компонентів.

Сажові фільтри ефективно затримують тверді частки (PM), зокрема сажу, запобігаючи їх потраплянню в атмосферу.

Перехід на альтернативні види палива

Використання альтернативних видів палива, таких як стиснений природний газ (СПГ), зріджений нафтовий газ (ЗНГ), біологічне дизельне паливо, етанол або водень, дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин. Ці види палива характеризуються нижчим вмістом сірки та інших забруднювачів, що сприяє покращенню екологічних показників автотранспорту [3].

Таблиця 2 – Порівняння впливу різних видів палива на довкілля

Вид палива	CO ₂ (г/км)	NO _x (г/км)	PM (г/км)	Вміст сірки	Загальна екологічна оцінка
Дизельне паливо	~170	~0.4	~0.02	Високий	Низька
Бензин	~155	~0.25	~0.015	Середній	Середня
Стиснений природний газ (СПГ)	~125	~0.05	~0.005	Низький	Висока
Зріджений нафтовий газ (ЗНГ)	~135	~0.08	~0.007	Низький	Висока
Біодизель (B20-B100)	~130	~0.2	~0.01	Дуже низький	Висока
Етанол (E85)	~100	~0.1	~0.008	Немає	Дуже висока
Водень (паливні елементи)	~0	~0	~0	Немає	Максимальна

Фіскальні методи регулювання

Фіскальні інструменти, такі як податки на транспортні засоби залежно від рівня їх викидів CO₂, стимулюють власників обирати більш екологічні автомобілі. В Україні поки що відсутні такі механізми, однак досвід європейських країн демонструє їхню ефективність у зниженні загального рівня забруднення від транспорту.

Біоіндикація та фітомоніторинг

Методи біоіндикації передбачають використання живих організмів, зокрема рослин, для оцінки рівня забруднення довкілля. Наприклад, аналіз вмісту аскорбінової кислоти та хлорофілу в листках кульбаби лікарської може свідчити про рівень забруднення повітря.

Фітомоніторинг дозволяє отримати дані про накопичення шкідливих речовин у рослинах, що ростуть уздовж доріг, і оцінити вплив автотранспорту на екосистеми.

Супутниковий моніторинг транспортних потоків

Використання супутникових знімків для моніторингу руху вантажного транспорту дозволяє оцінювати інтенсивність транспортних потоків та їхній вплив на довкілля. Аналіз супутникових даних дає змогу виявляти перевантажені ділянки доріг і планувати заходи для зменшення заторів та пов'язаних з ними викидів.

Автономні аеромобільні вимірювальні комплекси

Використання безпілотних літальних апаратів, оснащених сенсорами для вимірювання концентрації забруднюючих речовин, дозволяє оперативно отримувати дані про стан

атмосферного повітря в різних точках сільськогосподарських регіонів. Такі комплекси забезпечують мобільність та точність вимірювань, що є важливим для екологічного моніторингу.

У таблиці 3 наведено порівняння вищеописаних методів контролю екологічності. Порівнявши наявні методи контролю екологічності стану довкілля, необхідно обрати методи, що найбільш ефективно дозволять контролювати рівень екологічності у сільськогосподарській місцевості.

Таблиця 3 – Порівняльна таблиця методів контролю екологічності

№	Метод контролю	Ефективність	Вартість впровадження	Мобільність	Точність	Польове застосування
1	Технічний контроль	Висока	Середня	Низька	Висока	Обмежено
2	Каталітичні нейтралізатори та фільтри	Висока	Висока	Постійна	Висока	Так
3	Альтернативні види палива	Висока	Висока	Постійна	Висока	Так
4	Фіскальні методи	Середня	Низька	Постійна	Опосередкована	Ні
5	Біоіндикація та фітомоніторинг	Середня	Низька	Висока	Середня	Так
6	Супутниковий моніторинг	Висока	Висока	Постійна	Висока	Ні
7	Аеромобільні вимірювальні комплекси	Висока	Висока	Висока	Висока	Так

Одним з таких є автоматизовані пости екологічного моніторингу, які оснащені сенсорами для безперервного вимірювання рівня забруднення повітря та інших параметрів. Наприклад, ПрАТ «Укрграфіт» впровадило систему, що інтегрована в європейську мережу моніторингу, дозволяючи отримувати дані в реальному часі та прогнозувати забруднення. Крім того, використання GPS-моніторингу транспорту дозволяє відстежувати маршрути перевезень та ідентифікувати зони з підвищеним рівнем забруднення. Державне підприємство «Ліси України» запровадило пілотний проєкт із GPS-моніторингу переміщення вантажного транспорту, що дозволяє контролювати маршрути лісовозів, пройдений кілометраж та витрати пального.

Біоіндикація також є ефективним методом оцінки екологічного стану територій, зокрема придорожніх смуг. Використання лишайників як біоіндикаторів дозволяє визначити рівень забруднення повітря важкими металами та іншими токсикантами. Дослідження, проведене в місті Чернігові, показало, що коефіцієнт покриття дерев лишайниками корелює з рівнем забруднення повітря, що підтверджує доцільність використання цього методу. Крім того, застосування равликів для біоіндикації забруднення території токсикантами дозволяє оцінити вплив забруднення на живі організми. Ґрунтові сенсори також відіграють важливу роль у моніторингу екологічності автоперевезень. Вони дозволяють вимірювати концентрацію забруднюючих речовин у ґрунті, що є особливо важливим для сільськогосподарських регіонів. Використання таких сенсорів у поєднанні з роботизованими платформами дозволяє створювати детальні карти забруднення та оцінювати вплив автоперевезень на ґрунтовий покрив.

Практичні приклади впровадження екологічного контролю Система «Зелений маршрут» у фермерських господарствах – передбачає оптимізацію логістичних процесів у

фермерських господарствах з метою зниження екологічного впливу автоперевезень. Вона включає планування маршрутів з урахуванням мінімізації відстані та часу в дорозі, використання екологічно чистих транспортних засобів та впровадження технологій моніторингу викидів. Наприклад, у деяких європейських країнах фермери об'єднуються для спільного використання транспорту, що зменшує кількість поїздок і, відповідно, викидів шкідливих речовин. Використання GPS-навігації та програмного забезпечення для оптимізації маршрутів дозволяє знизити споживання пального та зменшити викиди CO₂.

Використання електротранспорту – Європейський Союз активно впроваджує електротранспорт як засіб зниження викидів парникових газів та покращення якості повітря. Наприклад, у Польщі реалізуються програми субсидування закупівлі електробусів для міських перевезень, що сприяє зменшенню залежності від викопних видів палива та зниженню рівня шуму в містах. Вчені Технічного університету Дрездена провели дослідження шуму при коченні коліс [4]. В Україні також спостерігається тенденція до переходу на електротранспорт. Зокрема, у Луцьку в рамках міжнародного проекту було встановлено «розумні зупинки» та інформаційні табло, що сприяє підвищенню привабливості громадського транспорту та зменшенню використання приватних автомобілів, а отже, і викидів шкідливих речовин.

Висновки

У ході дослідження встановлено, що автотранспорт у сільськогосподарських регіонах є вагомим джерелом екологічного навантаження довкілля, зокрема через викиди оксидів азоту, вуглецю та твердих часток. Аналіз існуючих методів контролю показав, що найбільш ефективними є комплексні підходи, які поєднують технічний огляд, використання екологічних фільтрів, альтернативних палив, а також сучасні засоби моніторингу: супутниковий контроль, біологічну індикацію та автономні вимірювальні платформи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

В. І. Жуковський, О. П. Ковальчук і Н. М. Савченко, «Вплив автомобільного транспорту на екологічний стан сільськогосподарських територій», Екологічний вісник України, вип. 2, с. 45-53, 2021.

2. М. В. Кравченко, «Оцінка екологічної безпеки автомобільного транспорту в аграрному секторі», Наукові записки УкрДУЗТ, т. 38, № 3, с. 112-119, 2020.

3. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році, Київ, 2022.

4. Schubert J.: Experimentelle und theoretische Untersuchungen zum Reifen: Doktoringenieurs Dissertation : Fahrbahn-Rollgeräusch. Dresden, 2003.

Макаров Володимир Андрійович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету.

Андрошук Віктор Дмитрович – аспірант групи 275-23а, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Факультет транспортних та інформаційних технологій

Volodymyr Makarov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University.

Viktor Androshchuk – postgraduate student of group 275-23a, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Faculty of Transport and Information Technologies.

УДК 656.07

Макарова Т.В., Свіргун А.В.

ПРО ОЦІНКУ ВПЛИВУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛАСТИЧНИХ РУШІЇВ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Проаналізоване поняття та структура категорії «ефективність». Визначений вплив шин на ефективність автомобільних перевезень. Запропонований інтегральний показник властивостей еластичних рушіїв для оцінки транспортних витрат. Розглянуто бічне відведення, як основний компонент забезпечення стійкості та ефективності руху колісних транспортних засобів.

Ключові слова: перевезення, ефективність, автомобіль, еластичний рушій, властивість, витрати.

The concept and structure of the category "efficiency" was analyzed. The influence of tires on the efficiency of road transportation was determined. An integral indicator of the properties of elastic drives was proposed for assessing transport costs. Lateral deflection was considered as the main component of ensuring the stability and efficiency of wheeled vehicles.

Key words: transportation, efficiency, car, elastic propulsion, property, costs.

Автомобільні перевезення займають ключову позицію в транспортній системі будь-якої країни, забезпечуючи оперативне переміщення вантажів та пасажирів на короткі й середні відстані [1, 2]. В умовах зростання обсягів перевезень, підвищення вартості пального та запасних частин, посилення вимог до екологічності та безпеки, підвищення ефективності автомобільного транспорту стає пріоритетним завданням для економіки, логістики та транспортної інженерії.

Мета роботи – аналіз факторів забезпечення ефективних автомобільних перевезень з урахуванням властивостей еластичних рушіїв.

Підвищення ефективності перевезень досягається за рахунок зниження витрат, підвищення продуктивності транспортних процесів, покращення якості обслуговування, зменшення впливу на довкілля тощо. На зазначені чинники суттєво впливають властивості еластичних рушіїв, за рахунок яких можна досягти не тільки зменшення витрат на автомобільні перевезення, а й покращення безпеки та соціально-екологічних показників при транспортуванні. Поняття ефективності є основним з найбільш універсальних у науці й застосовується для дослідження систем будь – якого масштабу, сфери функціонування й рівня розвитку. Ефективність притаманна усьому відтворювальному процесу в цілому та його окремим елементам: виробництву (в тому числі транспортному), розподілу, обміну та користуванню. Вона дає єдину якісно – кількісну характеристику результатів функціонування для підприємства, виробничої системи, регіону та країни в цілому. Важливим етапом при дослідженні ефективності є визначення її показників, які класифіковані наступним чином:

- за співвідношенням результатів та витрат (показники економічної, соціальної, ресурсної, екологічної, фінансової ефективності);
- за сукупністю суб'єктів, цілі й інтереси яких відображаються – бюджетна, народногосподарська.

Деякі автори, які характеризують ефективність різних процесів або економіки вважають, що вона може бути досягнута, якщо між різними впливовими силами досягнуто Парето – «рівноважний стан» [3]. Парето – усталений стан, який свідчить більш за все про стійкість економічного розвитку системи, а не про його ефективність [4].

Існують різні види ефективності, основні з яких наведені на рис. 1.

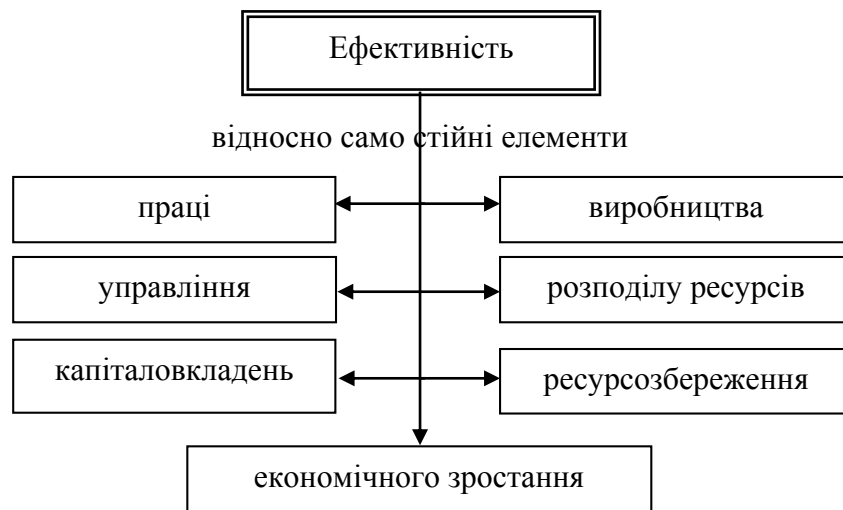


Рисунок 1 – Схема внутрішньої структури категорії «ефективність»

Таким чином, категорія «ефективність» має неоднорідну внутрішню структуру [5]. Відображені на схемі елементи є відносно самостійними, що характеризують стійкі системи зв'язків й відносин, хоча кожний з елементів відіграє самостійну роль, вступаючи у протиріччя з іншими, відображає різні сторони розвитку та взаємодії економічної системи з зовнішнім середовищем. В роботі виділена ефективність автомобільних перевезень, яку можна розглядати в двох аспектах – широкому та вузькому (рис. 2).



Рисунок 2 – Рівні розгляду ефективності автомобільних перевезень

У широкому сенсі дане поняття являє собою ступінь відповідності розвитку автомобільних перевезень цілям і завданням, які поставлені суспільством, підприємствами і

державою (можливо на регіональному рівні). У вузькому сенсі ефективність автомобільних перевезень – це співвідношення результатів функціонування транспорту й витрат, необхідних для досягнення зазначених результатів, або темпи зміни показників транспортних процесів в порівнянні з характеристиками минулих років.

Наведені вище два рівні ефективності автомобільних перевезень діалектично пов'язані між собою. У довгостроковому періоді, суспільство, підприємства та держава ставлять перед транспортною системою країни соціально й економічно значимі цілі (ефективність у широкому змісті). Попит на автомобільні перевезення залежить від темпів зростання найважливіших макро показників (ВВП, зайнятості населення, середньої заробітної плати), а також підвищення якості використання економічних ресурсів у країні, що проявляється в зростанні рентабельності, продуктивності праці, фондовіддачі тощо (ефективність у вузькому тлумаченні).

Виділений вплив еластичних рушіїв на збільшення (↑) або зниження (↓) ефективності автомобільних перевезень (рис. 3).



Рисунок 3 – Оцінка впливу шин на ефективність автомобільних перевезень

Еластичний рушій – це елемент колісного транспортного засобу, який здійснює передачу зусилля від двигуна до дорожнього покриття, забезпечуючи зчеплення, амортизацію та стабільність. У ролі еластичних рушіїв у колісних транспортних засобах найчастіше виступають пневматичні шини. Ефективність автомобільних перевезень знаходиться за формулою:

$$E_{\Pi} = \frac{Q}{C \cdot K_{BC}}, \quad (1)$$

де Q – обсяг виконаної транспортної роботи, ткм або пас. км;

C – загальні витрати на перевезення, грн.;

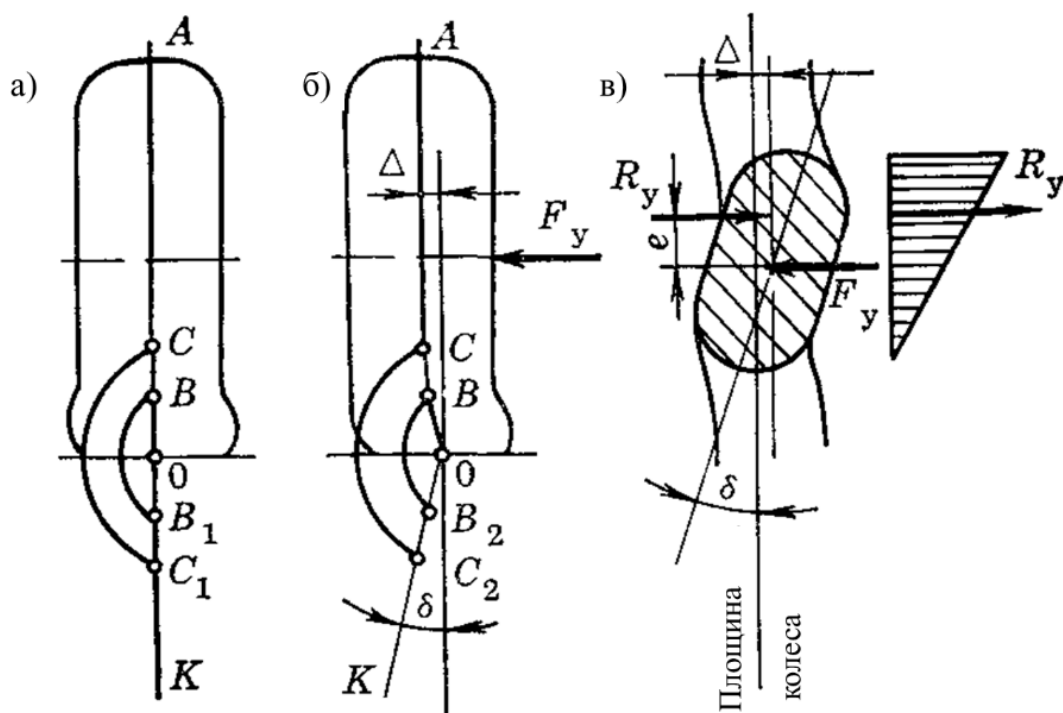
K_{BC} – інтегральний показник, який враховує вплив експлуатаційних властивостей шин на транспортні витрати.

Запропоновано у формулі ефективності автомобільних перевезень враховувати інтегральний показник властивостей автомобільних шин, який зменшує витрати. Для визначення даного коефіцієнта наведена наступна залежність:

$$K_{EВШ} = K_{ЖШ} \cdot K_{AB} \cdot K_{OK} \cdot K_{ЗВ} \cdot K_{ТЗ} \cdot K_{МК}, \quad (2)$$

де $K_{ЖШ}$ – жорсткість шини (радіальна й бокова); K_{AB} – амортизаційні властивості; K_{OK} – опір коченню; $K_{ЗВ}$ – зчіпні властивості; $K_{ТЗ}$ – тепловіддача та зносостійкість; $K_{МК}$ – маса та конструкція шини (радіальна/діагональна).

Відповідно наведеної вище залежності, серед основних характеристик шин, що впливають на ефективність перевезень, виділяють наступні: жорсткість шини (радіальна й бокова), амортизаційні властивості, опір коченню, зчіпні властивості, тепловіддача та зносостійкість, маса та конструкція шини (радіальна або діагональна). Бічна та кутова жорсткість є показниками статичного випробування шин. Тому, більш значущим є дослідження шини в динаміці, тобто при коченні колеса. Найважливішою характеристикою шини, яка поєднує в собі бічну і кутову жорсткості, є бічне відведення колеса, яке найбільше впливає на КСР автомобіля. Схема бічного відведення колеса наведена на рис. 4.



а) кочення колеса при відсутності бічної сили; б) кочення колеса при дії бічної сили; в) розподіл реакцій та стабілізуючий момент; В, С – точки, розташовані на лінії ОА посередині протектору;

В1, С1 – точки дотику точок В і С дороги при коченні без дії бічної сили; В2, С2 – точки дотику точок В і С дороги при коченні під час дії бічної сили; R_y – результуюча бічних елементарних поперечних реакцій ($R_y = F_y$); $M_{ст} = R_y e$ – стабілізуючий момент

Рисунок 4 - Схема бічного відведення колеса

Візуалізація бічного відведення колеса дозволяє поглибити розуміння процесу кочення колеса з відведенням.

Висновки. Ефективність автомобільних перевезень - це не лише технічна або економічна категорія, а комплексний показник, який впливає на сталий розвиток транспортної галузі в цілому. Властивості еластичних рушіїв мають безпосередній вплив на економічність, безпеку, комфорт та екологічність автомобільних перевезень. Оптимізація конструкції шин та контроль бічного відведення колеса покращить курсову стійкість руху автомобіля, що сприятиме зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню продуктивності і безпеки перевезень.

Список використаних джерел

1. Волинець Л. Лібералізація міжнародних автомобільних перевезень – новий імпульс розвитку транспортної галузі. Економіка транспортного комплексу. 2021. Вип. 37. С. 161–176.
2. Дуна Н., Матвієнко А. Перспективи розвитку українського ринку автомобільних вантажоперевезень: євроінтеграційний аспект. Науковий вісник Ужгородського національного університету. 2022. Випуск 44. С. 21–29.
3. Коноплицький В.А. Економічний словник: тлумачно-термінологічний. К.: Центр учбової літератури, 2007. 580 с.
4. Економіко – математичний словник: веб. сайт. URL : <https://slovnuk.ua/index.php?swrd=економіко-математичний>.
5. Яценко О.І., Романюк О.П. Економічні та соціальні аспекти оцінки ефективності. Науковий вісник НЛТУ України. 2008, вип.18.6. С. 237 - 238.

Макарова Тамара Володимирівна — кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: tomamakarova@ukr.net.

Свіргун Андрій Володимирович – аспірант групи 275-22а, Вінницький національний технічний університет, e-mail: svirgun@gmail.com.

Makarova Tamara – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tomamakarova@ukr.net

Svirgun Andriy – postgraduate student of group 275-22a, Vinnytsia National Technical University, e-mail: svirgun@gmail.com.

УДК 629.113.004

Мармут І.А., Шестов С.О.

ДО ПИТАННЯ РОЗРАХУНКУ ПРИВЕДЕНОЇ ІНЕРЦІЙНОЇ МАСИ РОЛИКОВОГО СТЕНДУ

Зміни моментів інерції колеса, викликані зносом, істотно впливають на точність реєстрації параметрів гальмівної системи при перевірці на інерційному роликовому стенді. Пропонується збільшити приведену масу стенду таким чином, щоб частка приведеної маси колеса і пов'язаних з ним частин автомобіля, що обертаються, становила невелику частину і вносила похибку не більше допустимої.

Ключові слова: роликовий стенд, приведена інерційна маса, гальмівна система, похибки вимірювань.

Changes in the moments of inertia of the wheel caused by wear significantly affect the accuracy of recording the parameters of the brake system when tested on an inertial roller stand. It is proposed to increase the reduced mass of the stand so that the share of the reduced mass of the wheel and the associated rotating parts of the car is a small part and introduces an error no more than the permissible one.

Key words: roller stand, reduced inertial mass, brake system, measurement errors.

Вступ

Для діагностування тягово-гальмівних властивостей автомобілів найбільше пристосовані роликові стенди інерційного типу [1]. Як показує багато досліджень, саме вони дають найбільш достовірну інформацію про технічний стан автомобіля [2]. Це стосується параметрів, що визначають точність моделювання на стенді реальних швидкісних та теплових режимів.

Результати дослідження

Металоємність інерційного стенду значною мірою визначається величиною приведеної маси стенду (моментом інерції). Розглянемо можливість зниження цього параметра. При дослідженні виходимо з припущення, що значення приведених інерційних мас коліс та інших частин автомобіля, що обертаються (гальмівні диски, маточини та ін.) не постійні, а варіюють в якихось межах (передусім через знос протектора). Через це зростає помилка визначення гальмівних сил на кожному колесі та стандартних показників ефективності гальмівної системи [3]: загальної питомої гальмівної сили – γ_t та коефіцієнта осьової нерівномірності – K_n .

Для обґрунтування вибору оптимальної приведеної інерційної маси пропонується критерій, який можна сформулювати в такий спосіб. Приведена інерційна маса стенда повинна бути настільки великою, щоб сумарна помилка визначення гальмівної сили, спричинена похибкою вимірювальної системи та неточним знанням стендової приведеної маси, не перевищувала величини, допустимої стандартами.

Відповідно до [3], припустима приведена похибка (далі – «похибка») визначення на стенді гальмівної сили становить $\pm 3\%$. Для інерційного стенду до неї входить похибка вимірювальної системи (вимір усталеного сповільнення) і похибка визначення приведеної маси стенда. З теорії вимірювань відомо, що для цього випадку похибка визначення гальмівної сили становить:

$$\varepsilon_p^2 = \varepsilon_j^2 + \varepsilon_m^2, \quad (1)$$

де ε_j – похибка вимірювання сповільнення (вимірювальної системи);

ε_m – похибка визначення приведеної стендової маси (сюди входять приведена маса елементів стенду, що обертаються $m_{ст}$, і приведена маса коліс та пов'язаних з ними обертових частин автомобіля – m_k , далі – «приведена маса коліс»).

Похибка виміру сповільнення визначається конструкцією вимірювальної системи. Так, на стендах, згідно з результатами метрологічної атестації, вона становить близько $\pm 1\%$. З формули (1) визначимо допустиме значення ε_m :

$$\varepsilon_m = \sqrt{\varepsilon_p^2 - \varepsilon_j^2}. \quad (2)$$

Підставимо в останній вираз чисельні значення похибок:

$$\varepsilon_m = \sqrt{0,03^2 - 0,01^2} = 0,0283(\pm 2,83\%).$$

Ця похибка є відносною, тому вона може бути визначена за формулою

$$\varepsilon_m = \frac{\Delta m_{\text{ст}} + 2(\Delta m_{\text{к}})}{m_{\text{ст}} + 2m_{\text{к}}}, \quad (3)$$

де $\Delta m_{\text{ст}}$ – абсолютні значення похибок вимірювання наведених мас стенду $\Delta m_{\text{к}}$ і коліс відповідно, кг;

$m_{\text{ст}}, m_{\text{к}}$ – дійсні значення приведених мас стенду і коліс відповідно, кг.

Вимірювання приведеної інерційної маси стенду зводиться до визначення сумарного моменту інерції роликів, маховиків та інших деталей, приведенного до радіусу роликів. Потім $m_{\text{ст}}$ обчислюється за формулою (6). Вимірювання моменту інерції стенду та радіусу роликів виконується відомими методами з високою точністю [4]. Слід зазначити, що в процесі роботи деталі стенду, зокрема робочі ролики зношуються по поверхні кочення. Тому згодом значення $m_{\text{ст}}$ знижується. Цю зміну можна визначати під час проведення періодичних перевірок. Враховуючи вищевикладене, помилка $\Delta m_{\text{ст}}$ є систематичною, тому з формули (3) її можна виключити. Тоді запропонований критерій вибору приведеної інерційної маси стенду можна записати так:

$$\frac{\Delta m_{\text{к}}}{0,5m_{\text{ст}} + m_{\text{к}}} \leq (\varepsilon_m = 0,0283). \quad (4)$$

Це викликає необхідність аналітично досліджувати можливу варіацію приведеної маси колеса в залежності від зношування протектора та варіації характеристик шини (хоча б у межах стандартних допусків на виготовлення шини). При цьому використовуємо елементи теорії стендових випробувань гальм і вимоги до стану гальмівних систем, що діють. На ділянці гальмування, що встановилося, значення сповільнення визначається виразом:

$$j_{\text{уст}} = \frac{P_{\text{Гі}}}{0,5m_{\text{ст}} + m_{\text{к}}}, \quad (5)$$

де $P_{\text{Гі}}$ – значення гальмівної сили на колесі, Н.

Приведені інерційні маси колеса та стенду обчислюються за формулами

$$m_{\text{к}} = I_{\text{к}}/r_{\text{к}}^2; \quad m_{\text{ст}} = I_{\text{ст}}/r_{\text{р}}^2, \quad (6)$$

де $I_{\text{к}}$ – приведений до осі колеса момент інерції колеса, шини та інших пов'язаних з колесом частин автомобіля, що обертаються, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$r_{\text{к}}$ – радіус кочення шини по ролику, м;

$I_{\text{ст}}$ – приведений до осі ролика сумарний момент інерції роликів та інших частин стенду, що обертаються, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

$r_{\text{р}}$ – радіус ролика, м.

Момент інерції колеса складається з наступних складових: $I_{\text{об}}, I_{\text{ш}}, I_{\text{м}}, I_{\text{Г}}, I_{\text{тр}}$ – відповідно моменти інерції ободу, шини, маточини, гальмівного барабана або диска, трансмісії (для провідних коліс). На інерційному стенді вимірюється лінійне усталене сповільнення у контакті колеса з роликом – $j_{\text{уст}}$. Потім визначається значення гальмівних сил по кожному колесу за формулою (5). Після цього, відповідно до вимог [3], визначаються фактичні значення загальної питомої гальмівної сили $\gamma_{\text{т}}$ та коефіцієнта осьової нерівномірності $K_{\text{н}}$.

Вочевидь, що у визначенні гальмівної сили на колесі до похибки виміру сповільнення додається помилка, викликана неточним знанням приведених інерційних мас (насамперед – приведеної маси колеса). При контролі гальм приведену масу коліс не вимірюють. Зазвичай її визначають розрахунком за формулою (6). Однак даних щодо моментів інерції та радіусів кочення шин по роликах майже немає. Умовимося, у першому наближенні, приймати радіус

кочення шини рівним її статичному радіусу, тобто. $r_k = r_{ст}$. Складніше питання з моментом інерції. Цей показник не передбачений стандартом на технічну характеристику автомобіля та шин. Тому він не публікується в літературі, а часто навіть не визначається. Вимірюють його при спеціальних дослідженнях і тому дані про момент інерції коліс випадкові, уривчасті і не охоплюють всіх шин, що експлуатуються.

Приведена маса колеса автомобіля визначається за такою формулою:

$$m_k = (I_{об} + I_{ш} + I_m + I_r + I_{тр})/r_k^2. \quad (7)$$

Вона може варіювати під впливом різних чинників і визначається величиною моменту інерції шини та її радіусом кочення. Очевидно, що ці дві величини істотно залежать від початкових характеристик покриття (моменту інерції і номінального діаметра, обумовлених якістю її виготовлення) і від ступеня зношування протектора. За стандартом допустимі відхилення номінального діаметра та статичного радіусу шини становлять $\pm 1\%$. Дані щодо варіації номінального моменту інерції шин відсутні. Можна оцінити цю варіацію аналітично.

Момент інерції циліндричного тіла визначається за формулою

$$I = \frac{m \cdot R^2}{2} = \rho \cdot \pi \cdot R^2 \cdot H \cdot \frac{R^2}{2}, \quad (8)$$

де m – маса циліндра, кг;

R – радіус основи, м;

ρ – щільність матеріалу, кг/м^3 ;

H – висота циліндра, м.

Звідси видно, що момент інерції циліндричного тіла прямо пропорційний 4-му ступеню радіуса. Отже, можна припустити, що при допуску радіусу шини $\pm 1\%$ варіація моменту інерції становитиме $\pm 4\%$.

Висновки

Результати розрахунків варіації моменту інерції коліс в залежності від зношування протектора показують, що момент інерції колеса істотно залежить від ступеня зношування протектора. Як показали проведені розрахунки варіації моменту інерції колеса, пов'язаної зі зносом протектора та зносом металевих деталей гальмівних механізмів (барабана або диска), момент інерції шару, що зношується, становить близько 30% від загального моменту інерції колеса. Якщо як номінальне значення приведеної маси колеса m_k прийняти середнє між значеннями m_k для нового і повністю зношеного колеса, тобто 0,85 значення для нового колеса, то формула (4) набуде вигляду:

$$\frac{0,15m_k}{0,5m_{ст} + 0,85m_k} \leq 0,0283 \text{ або } m_{ст} \geq 8,901m_k. \quad (9)$$

Отримане співвідношення приведеної інерційної маси стенда в залежності від інерційної маси колеса автомобіля може бути використано при проектуванні інерційних роликів стендів.

Список використаних джерел

1. Говорущенко М.Я., Волков В.П., Рабінович Е.Х., Мармут І.А., Зуєв В.О. (2009). Роликові стенди для перевірки гальмівних та тягових властивостей автомобілів (теорія, розрахунок та конструювання): монографія. Харків: ХНАДУ, 344 с.
2. Мармут І.А. (2018). Математичні моделі стендової діагностики гальмівних систем автомобілів. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. Луцьк, 2(11), 90-96.
3. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. ДСТУ 3649:2010. [Чинний від 2011-07-01]. Київ, Держспоживстандарт України, 2011. 28 с. (Національні стандарти України).
4. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. (1999). Загальний курс фізики: Т.1.: Механіка. Молекулярна фізика і термодинаміка. Київ: Техніка, 269 с.

Мармут Ігор Арнольдович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенко М.Я. Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Шестов Сергій Олександрович – аспірант кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенко М.Я. Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Ihor Marmut – Ph. D. in Engineering, Associate Professor of Technical Operation and Service of Cars Department named after Govorushchenko M.Ya., Kharkov National Automobile and Highway University.

Serhii Shestov – Postgraduate of Technical Operation and Service of Cars Department named after Govorushchenko M.Ya., Kharkov National Automobile and Highway University.

УДК 629.113

Марчук М.М., Марчук Н.М., Комков О.В.

ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЕРОВАНОГО РУХУ ДОВГОМІРНИХ АВТОПОЇЗДІВ

При комплектації автопоїздів з існуючих причепів і напівпричепів або ж проектуванні нових транспортних засобів необхідно враховувати границю можливого їх використання за маневреністю.

Представлено аналіз способу забезпечення керованого руху довгомірних автопоїздів незалежно від напрямку та кривизни траєкторії їх руху.

Ключові слова: автопоїзд, маневреність, ведуча ланка, ведена ланка, давач, кут зламу, габаритна смуга руху.

When assembling road trains from existing trailers and semi-trailers or designing new vehicles, it is necessary to take into account the limit of their possible use in terms of maneuverability.

An analysis of the method of ensuring the controlled movement of long road trains regardless of the direction and curvature of their trajectory is presented.

Key words: road train, maneuverability, driving link, driven link, sensor, articulation angle, overall traffic lane width.

Україна, ставши на шлях інтеграції в європейську та світову економічні системи, впроваджує в життя Програму створення і функціонування національної мережі міжнародних транспортних коридорів. Завдяки географічному положенню України через її територію проходять чотири із дев'яти транс'європейських транспортних коридорів, в яких велика частка вантажів повинна мати здатність перевозитися багатоланковими автомобільними поїздами. Використання таких автопоїздів повинно бути підтверджено не тільки прогресивним транспортним законодавством, але і вирішенням певних технічних проблем, спрямованих на забезпечення високої продуктивності автопоїздів і всього транспортного потоку. Основними з таких проблем є необхідність забезпечення максимальної відповідності автопоїзда конкретним умовам експлуатації, можливості формування автопоїздів великої вантажопідйомності з наявного рухомого складу без суттєвої зміни його конструкції. В даному випадку, для перевезення вантажів довгомірними автопоїздами чи не найголовнішим показником є маневреність.

Маневреністю автомобільних транспортних засобів (АТЗ) називають сукупність таких властивостей, які забезпечують безперешкодний рух їх по опорній поверхні, яка має обмеження як за площею, так і за формою [1]. Поряд з цим існують розроблені стандарти, що регламентують показники маневреності АТЗ. Так, об'єднаним комітетом конструкторів причепів і напівпричепів країн, що входять у ЄС, встановлена довжина сидельного автопоїзда на рівні 16,5 м, а зовнішній радіус його повороту – 13 м (при внутрішньому – 5,3 м). Водночас, у Директиві і рекомендаціях ЄЕК ООН відзначено, що такий автопоїзд повинен вписатися в поворот, обмежений відповідно радіусами 12,5 і 5,3 м [2]. Тому при комплектації автопоїздів з існуючих причепів і напівпричепів або ж проектуванні нових транспортних засобів необхідно враховувати границю можливого їх використання за маневреністю.

Для поліпшення показників маневреності довгомірного автопоїзда, цю задачу можливо вирішити шляхом зосередження уваги на частоті обертання коліс ведучої та ведених ланок такого автопоїзда в режимах експлуатації та відповідному способі оптимального розподілу гальмівних зусиль між ведучою та веденою ланкою для випадку руху по криволінійній траєкторії з використанням передачі як переднього, так і заднього ходу.

На рис. 1 зображена блок-схема реалізації способу, що розглядається. Блок-схема включає в себе давач кута зламу (ДКЗ) 1, що складається з лівої (ЛС) 2 та правої (ПС) 3 секцій, блоку управління (БУ) 4, який подає інформацію про регулювання тиску в гальмівних камерах коліс відповідно веденої ланки, а саме контуру правого борту – (ГКп) 5 і (ГКп+1) 6 та контуру лівого борту (ГКл) 7 і (ГКл+1) 8 довгомірного автопоїзда.

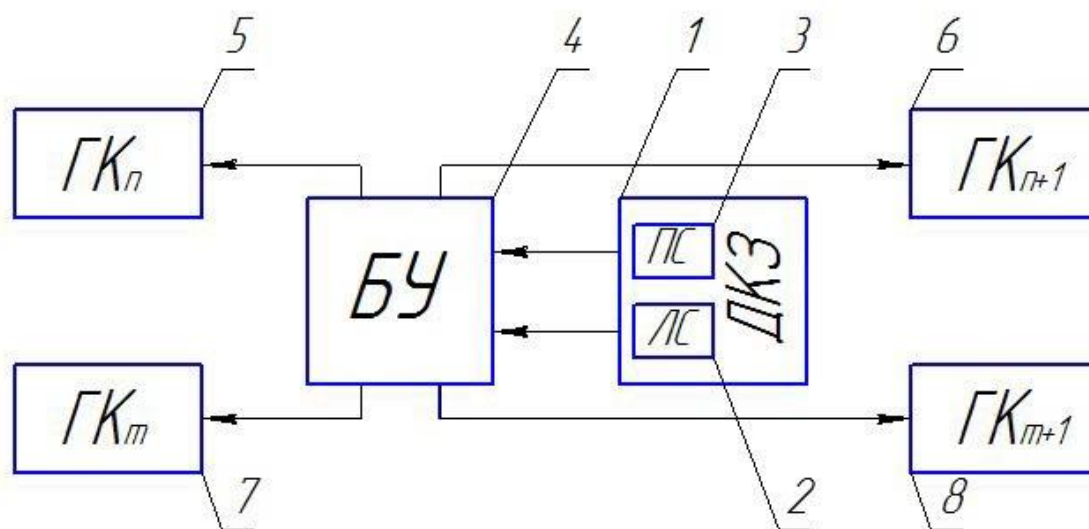


Рисунок 1 – Блок-схема способу забезпечення керованого руху довгомірного автопоїзда

Спосіб забезпечення керованого руху довгомірного автопоїзда здійснюється наступним чином. При русі автопоїзда вперед та повороті наліво із зростанням величини кута повороту коліс ведучої ланки, величина кута складання ведучої і веденої ланок також буде зростати. Інформація про величину кута складання ланок фіксується лівою секцією (ЛС) 2 давача (ДКЗ) 1, подається на блок управління (БУ) 4 і далі керуючий сигнал надходить до гальмівних камер контуру правого борту (ГКп+1) 6 веденої ланки, де за рахунок збільшення тиску, а разом з тим гальмівного моменту, колеса правого борту веденої ланки пригальмовують. При русі автопоїзда вперед та повороті направо із зростанням величини кута повороту коліс ведучої ланки, величина кута складання ведучої і веденої ланок також буде зростати. Інформація про величину кута складання ланок фіксується правою секцією (ПС) 3 давача (ДКЗ) 1, подається на блок управління (БУ) 4 і далі керуючий сигнал надходить до гальмівних камер контуру лівого борту (ГКл+1) 8 веденої ланки, де за рахунок збільшення тиску, а разом з тим гальмівного моменту, колеса лівого борту веденої ланки пригальмовують.

Для випадку руху довгомірного автопоїзда із використанням передачі заднього ходу описаний процес зчитування, обробки інформації та подачі керованих сигналів відбувається по “дзеркальному” принципу, тобто при повороті направо із зростанням величини кута повороту коліс веденої ланки, величина кута складання ведучої і веденої ланок також буде зростати. Інформація про величину кута складання ланок фіксується лівою секцією (ЛС) 2 давача (ДКЗ) 1, подається на блок управління (БУ) 4 і далі керуючий сигнал надходить до гальмівних камер контуру правого борту (ГКп) 5 веденої ланки, де за рахунок збільшення тиску, а разом з тим гальмівного моменту, колеса правого борту веденої ланки пригальмовують. При русі автопоїзда заднім ходом та повороті наліво із зростанням величини кута повороту коліс веденої ланки, величина кута складання ведучої і веденої ланок також буде зростати. Інформація про величину кута складання ланок фіксується правою секцією (ПС) 3 давача (ДКЗ) 1, подається на блок управління (БУ) 4 і далі керуючий сигнал надходить

до гальмівних камер контуру лівого борту (ГКм) 7 веденої ланки, де за рахунок збільшення тиску, а разом з тим гальмівного моменту, колеса лівого борту веденої ланки пригальмовують.

При такому способі забезпечення керованого руху довгомірного автопоїзда радіус повороту веденої ланки буде збільшуватися, а кут зламу ведучої та веденої ланок і, як наслідок, габаритна смуга руху транспортного засобу будуть зменшуватися незалежно від напрямку та кривизни траєкторії руху.

Таким чином запропонований спосіб забезпечення керованого руху довгомірного автопоїзда сприятиме зменшенню габаритної смуги руху такого автопоїзда незалежно від напрямку та кривизни траєкторії руху, що дозволить йому вписуватися в порівняно вузький коридор на проїзній частині, не заїжджати на тротуари при повороті на поперечні вулиці тощо.

Список використаних джерел

1. Волков В. П. Теорія руху автомобіля. Суми : Університетська книга, 2010. 320 с.
2. DIRECTIVE 2002/7/EC of European parliament and of the council of 18 February 2002 amending Council Directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // Official Journal of the European Communities. 2002. No L67/47-49.

Марчук Микола Михайлович – кандидат технічних наук, професор, директор Навчально-наукового механічного інституту Національного університету водного господарства та природокористування

Марчук Назар Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства Національного університету водного господарства та природокористування

Комков Олександр Володимирович – магістрант кафедри автомобілів та автомобільного господарства Національного університету водного господарства та природокористування

Mykola Marchuk – candidate of technical sciences, Professor, Director of the Institute of Mechanical Engineering, National University of Water and Environmental Engineering

Nazar Marchuk – candidate of technical sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automotive Engineering, National University of Water and Environmental Engineering

Oleksandr Komkov – master's student of the Department of Automotive Engineering, National University of Water and Environmental Engineering

УДК 656.025

Мельник В.В., Погрібний В.І., Паламарчук С.П., Гнилянський І.І., Панасюк Ю.В.

ТЕХНОЛОГІЇ ДРОНОВОЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СТАНДАРТНИХ ПУНКТІВ ПРИЙОМУ ТА ВИДАЧІ ВАНТАЖУ

Розглянуто питання використання безпілотних літальних апаратів в якості транспортних засобів доставки вантажу в системі транспортної логістики. Обґрунтовано структурні компоненти синхронного функціонування системи доставки вантажів за допомогою дронів з використанням стандартних пунктів прийомки та видачі товарів. Такий підхід дозволить оптимізувати існуючу систему доставки вантажів в населених пунктах та підвищити її ефективність.

Ключові слова: транспортна логістика, дрони, вантаж, доставка. технології.

The possibility of using unmanned robotic platforms (complexes) (URP(C)) for military purposes with an adaptive information and control system (ICS) to solve problems of cargo delivery in the transport logistics system is considered. The advantages and problematic challenges of using such platforms in the civilian sphere of logistics systems are analyzed and scientific and technical approaches to building a promising cargo delivery system based on the use of (UAS(C)) are proposed.

Keywords: unmanned system, transport logistics, information management system, logistics support.

В останні роки використання дронів для доставки товарів стало однією з обговорюваних тем в галузі логістики та технологій. Особливим перспективним використанням дронів для доставки невеликих вантажів, що відкриває нові горизонти для комерційних поставок. У поєднанні з використанням стандартних пунктів прийому та видачі товарів, а також контейнерів для транспортування це може значно підвищити ефективність та спростити доставку

Система доставки товарів за допомогою дронів включає кілька основних компонентів, кожен з яких повинен працювати синхронно для забезпечення роботи всієї системи:

- сучасні дрони, оснащені спеціальними контейнерами для перевезення вантажів, виконують польоти на великі відстані з вантажем масою від 1 до 10 кг. Вони забезпечили управління навігацією, антиколізійними датчиками та механізмами для доставки та розвантаження контейнерів. Дрони цієї категорії вже існують та активно проводяться різними регіональними компаніями.

- пункти прийому та видачі можуть бути розташовані у різних точках міста, наприклад, у житлових районах, великих торгових центрах або у точках з високою прохідністю. Ці пункти будуть використовуватися для зберігання, заміни акумуляторів, а також для процесу здачі та отримання товару. Найважливішою частиною роботи пунктів прийому та видачі контроль зарядки акумуляторів дронів. Кожен пункт прийому та видачі буде оснащений зарядними станціями, що дозволить дрону швидко поповнювати запаси енергії між рейсами.

- стандартні контейнери для упаковки та транспортування товарів. Ці контейнери можуть бути одноразовими або багаторазовими, залежно від моделі доставки. Вони повинні бути легкими, міцними, практичними та зручними для кріплення до дрону. [1]

Однією з найбільш значних переваг використання дронів швидкість доставки. Оскільки дрон не залежить від наземних пробок та інших факторів, що впливають на рух транспорту, доставка товарів може бути значно швидшою, ніж традиційні методи. Зниження витрат на логістику: Доставка за допомогою дронів Дозволяє знизити витрати на паливо, керування

персоналом та оренду транспортних засобів. Це відкриває можливості для надання недорогих послуг для населення та малих підприємств європейських країн. Зручності для клієнтів: за допомогою стандартної кнопки прийому громадяни можуть забирати та залишати товари у зручних відділеннях.

Пункти можуть бути розташовані поблизу житлових районів, що спрощує процес отримання товару. Крім того, заміна акумуляторів у ППВ ускладнює процес доставки, що потребує потреби в довгих проміжках для підзарядки. Екологічність: Дрони, що працюють на електричному тязі, більш екологічно чисті, ніж традиційні автомобілі та вантажівки. Їх використання дозволить скоротити викиди вуглекислого газу та інших забруднюючих речовин в атмосферу. [1]

Але незважаючи на всі очевидні переваги, використання дронів для доставки вантажів не обходиться без викликів, що необхідно вирішити:

Безпека та регулювання: Питання безпеки залишаються важливим аспектом використання дронів. Необхідно розробити стандарти для запобігання нещасним випадкам, зіткненням з іншими літальними апаратами, а також забезпечення захисту від пошкоджень та пошкоджень товарів. Також будуть потрібні законодавчі зміни для обліку індивідуальних поставок за допомогою дронів.

Проблеми з погодними умовами: Дрони можуть стикатися з труднощами за несприятливих погодних умов — сильного вітру, дощу або снігопаду. Це вимагає модернізації технологій та розробки дронів, а також створення системи Диптихи, яка може передбачити або запобігти вильоту в умовах кризи.

Обмеження за вагою та відстанню: Дрони, призначені для доставки вантажів масою до 10 кг, мають обмежену дальність польоту та час роботи. Для більш вузьких маршрутів можна використовувати потужніші акумулятори, що призводить до збільшення вартості та ваги самого пристрою.

Проблеми з інфраструктурою: Для ефективного використання дронів потрібна розгалужена мережа ППВ та відповідна інфраструктура для обслуговування та підтримки. Також необхідно забезпечити безпеку на таких пунктах, наприклад, від вандалізму чи крадіжок. [2]

З розвитком транспортних та інформаційних технологій та більш активним впровадженням безпілотних літальних апаратів очікується підвищення їх ефективності. Зниження вартості виробництва дронів та акумуляторів, а також подальша інтеграція з існуючими ланцюжками поставок сприятиме зростанню такого рівня доставки.

Крім того, впроваджено додаткові технології для ідентифікації та управління доставкою, а також використання штучного інтелекту для оптимізації маршрутів та запобігання затримкам, відкриття нових горизонтів для автоматизації та підвищення надійності системи доставки.

Використання дронів для доставки вантажів з використанням стандартних пунктів прийому та видачі може стати новаторською частиною майбутньої логістики, пропонуючи більш швидкі, дешеві та екологічно чисті рішення для громадян.

Однак для того, щоб це стало масовим та економічно вигідним підходом, потрібно впровадження технологій розвитку, зайнятості та відповідного законодавства.

З огляду на нинішні обставини очікується, що в майбутньому дрони відіграватимуть все більш важливу роль у доставці товарів між громадянами.

Список використаних джерел

1. Горяїнов О. Застосування дронів для реалізації транспортних технологій [Електронний ресурс] // Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матер. II Міжн. наук.-техн. інтернет-конф. 25-27 березня 2020 р. Рівне : НУВГП, 2020. С. 53-55.

2. Півторак Г., Славінський Р., Микитюк В. Нові виклики перед доставкою останньої милі [Електронний ресурс] // Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матер. II Міжн. наук.-техн. інтернет-конф. 25-27 березня 2023 р. Рівне : НУВГП, 2023. С. 101-102 .

Мельник Володимир Володимирович – начальник кафедри ремонту та експлуатації автомобільної та спеціальної техніки, Військова академія (м. Одеса), mvv.1947j@gmail.com.

Погрібний Володимир Іванович – викладач кафедри ремонту та експлуатації автомобільної та спеціальної техніки, Військова академія (м. Одеса), zkoa1785@ukr.net.

Паламарчук Сергій Павлович – викладач кафедри ремонту та експлуатації автомобільної та спеціальної техніки, Військова академія (м. Одеса), palamarchuk.sergiy@ukr.net.

Гнилянський Іван Іванович – старший викладач ремонту та експлуатації автомобільної та спеціальної техніки, Військова академія (м. Одеса), asa1108@i.ua.

Панасюк Юрій Валерійович – викладач кафедри ремонту та експлуатації автомобільної та спеціальної техніки, Військова академія (м. Одеса), yuriy.171270@gmail.com.

Melnyk Volodymyr – Head of the Department of Repair and Operation of Automotive and Special Vehicles, Military Academy (Odesa), mvv.1947j@gmail.com.

Pohribnyi Volodymyr – Lecturer at the Department of Repair and Operation of Motor Vehicles and Special Equipment, Military Academy (Odesa), zkoa1785@ukr.net.

Palamarchuk Serhii – Lecturer at the Department of Repair and Operation of Automotive and Special Vehicles, Military Academy (Odesa), palamarchuk.sergiy@ukr.net.

Hnylyanskyi Ivan – Senior Lecturer of the Department of Repair and Operation of Automotive and Special Vehicles, Military Academy (Odesa), asa1108@i.ua.

Panasiuk Yuriy – Lecturer at the Department of Repair and Operation of Motor Vehicles and Special Equipment, Military Academy (Odesa), yuriy.171270@gmail.com.

УДК 504.06:662.756.3

Мельник В.М., Козак Ф.В.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДВИГУНА Д21А1 У ПРОЦЕСІ ВИКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА ОСНОВІ РІПАКОВОЇ ОЛІЇ

Перспектива використання альтернативних палив має істотну економічну та екологічну доцільність, а тому є надзвичайно важливою. Використання альтернативних палив призводить до зміни параметрів роботи ДВЗ, а характер цих змін у більшості випадків не відомий.

Отже, питання дослідження основних експлуатаційних показників роботи двигуна у процесі використання біодизельного палива на основі ріпкової олії та товарного дизельного палива є актуальним, а результати допоможуть усунути або зменшити негативні фактори, що можуть призвести до погіршення техніко-експлуатаційних показників двигуна.

Аналіз навантажувальної характеристики двигуна Д21А1 на паливних сумішах дизельного палива та ріпкової олії свідчить, що на режимі навантаження спостерігається зростання питомої ефективної та годинної витрати палива на 5,5 та 4,8 % відповідно. Це пояснюється зниженням нижчої теплоти згоряння паливних сумішей дизельного палива з ріпковою олією у порівнянні із товарним дизельним паливом.

Ключові слова: *автомобіль, біодизельне паливо, ріпкова олія, витрата палива, потужність, двигун.*

The prospect of using alternative fuels has significant economic and environmental feasibility, and therefore is extremely important. The use of alternative fuels leads to changes in the operating parameters of the internal combustion engine, and the nature of the changes in most cases is not known.

Therefore, the issue of studying the main operational indicators of the engine in the process of using biodiesel fuel based on rapeseed oil and commercial diesel fuel is relevant, and the results will help to eliminate or reduce negative factors that can lead to a deterioration in the technical and operational indicators of the engine.

Analysis of the load characteristics of the D21A1 engine on fuel mixtures of diesel fuel and rapeseed oil shows that in the load mode there is an increase in the specific effective and hourly fuel consumption by 5.5 and 4.8%, respectively. This is explained by a decrease in the lower calorific value of fuel mixtures of diesel fuel with rapeseed oil compared to commercial diesel fuel.

Key words: *car, biodiesel, rapeseed oil, fuel consumption, power, engine.*

Використання альтернативних видів палив скорочує потребу у нафтопродуктах та дозволяє покращити екологічні характеристики ДВЗ. Численні публікації свідчать про те, що за певного зниження потужності та економічних показників роботи дизеля використання паливних сумішей з вмістом ефірів рослинних олій суттєво знижує токсичність відпрацьованих газів двигуна [1-4].

Аналогічні результати отримані під час наших попередніх досліджень [5].

Отже, як бачимо з огляду літературних джерел питання використання біодизельного палива на транспортних засобах є актуальним та малодослідженим.

Проведення випробовування дизельного двигуна Д21А1 здійснювали за навантажувальною характеристикою під час зміни числа обертів двигуна від 800 до 2000 об/хв.

До початку випробувань дизельний двигун прогрівали до температури оливи не менше ніж 40°C.

Під час кожного дослідження фіксували такі показники:

- покази ваги для визначення масової витрати паливних сумішей за час експерименту;
- покази манометра надлишкового тиску в ресивері;
- температуру повітря на виході з компресора, температуру повітря на проміжному охолоджувачі між ступеннями компресора, а також температуру навколишнього середовища за допомогою ртутного термометра;
- частоту обертання колінчастого валу двигуна за допомогою тахометра ТЧ10-Р.

Потужність, яку розвиває двигун, визначали за роботою, що виконана компресором L , для створення абсолютного тиску p_2 :

$$L_1 = \frac{L_T}{\eta_K} = \frac{n}{(n-1) \cdot \eta_K} \cdot p_1 \cdot V_1 \cdot \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right], \text{ Дж/год} \quad (1)$$

де η_K – ККД компресора;

n – показник політропи стиску;

V_1 – подача компресора за параметрів T_1 , p_1 , м³/год;

p_1 – абсолютний тиск повітря на вході в компресор, МПа;

p_2 – абсолютний тиск повітря на виході з компресора, МПа.

Потужність приводу компресора $N_{дв}$ знаходили за рівнянням:

$$N_{дв} = \frac{L_1}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3}, \text{ кВт} \quad (2)$$

де η_1 , η_2 , η_3 – ККД відповідно коробки передач, карданної передачі та поршневого двоступінчастого компресора.

На рис. 1 наведено залежність зміни крутного моменту двигуна Д21А1 в залежності від розвинутої потужності двигуна.

Результати досліджень зміни G_i , g_e двигуна Д21А1 в залежності від розвинутої потужності двигуна на різних паливних сумішах ріпакової олії та дизельного палива наведено на рис. 2 та 3.

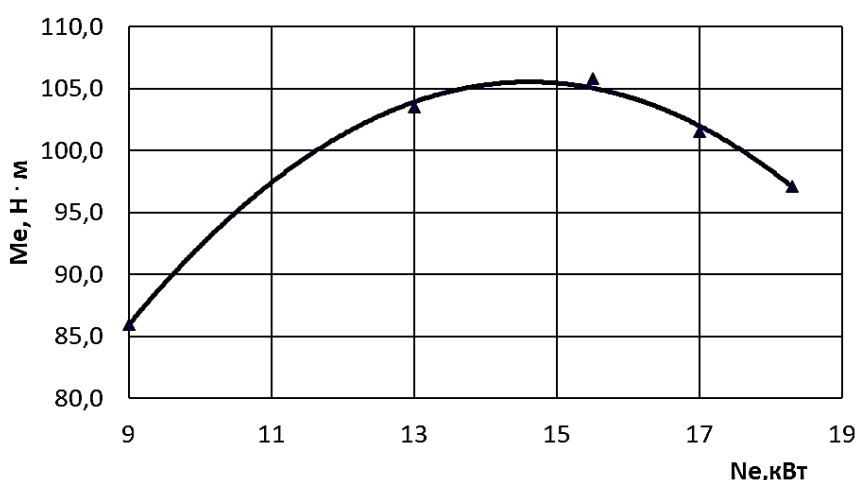


Рисунок 1 – Експериментальні залежності крутного моменту M_e двигуна Д21А1 від його навантаження N_e

Аналіз графічних залежностей на рис 2 та 3 свідчить, що на режимі навантаження спостерігається зростання питомої ефективної та годинної витрати палива на 5,5 та 4,8 %

відповідно. Це пояснюється зниженням нижчої теплоти згоряння паливних сумішей дизельного палива з ріпаковою олією у порівнянні із товарним дизельним паливом.

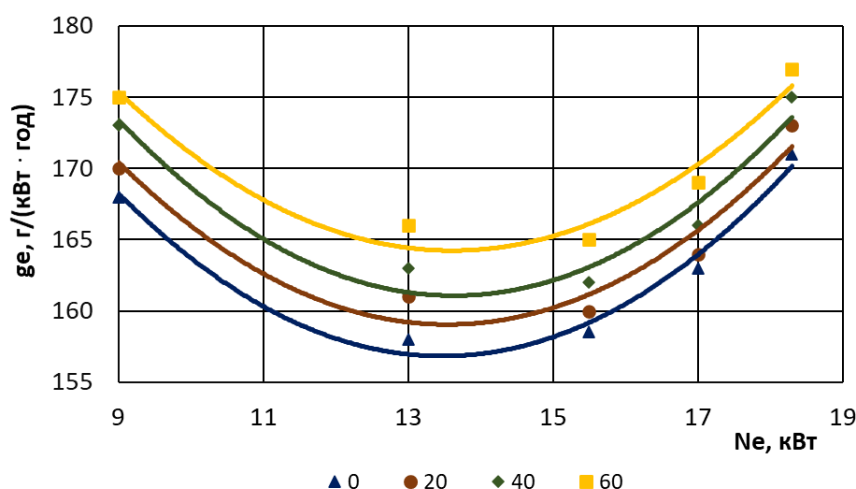


Рисунок 2 – Експериментальні залежності питомої ефективної витрати палива g_e двигуна Д21А1 від його навантаження N_e за різних значень вмісту ріпакової олії у дизельному паливі

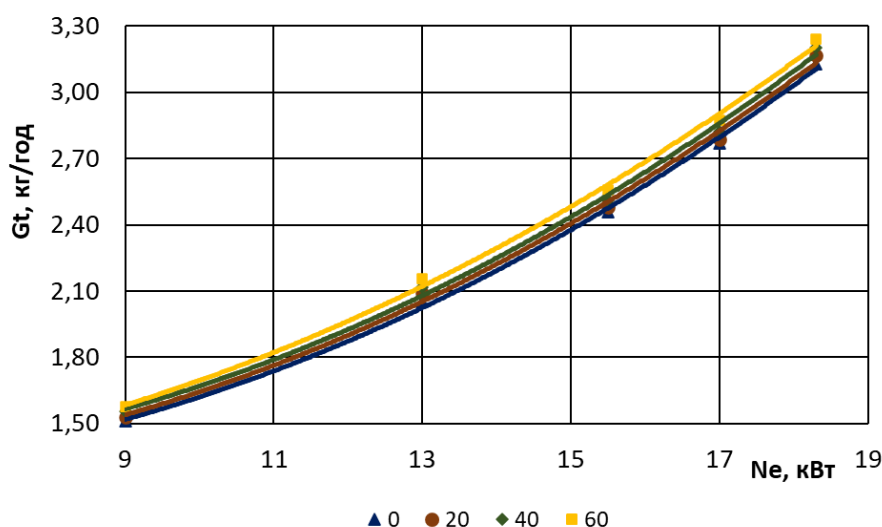


Рисунок 3 – Експериментальні залежності годинної витрати палива G_t двигуна Д21А1 від його навантаження N_e за різних значень вмісту ріпакової олії у дизельному паливі

Експериментальні дослідження устаткування для споживання створених альтернативних палив з вмістом ріпакової олії – двигун Д21А1 засвідчили можливість їхньої повноцінної експлуатації без будь-яких конструктивних змін у разі використання сумішей дизельного палива з вмістом ріпакової олії до 60 %. Це сприятиме широкому використанню цих альтернативних палив не тільки на автомобілях, але й на інших транспортних, сільськогосподарських, будівельних машинах тощо.

Аналіз навантажувальної характеристики двигуна Д21А1 на паливних сумішах дизельного палива та ріпакової олії свідчить, що на режимі навантаження спостерігається зростання питомої ефективної та годинної витрати палива на 5,5 та 4,8 % відповідно. Це

пояснюється зниженням нижчої теплоти згоряння паливних сумішей дизельного палива з ріпаковою олією у порівнянні із товарним дизельним паливом.

Визначені експериментальним шляхом експлуатаційні характеристики двигуна Д21А1 сприятимуть практичному використанню створених і досліджених у роботі альтернативних палив з вмістом ріпакової олії.

Список використаних джерел

1. Левтеров А.М. Підвищення ефективної потужності дизеля, що працює на сумішевому біодизельному паливі / А.М. Левтеров, В.Д. Савицький // Авто-мобільний транспорт: зб. наук. пр. – 2014. – Вип. 34. – С. 32–38.
2. Левтеров А.М. Покращення екологічних характеристик дизеля, що працює на біодизельних паливних композиціях / А.М. Левтеров, В.Д. Савицький // Автомобільний транспорт: зб. наук. пр. – 2015. – Вип. 36. – С. 110–117.
3. Левтеров А.М. Покращення екологічних характеристик дизеля, що працює на біодизельних паливних композиціях / А.М. Левтеров, А.Н. Авраменко, В.Д. Савицький // Автомобільний транспорт: зб. наук. пр. – 2016. – Вип. 38. – С. 75–82.
4. Sarah Oluwabunmi Bitire, Tien-Chien Jen. The impact of process parameters on the responses of a diesel engine running on biodiesel-diesel blend: An optimization study / Egyptian Journal of Petroleum, Volume 31, Issue 3, September 2022, P. 11-19.
5. Мельник В.М. Ефективність використання альтернативного палива з відновлювальних джерел на дизельних двигунах / В.М. Мельник // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. ІФНТУНГ. – 2018. – №1 (17). – С. 91-99.

Мельник Василь Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту інституту інженерної механіки та робототехніки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Козак Федір Васильович – кандидат технічних наук, професор кафедри автомобільного транспорту інституту інженерної механіки та робототехніки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Vasyl Melnyk – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Automobile Transport, Institute of Engineering Mechanics and Robotics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.

Fedir Kozak – candidate of technical sciences, Professor of the Department of Road Transport, Institute of Engineering Mechanics and Robotics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.

УДК 653.13.07

Мельник В.М., Козак Ф.В.

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗОВОГО ПАЛИВА
НА ДВИГУНІ AUDI A6 2,5 Л

На економічну ефективність застосування біогазу при його частковому змішуванні з СПГ впливають фінансові витрати на паливо, а отже для прийнятих цін на СПГ і біогаз та з проведених досліджень випливає, що із збільшенням процентного вмісту біогазу в паливних сумішах СПГ і біогазу досягається збільшення економічної ефективності їх застосування за рахунок використання в паливних сумішах СПГ з низьким ОЧ.

Ключові слова: автомобіль, біогазове паливо, детонаційна стійкість, економія, двигун.

The economic efficiency of using biogas when partially mixed with LNG is affected by financial costs for fuel, and therefore, for the adopted prices for LNG and biogas and from the conducted studies, it follows that with an increase in the percentage of biogas in LNG and biogas fuel mixtures, an increase in the economic efficiency of their use is achieved due to the use of LNG with low CO in fuel mixtures.

Key words: car, biogas fuel, detonation resistance, economy, engine.

Використання викопного палива як джерела енергії негативно впливає на навколишнє середовище [1]. Щоб зменшити використання викопного палива ДВЗ переводять на альтернативні види палива, такі як біогаз і біопаливо.

Біогаз є одним із найперспективніших палив для ДВЗ. Біогаз виробляється шляхом розщеплення органічних речовин за відсутності кисню, і цей біогаз, є відновлюваним джерелом енергії [2]. Хімічний склад сирого біогазу такий: метан (CH_4) становить 50-75 % суміші, вуглекислий газ коливається від 25 до 50 % (CO_2), водяна пара в діапазоні 5-6 % і азот в діапазоні 12-15 % [3].

Газодизельний двигун працює на однорідній газоповітряній суміші, яка швидко самозаймається [4]. Впорскування дизеля в камеру згоряння газодизеля запалює стиснений газ. Кілька досліджень показали, що коли заміна дизельного палива була підвищена до 40%, детонації не було [4].

Тим часом дослідження біогазу як другого палива [5] призвели до 10% скорочення використання бензинового палива. Кілька інших дослідників також досягли успіху у використанні біогазу як заміни палива [6-8].

Отже, як бачимо з огляду літературних джерел питання використання біогазу на транспортних засобах є актуальним та малодослідженим.

Доцільність додавання біогазу до СПГ визначається за методикою [9] якщо:

$$ЦТ_{СПГ} \geq (Ц_{СПГ} \cdot q_{СПГ} + Ц_{БГ} \cdot q_{БГ}) \cdot k, \quad (1)$$

де $ЦТ_{СПГ}$ – роздрібна ціна СПГ, грн. / м^3 ;

$Ц_{СПГ}$ – роздрібна ціна м^3 газу, що може використовуватися в паливних сумішах, грн. / м^3 ;

$Ц_{БГ}$ – роздрібна ціна біогазу, грн. / м^3 ;

$q_{СПГ}$ – масова частка СПГ в паливних сумішах;

$q_{БГ}$ – масова частка біогазу в паливних сумішах;

k – коефіцієнт, який враховує збільшення витрати паливної суміші, і визначається з рівняння балансу теплоти, яка міститься в товарному СПГ та паливних сумішах СПГ і БГ [9].

Нижчу теплоту згоряння паливних сумішей знаходимо за формулою [9]:

$$h_{нпс} = h_{нСПГ} \cdot q_{СПГ} + h_{нБГ} \cdot q_{БГ}, \quad (2)$$

де $h_{нБГ}$ – нижча теплота згоряння біогазу, яка згідно досліджень складає $h_{нБГ}=26,93$ МДж/ м^3 ;

$h_{\text{НСПГ}}$ – нижча теплота згоряння СПГ, $h_{\text{НСПГ}}=50,93$ МДж/м³.

З урахуванням формули (2) отримуємо:

$$k = \frac{h_{\text{НСПГ}}}{h_{\text{НСПГ}} \cdot q_{\text{СПГ}} + h_{\text{НБГ}} \cdot q_{\text{БГ}}} \quad (3)$$

Значення коефіцієнта k залежно від масової частки біогазу в паливних сумішах наводяться в табл. 1.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнта k в залежності від частки біогазу в паливних сумішах

$q_{\text{БГ}}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
k	1,05	1,1	1,16	1,23	1,31

Для розрахунку економічної ефективності застосування біогазу на двигуні Audi A6 необхідно мати залежність зміни ціни товарного СПГ від ОЧ. Виходячи з роздрібних цін СПГ на час проведення розрахунків, вартість одного м³ в залежності від ОЧ становила не менше 50 – 8,5 грн./м³, при ЦЧ не менше 55 – 9,5 грн./м³.

Вартість СПГ можна описати рівнянням:

$$C_{\text{СПГ}} = 0,07 \cdot \text{ОЧ}_{\text{СПГ}} + 2,15 \quad (4)$$

де $\text{ОЧ}_{\text{СПГ}}$ – октанове число товарного СПГ. При цьому коефіцієнт кореляції даної залежності рівний $R^2=1$.

Значення $\text{ОЧ}_{\text{СПГ}}$, необхідного для змішування з біогазом розраховують за залежністю:

$$\text{ОЧ}_{\text{СПГ}} = \text{ОЧ}_{\text{ТСПГ}} - \Delta\text{ОЧ}, \quad (5)$$

де $\Delta\text{ОЧ}$ – приріст октанового числа суміші СПГ і біогазу, що визначається за процентним масовим вмістом біогазу в паливних сумішах.

Економічна ефективність застосування паливних сумішей оцінюється різницею цін м³ товарного СПГ і відповідної за теплою згоряння кількості паливної суміші СПГ і біогазу та визначається за залежністю:

$$\Delta E_k = C_{\text{ТСПГ}} - (C_{\text{СПГ}} \cdot Q_{\text{СПГ}} + C_{\text{БГ}} \cdot Q_{\text{БГ}}) \cdot k \quad (6)$$

В розрахунках прийнята вартість м³ біогазу – 5,5 грн./м³.

Для оцінки економічної ефективності використання паливних сумішей СПГ і біогазу, були розраховані залежності зміни ціни використовуваного СПГ згідно методики [9] в залежності від процентного вмісту біогазу (рис. 1).

Застосування різних паливних сумішей забезпечується додавкою до СПГ різної кількості біогазу, а тому економічна ефективність застосування різних паливних сумішей буде різною. При кожній добавці біогазу до палива було проведено розрахунок економічної ефективності, за даними розрахунку побудовано графічні залежності її зміни від процентного вмісту в паливних сумішах біогазу.

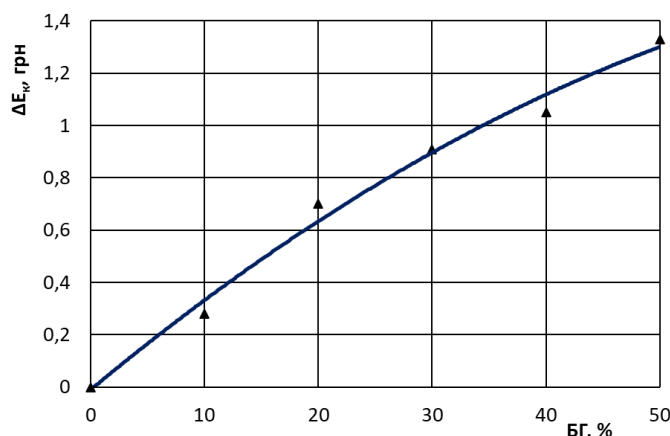


Рисунок 1 – Залежність ефективності застосування еквівалентних палив на базі СПГ від відсоткового вмісту в них біогазу

Одержана графічна залежність економічної ефективності використання біогазу в еквівалентному паливі описуються наступним рівнянням:

$$\Delta E_k = -0,0002(\%БГ)^2 + 0,0362(\%БГ) - 0,01 \quad (7)$$

Коефіцієнт кореляції для рівняння (7) рівний $R^2=0,99$.

Отже, для прийнятих цін на СПГ і біогаз та з проведених розрахунків видно, що із збільшенням процентного вмісту біогазу в паливних сумішах СПГ і біогазу досягається збільшення економічної ефективності їх застосування за рахунок використання в паливних сумішах СПГ з низьким ОЧ.

Отже, при застосуванні добавок біогазу до товарного СПГ з низьким ОЧ в кількості до 50% можна досягнути зниження вартості СПГ на кожному m^3 до 1,33 грн.

Список використаних джерел

1. J. Gelegenis et al. Optimization of biogas production by codigesting whey with diluted poultry manure, Renewable Energy, (2007), P. 35-38.
2. V. Katinas et al. Analysis of biodegradable waste use for energy generation in Lithuania Renewable and Sustainable Energy Reviews, (2019), P. 121-135/
3. P.K. Nutakki et al. Mulugundam Sivasurya. "Effect Of n-Amyl Alco-hol/Biodiesel Blended Nano Additives on the Performance, Combustion and Emis-sion Characteristics of CRDI Diesel Engine", Research Square, (2021), P. 45-54.
4. N. Narayanaswamy, C. Ramesh, N. Bharath. Experimental study on the effect of biogas diesel engines driven by silkworm larval litter, cyperus rotundus and cattle urine, Journal home page for Materials Today: Proceedings, Volume 47, Part 14, 2021, P. 4617-4623.
5. Albela H Pundkar, S M Lawankar and Sameer Deshmukh 2012 Perfor-mance and Emissions of LPG Fueled Internal Combustion Engine: A Review Int. J. of Sci. & Eng. Research vol 3 (3), pp 1-7.
6. Kumar Mohan and Azad 2014 An Experimental Investigation of Perfor-mance and Emissions of LPG as Dual Fuel in Diesel Engine Generator Int. J. of Eng. Research and Appl. vol 4 (11), pp 41-53.
7. Rosli Abu Bakar 2002 Design and Development of a New CNG (Com-pressed Natural Gas) Engine, (Malaysia: Pusat Pengurusan Penyelidikan Universiti Teknologi).
8. Awogbemi, Omojola, Adeyemo and S Babatunde 2015 Development And Testing Of BiogasPetrol Blend as an Alternative Fuel For Spark Ignition Engine Int. J. of Sci. & Technol. Research vol 4 (9) pp 179-185.
9. Гутаревич Ю.Ф., Говорун А.Г., Корпач А.О., Мороз О.Г. Оцінка ефективності додавання спиртових сполук до бензину . Автошляхових України. - 2004. - № 3. - С. 17-19.

Мельник Василь Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту інституту інженерної механіки та робототехніки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Козак Федір Васильович – кандидат технічних наук, професор кафедри автомобільного транспорту інституту інженерної механіки та робототехніки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Vasyl Melnyk – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Automobile Transport, Institute of Engineering Mechanics and Robotics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.

Fedir Kozak – candidate of technical sciences, Professor of the Department of Road Transport, Institute of Engineering Mechanics and Robotics, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.

УДК 331.101.1

Мигаль Г.В., Голомисов В.Д.

ЕРГОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШРИФТІВ НА БЕЗПЕКУ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Сучасні транспортні системи залежать від ефективного та швидкого сприйняття інформації, що безпосередньо залежить від типографіки, тобто вибору шрифтів, їх стилю, розміру та контрастності. В роботі проведено ергономічний аналіз впливу типографічних рішень на сприйняття інформації в транспортному середовищі. Здійснено ергономічне обґрунтування рішень при розробці засобів візуальної комунікації в транспортних системах.

Ключові слова: транспортні системи, типографіка, шрифти, безпека, сприйняття інформації.

Today's transport systems rely on the efficient and quick processing of information, including typography, the choice of fonts, their style, size, and contrast. The work presents an ergonomic analysis of the impact of typographic solutions on the perception of information in the transport environment. An ergonomic justification of solutions for developing visual communication tools in transport systems is provided.

Keywords: transport systems, typography, fonts, security, information management.

Сучасні транспортні системи залежать від ефективного та швидкого сприйняття інформації, що передається через дорожні знаки, панелі приладів автомобілів та інформаційні дисплеї. Одним із ключових чинників, що впливає на це сприйняття, є типографіка – вибір шрифтів, їхній стиль, розмір та контрастність. Нечіткі або важкочитабельні шрифти можуть призводити до помилкового сприйняття інформації, уповільнення реакції водіїв та, як наслідок, підвищення ризику дорожньо-транспортних пригод. Сучасна типографіка за технологічною моделлю розвивалась на безпекових проблемах людства [1]. Сучасні візуальнокомунікативні засоби сформувались у відповідь на виклики технологічного процесу [2]. В роботі [3] показано, що оновлення інформаційних технологій, таких як мова, фонетичний алфавіт, друкарський верстат, інтернет надали значний ефект на пізнавальну здатність людини, що вплинуло на соціальну організацію, тобто змінилися звички сприйняття і соціальної взаємодії. Однак багато питань залишаються недостатньо дослідженими. Наприклад, актуальним є аналіз, які характеристики шрифтів сприяють швидкому та безпомилковому сприйняттю інформації водіями, і як можна покращити дизайн дорожніх знаків та автомобільних інтерфейсів для підвищення безпеки.

Постановка проблеми. Значну роль у забезпеченні безпеки сучасних транспортних систем відіграє ефективність візуальної комунікації. Безпека залежить від ефективного та швидкого сприйняття інформації людиною в системі «людина-техніка-середовище», що передається через дорожні знаки, панелі приладів автомобілів та інформаційні дисплеї [4]. Типографіка – наука, що здатна впливати на сприйняття людиною інформації через вибір шрифтів, їхній стиль, розмір та контрастність [1]. Вибір шрифтів для дорожніх знаків, панелей приладів автомобілів та цифрових дисплеїв напряму впливає на швидкість і точність сприйняття інформації водіями. Неправильне застосування шрифтів призводить до підвищення когнітивного навантаження, знижує швидкість реагування та в цілому до помилок людини-водія. **Метою дослідження** є аналіз впливу типографічних рішень на сприйняття інформації в транспортному середовищі, тобто які характеристики шрифтів сприяють швидкому та безпомилковому сприйняттю інформації водіями.

Суть дослідження. Проблема вибору оптимальних шрифтів для транспортних систем є актуальною, оскільки напряму впливає на підвищення ризику дорожньо-транспортних пригод.

Використання спеціалізованих шрифтів у транспортних системах сприяє покращенню навігації, підвищенню безпеки та комфорту для всіх учасників дорожнього руху та пасажирів громадського транспорту. Проектування засобів подання інформації в транспортних засобах регламентуються міжнародними стандартами ISO задля забезпечення мінімального когнітивного навантаження на водія, пізнаваності символів незалежно від мовних бар'єрів, оптимальної читабельності та зрозумілості, та загалом підвищення безпеки дорожнього руху. Наприклад, стандарт ISO 15008:2017 «Транспортні засоби дорожні. Ергономічні аспекти систем візуального представлення інформації в транспортних засобах» визначає вимоги та рекомендації щодо читабельності, розміру шрифту, контрастності та розташування візуальної інформації на дисплеях транспортних засобів. Стандарт ISO 7001:2007 «Графічні символи. Громадські інформаційні символи» містить рекомендації щодо використання стандартизованих графічних символів для транспортних систем. Стандарт ISO 28564-1:2010 «Інформаційні покажчики в громадських місцях. Частина 1: Дизайн принципів покажчиків» надає рекомендації щодо вибору шрифтів, розміру тексту, кольорових схем та розташування. Українські стандарти: ДСТУ 4100:2021 «Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування»; ДСТУ 3849:2018 «Дорожній транспорт. Кольорографічні схеми, розпізнавальні знаки, написи та спеціальні сигнали оперативних, спеціалізованих та спеціальних транспортних засобів» [5].

Еволюція шрифтів у контексті безпеки, особливо в транспортних системах, пройшла кілька етапів. У 1950-ті – 1960-ті роки було звичним використання традиційних шрифтів, що не враховували вимоги до читабельності та сприйняття на швидкості (наприклад «Highway Gothic»). У 1970-ті – 1980-ті роки дослідження впливу типографіки на розпізнавання інформації привело до розробки шрифту «Clearview». На відміну від шрифту «Highway Gothic», він враховував читабельність на швидкості, контрастність та уникнення схожих літер (рис. 1). У 1990-ті – 2000-ті роки відбулося затвердження стандартів щодо використання шрифтів на дорожніх знаках, таких як AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) та ISO. З'явилися вимоги до висоти букв, їх жирності, міжлітерних пробілів та загальної композиції знаків.

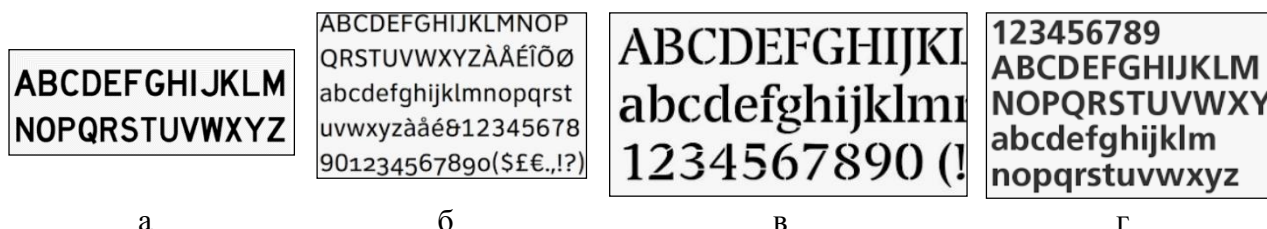


Рисунок 1 – Приклади шрифтів Highway Gothic, Clearview, Transport, Frutiger

Приклад шрифтів, що використовуються в транспортних системах: «Clearview» – розроблений для підвищення читабельності дорожніх знаків у США; «Highway Gothic» – традиційний шрифт для дорожніх знаків у Північній Америці; «Transport» – використовується у Великій Британії для дорожніх знаків; «Frutiger» – широко застосовується в громадському транспорті (аеропорти, вокзали) (рис. 2).

В Україні з 2021 року набув чинності новий стандарт дорожніх знаків, згідно з яким назви населених пунктів та інша текстова інформація на знаках виконуються шрифтом «Road UA» (рис. 3). Офіційно шрифт затверджено для використання на дорожніх знаках у стандарті ДСТУ 4100:2021. Основною метою його було покращення читабельності та уніфікація написів на дорожніх знаках відповідно до європейських стандартів.

Дослідження ергономічності шрифтів в контексті читабельності та сприйняття дорожніх знаків водіями проводили різні організації та науковці в галузі типографіки, ергономіки та дизайну [6-10]. Федеральне управління автомобільних доріг США (FHWA) проводила дослідження ефективності шрифтів на дорожніх знаках [7, 8]. Національні

інститути здоров'я (NIH) проводила дослідження читабельності шрифтів для людей з порушеннями зору [9]. Дослідження проводять з різними шрифтами з метою виявлення, які з них є найбільш ефективними для різних середовищ, таких як дороги, веб-сайти, рекламні матеріали або офіційні документи [11, 12].

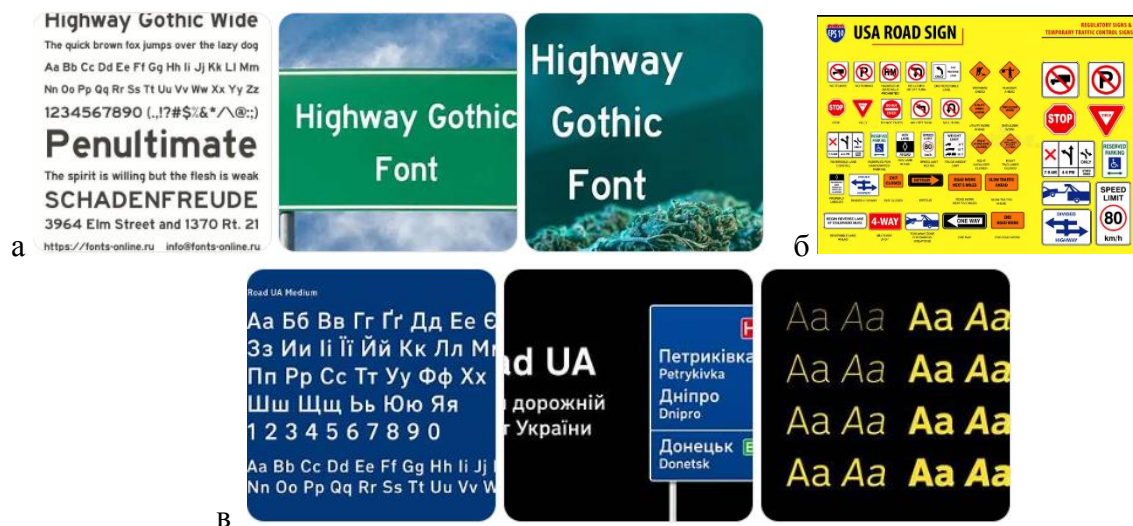


Рисунок 2 – Використання шрифтів «Highway Gothic» (а), «Clearview» (б) та «Road UA» (в)

Ергономічне обґрунтування рішень при розробці засобів візуальної комунікації.

Шрифт має відповідати ключовим характеристикам, що сприяють швидкому та безпомилковому сприйняттю інформації водіями. Так, висока читабельність і сприйнятливість у складних умовах забезпечується використанням: простих, без засічок (sans-serif) форм (наприклад, Clearview, Frutiger, Highway Gothic); достатньої висоти та оптимальної ширини літер для розпізнавання тексту на швидкості; спрощених та унікальних форм літер (уникнення схожих літер, наприклад, "O" і "0", "I" і "l"); збільшених внутрішніх порожнин (apertures) у літерах типу "a", "e", "c", що допомагає краще розпізнавати їх на швидкості; оптимальних міжлітерних проміжків (кернінг), щоб уникнути злиття символів або їх занадто великого розриву. Наприклад, Clearview, на відміну від Highway Gothic, має збільшені внутрішні проміжки, що зменшує ефект "ореолу" від відбитого світла фар; підвищеної жирності шрифту для збереження чіткості при поганому освітленні; контрастності між фоном і текстом та стійкості до розмиття, бо шрифт має залишатися читабельним навіть у дощ, туман або при русі на великій швидкості.

Для мінімізації когнітивного навантаження використовується стандартизовані символи для дорожніх знаків і приладових панелей. Також увагу приділяють декоративним елементам, які можуть ускладнити швидке розпізнавання тексту. Такі прості правила прописані у стандартах, але часто ігноруються. При цьому дотримання цих характеристик дозволяє водіям швидше зчитувати інформацію, що зменшує ризик аварійних ситуацій та підвищує безпеку дорожнього руху.

Порівняльний ергономічний аналіз базових шрифтів, що використовуються для дорожніх знаків у світі та Україні – «Road UA» та «Clearview». Шрифт «Road UA» базується на перевірених шрифтах, таких як британський шрифт «Transport» та німецький «DIN», але адаптований до стандартів дорожніх знаків України. Для забезпечення читабельності на відстані його форми літер спрощені, чіткі, використовуються прямі лінії та кути, що сприяє швидкому розпізнаванню символів. Також мінімізована схожість між літерами (наприклад, «3» і «З»), що зменшує ризик плутанини. Шрифт «Clearview» має плавніші вигини та збільшені внутрішні порожнини літер (apertures), що покращує розпізнаваність при русі на високій швидкості. Шрифт оптимізований для знаків, які читають

під гострими кутами та при різному освітленні. Очевидно, що нові типографічні рішення можуть суттєво покращити читабельність і сприйняття інформації водіями.

Висновки. Вибір шрифтів у транспортних системах безпосередньо впливає на безпеку руху. Чіткі, контрастні та оптимізовані для швидкого сприйняття шрифти дозволяють зменшити час реакції водія, що знижує ризик аварійних ситуацій. Перспективним напрямком є адаптивна ергономіка, конкретно розробка адаптивних цифрових шрифтів, які можуть змінювати параметри відповідно до зовнішніх умов (наприклад, нічний режим). Важливим також є дослідження психологічного сприйняття типографіки серед різних груп водіїв (за віком, гендером, досвідом, функціональним станом, станом зору тощо). В цілому дослідження впливу шрифтів на сприйняття людиною в системах підвищеної небезпеки, як то транспортні, може стати важливим кроком до підвищення безпеки дорожнього руху.

Список використаних джерел

1. Бережна О. Б., Андрищенко Т. Ю. Типографіка: навчальний посібник. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2021. – 125 с.
2. Костанда М. Класифікація типографіки поч. XXI ст.: технологічна парадигма. Актуальні питання гуманітарних наук. Вип 33, том 1, 2020. С.89-95. DOI <https://doi.org/10.24919/2308-4863.1/33.215707>
3. McLuhan, M. Understanding Media: The Extensions of Man. MIT Press, 1994. Cambridge, 2049-2054.
4. Парасюк В. М., Демків Р. Я., Когут В. М. Безпека дорожнього руху : навчальний посібник. Львів : Львівський державний університет внутрішніх справ, 2022. 340 с.
5. ДСТУ 4100:2021 «Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування». https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_4100_2021.pdf
6. Innis H.A. The Bias of Communication. Toronto: University of Toronto Press, 1999. pp. 34–36. <http://www.media-studies.ca/articles/innis.htm>.
7. https://mutcd.fhwa.dot.gov/ser-shs_millennium_eng.htm
8. <https://www.clearviewhwy.com/>
9. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4612630/>
10. <https://designsystem.leeds.ac.uk/docs/typography.html>
11. <https://www.sitepoint.com/typography-readability-and-legibility-part-1/>
12. Farley J. Typography: Readability and Legibility. Published in Web· Jan 24, 2010. Updated: Feb 13, 2024. <https://www.sitepoint.com/typography-readability-and-legibility-part-1/>

Мигаль Галина Валеріївна – докт.техн.наук, професор, професор кафедри транспортних технологій, Національний університет «Львівська політехніка».

Голомисов Владислав Дмитрович – студент освітньої програми «Видавництво та поліграфія», кафедра інформаційних технологій видавничої справи, Інститут комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Національний університет «Львівська політехніка».

Mygal Galyna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Transport Technology, Institute of Mechanical Engineering and Transport, Lviv Polytechnic National University.

Holomysov Vladyslav – student in the educational program "Publishing and Printing," Department of Information Technologies of Publishing, Institute of Computer Science and Information Technologies, Lviv Polytechnic National University.

УДК 371.214.2

Микольченко В.С., Прозоровський А.М.

ДІЯЛЬНІСНИЙ ПІДХІД ПРИ ВИКЛАДАННІ ДИСЦИПЛІН В ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

Наведено деякі припущення стосовно того як динамічні зміни в сучасному світі (науці та техніці) впливають на викладання дисциплін пов'язаних з транспортною галуззю. Запропоновано для якісного викладання сучасних дисциплін викладачам проходити міні курси (вебінари, воркшопи тощо) на онлайн сервісах в інтернеті.

Ключові слова: транспорт, дисципліна, педагогіка, навчальний план, вебінар.

Some assumptions are made about how dynamic changes in the modern world (science and technology) affect the teaching of disciplines related to the transport industry. It is proposed that for better teaching of modern disciplines, teachers should take mini-courses (webinars, workshops, etc.) on online services on the Internet.

Keywords: transport, discipline, pedagogy, curriculum, webinar.

Філософи вважають, що наші лиха деякою мірою залежать від невміння вирішувати проблемні питання, критично оцінювати ситуацію і знаходити раціональне рішення, а не просто займатися критиканством. У постановці цілей діяльності, їх корегуванні, навчальний заклад (в особі викладача) виконує соціальне замовлення суспільства й держави, тож національна доктрина освіти в Україні особливо виділяє: «різнобічний і своєчасний розвиток дітей і молоді, їх творчих здібностей, формування навичок самоосвіти, самореалізацію особистості: формування в дітей і молоді цілісного світорозуміння й сучасного наукового світогляду.

Створення нового зразка освіти, який передбачає пріоритет освіти, орієнтованої на особистість студента (особистісно орієнтованої) над освітою, орієнтованою на "знання з предмета"; найповніше розкриття здібностей учня, задоволення його різноманітних освітніх потреб, виховання почуття власної гідності, свободи, гармонії стосунків з навколишнім середовищем.

Гуманітаризація транспортної освіти, що покликана формувати духовність, культуру особистості, планетарне мислення, цілісну картину світу. Від рівня засвоєння базової гуманітарної культури залежить розвиток особистості в гармонії із загальнолюдською культурою.

На основі загальнолюдської культури можливий розвиток усіх сторін особистості, урахування її суб'єктивних потреб і об'єктивних умов, пов'язаних з матеріальною базою і кадровим потенціалом освіти. У цьому зв'язку самовизначення особистості у світовій культурі є стрижневою лінією гуманітаризації змісту освіти.

Визначення цілей транспортної освіти не обмежується державним замовленням, а розширюється потребами в освіті, які привносять студенти, їх батьки, викладачі; програми задають базовий, тобто необхідний, орієнтир-мінімум, загальне ядро знань, яке відкрите для доповнень, що залежать від культурних, регіональних, етнічних та інших умов освіти.

Діяльність особистості якраз і є тим механізмом, який дозволяє перетворити сукупність зовнішніх впливів у новоутворення особистості як продукт розвитку. Діяльнісний підхід дозволяє "перетворити" педагогічні завдання в "особистісний смисл" діяльності особистості. Перехід від переважно інформативних форм до активних методів і форм навчання з використанням елементів проблемності, наукового пошуку, резервів самостійної роботи тих, хто навчається. Іншими словами: перехід від відтворення до розуміння, осмислення,

здійснення "індустріалізації навчання", тобто його комп'ютеризація і технологізація, які уможливають інтелектуальну діяльність людини.

Створення умов для самоствердження, самореалізації і самовизначення особистості, що є результатом її самоорганізації. Самоорганізація відбувається за педагогічної підтримки, яка опирається здебільшого на внутрішні джерела розвитку здобувача освіти.

Викладач не виховує, не вчить, а активізує, стимулює намагання, формує мотиви студента до саморозвитку у пізнанні автотранспортної галузі, вивчає його активність, створює умови для саморуку. Творча спрямованість освітнього процесу передбачає безпосередню мотивацію навчальної та інших видів діяльності, організацію саморуку до кінцевого результату.

Це дає можливість студентам пережити радість від усвідомлення власного росту і розвитку, від досягнення власних цілей; створює умови для самореалізації особистості, виявлення і розвитку її творчих можливостей. Оцінка результату діяльності системи освіти по виходу (outcome education), який визначається певними вимогами, або стандартами, уніфікованими незалежно від форми навчання.

Безперервність освіти, що відкриває можливість для постійного поглиблення професійної підготовки, досягнення цілісності і наступності у навчанні та вихованні; перетворення набуття освіти у процес, що триває упродовж всього життя людини. Нероздільність навчання і виховання, що полягає в їх органічному поєднанні, підпорядкуванні змісту навчання і виховання формуванню цілісної та гармонійно розвиненої особистості.

Як добре відомо, інтелектуальний розвиток людини визначається не обсягом відомостей, утриманих у пам'яті, а готовністю людини до відбору необхідних знань шляхом критичного аналізу, осмислення інформації й уміння самостійно приймати рішення. Критично мисляча людина, озброєна сильними аргументами, здатна протистояти навіть таким авторитетам, як друковане слово, сила традиції й думка більшості, нею не можливо маніпулювати. Комплекс навичок і вмінь викладача формують, у ході розвитку студента – особистість. Вона формується активно, якщо на заняттях студенти постійно шукають інформацію, співвідносять те, що вони засвоїли із власним практичним досвідом, порівнюють здобуті знання з іншими сферами та застосовують отримані знання під час проходження виробничої практики на автомобільному підприємстві.

Проблема якісного викладання дисциплін, пов'язаних з транспортною галуззю, набуває особливої актуальності через постійний технологічний прогрес і зміни у сфері транспорту. Деякі основні аспекти цієї проблеми можуть включати наступне. Нові технології, матеріали та транспортні моделі вимагають постійного оновлення навчальних програм (робочих планів, силабусів). Викладачі повинні бути постійно готові до інтеграції останніх розробок у транспортній галузі в освітній процес. Необхідно постійно підтримувати тісний зв'язок зі стейкхолдерами. Зовнішні стейкхолдери освітніх програм університету – це особи або організації які зацікавлені у якійсній підготовці фахівців закладами вищої освіти. Це перш за все роботодавці, випускники, представники органів державної та місцевої влади, громадські організації тощо.

Екологічна трансформація. Перехід на електромобілі та інші екологічні технології (водневий транспорт, застосування сонячної енергії, зеленого водню тощо) вимагає нового підходу до вивчення екологічних аспектів транспорту та їх впливу на довкілля.

Сучасна транспортна галузь об'єднує різні галузі науки, такі як інженерія, економіка, екологія та інші. Викладання дисциплін повинно враховувати цей мультидисциплінарний підхід.

Розвиток транспорту і нові технології вимагають вибору спеціалізацій для студентів. Важливо забезпечити їм можливість глибокого вивчення конкретних аспектів транспорту. Наприклад, зараз швидко розвивається електричний транспорт та транспортні технології пов'язані з воднем. Викладачі повинні бути в курсі останніх тенденцій у сфері транспорту,

щоб ефективно передавати цю інформацію здобувачам вищої освіти. Однією з можливостей є проходження викладачами онлайн вебінарів, в тому числі й англійською мовою.

Загальною відповіддю на ці виклики може бути створення гнучких навчальних програм, планів, які дозволять швидко адаптуватися до нових технологій та розвитку транспортної галузі.

Список використаних джерел

1. Бурдун В. В., Ревякіна О. О., Колеснікова Є. Б. Деякі приклади застосування інформаційних технологій в автомобільній галузі та освіті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 30–34.
2. Байдеченко Т., «Етика та естетика», ж-л «Шкільний світ» № 19, 2007 р. с. 9). нтер, 2008. - С. 155-156.
3. Бех І. Д. Гуманізація виховного процесу / І. Д. Бех // Енциклопедія освіти /Акад. пед. наук України; головний редактор В.Г. Кремень. - К. : Юрінком.
4. Осадч О. М. «Створення інноваційного освітнього середовища в роботі з батьківською громадою», О.М. Осадча, ж-л, «Педагогічна майстерня», № 2, 2018 рік, с. 19.
5. Сухомлинський В. О. «Проблема виховання всебічно розвиненої особистості». Педагогіка. Київ. «Знання – Прес». 2006. с. 50.

Микольченко Віра Сергіївна – кандидат філософських наук, методист навчально-методичного відділу Криворізького національного університету.

Прозоровський Анатолій – технічний інструктор навчального центру ТОВ з ІІ «Цепелін Україна ТОВ»

Mykolchenko Vira Sergiyevna – Candidate of Philosophical Sciences, Methodologist of the Educational and Methodological Department of the Krivoy Rog National University.

Prozorovsky Anatoly – Technical Instructor of the Training Center of the II LLC “Zeppelin Ukraine LLC”

УДК 656.13.071

Митко М.В., Козійчук В.В., Кутник В.О.

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ ДЛЯ АВТОСЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ

У роботі запропоновано методику визначення раціональних обсягів замовлення запасних частин для автосервісних підприємств. Застосування даного підходу дозволяє уникнути надлишкових витрат на зберігання, зменшити простой автомобілів у ремонті та забезпечити безперебійну роботу СТО.

Одним із ключових чинників ефективного функціонування автосервісного підприємства є наявність необхідного асортименту та кількості запасних частин, що використовуються під час технічного обслуговування та ремонту автомобілів.

Ключові слова: автосервісне підприємство, запасні частини, потреба, ремонт, технічне обслуговування, замовлення, логістика, складування.

The paper proposes a methodology for determining the rational volume of spare parts orders for car service enterprises. The use of this approach allows you to avoid excess storage costs, reduce vehicle downtime for repair and ensure uninterrupted operation of the service station.

One of the key factors for the effective functioning of a car service enterprise is the availability of the necessary assortment and quantity of spare parts used during maintenance and repair of cars.

Key words: service stations, spare parts, demand, repair, maintenance, ordering, logistics, warehousing.

Метою дослідження є розробка методики визначення потреби в запасних частинах на основі аналізу фактичного попиту, строків постачання, частоти заміни компонентів, середньої трудомісткості робіт і періодичності обслуговування автомобілів.

Методика враховує як технічні, так і економічні чинники: обсяги робіт, наявність типових поломок, логістичні витрати, частоту заміни деталей, тощо. Розрахунки проводились для автосервісних підприємств, які обслуговують від 10 до 200 автомобілів щомісяця. При цьому брались до уваги категорії робіт:

- планове ТО;
- поточний ремонт (ПР);
- позапланові заміни елементів (по гарантії або за результатами діагностики).

Методика розрахунку рейтингу надійності базується на кількості зафіксованих проблем на 100 автомобілів (PP100) протягом перших трьох років експлуатації. Чим нижче значення PP100, тим вищим вважається рівень надійності автомобільного бренду. Надійність транспортних засобів та конкуренція між виробниками стали важливими факторами, які безпосередньо впливають на формування потреби у запасних частинах та є ключовими аспектами у застосуванні запропонованої методики.

На сучасному ринку автомобільного обслуговування спостерігається жорстка конкуренція як між автовиробниками та їхніми офіційними сервісними центрами, так і між незалежними СТО. Одним із визначальних чинників, що впливають на обсяг і номенклатуру запасних частин, є рівень надійності конкретних моделей автомобілів, а також середні витрати на їх технічне обслуговування і ремонт.

Для ілюстрації цього, на рис. 1 наведено порівняльну діаграму середніх витрат на обслуговування автомобіля Mazda 6 за перші 5 років експлуатації. Видно, що основні витрати пов'язані з плановою заміною фільтрів, гальмівних колодок, а також технічними рідинами. У

той же час, рейтинг надійності транспортних засобів суттєво впливає на попит на запасні частини. На рис. 2 представлено рейтинг надійності іноземних автомобілів у 2021 році, складений американським приватним підприємством J.D. Power and Associates, яке проводить незалежні дослідження у сфері автомобільної промисловості [1, 2, 3, 4, 7].

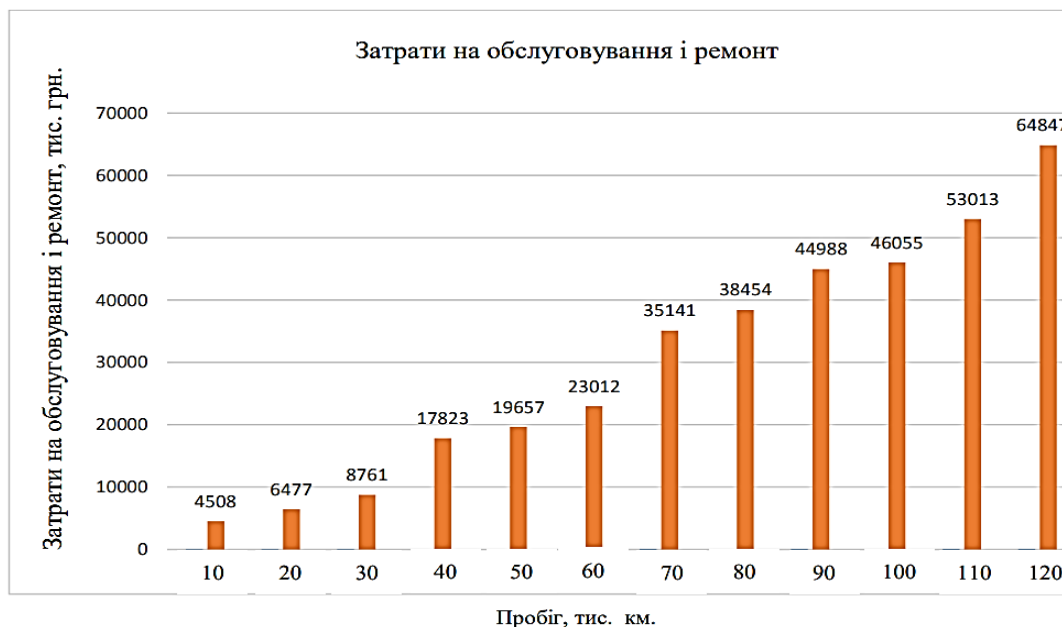


Рисунок 1 – Затрати на обслуговування і ремонт автомобіля Mazda 6 за 5 років експлуатації

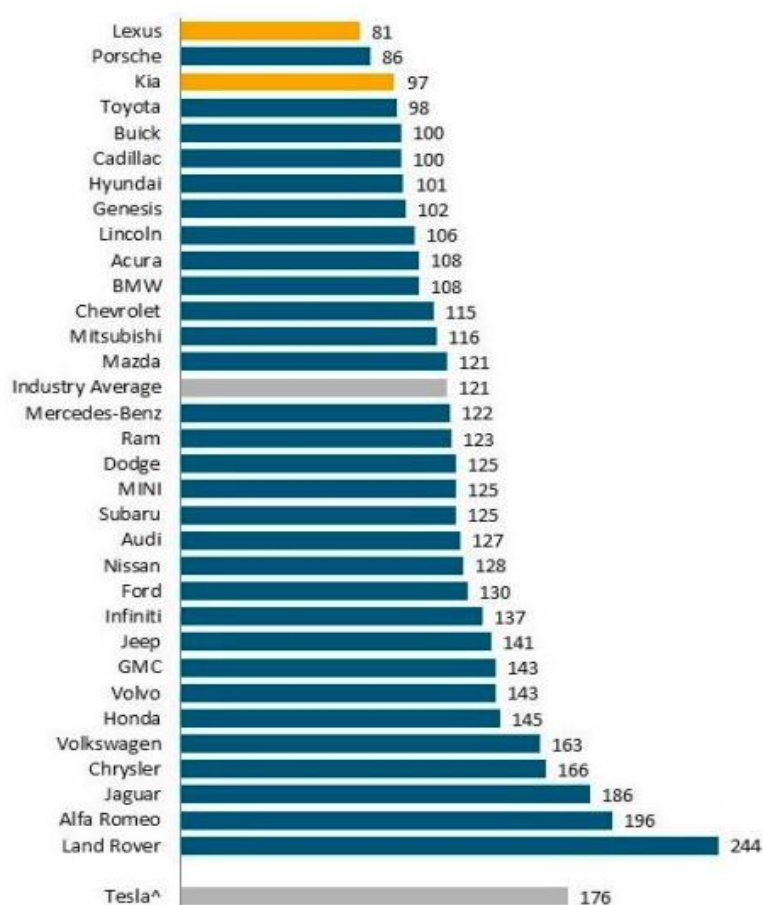


Рисунок 2 – Рейтинг надійності автомобілів в 2021 році [7, 8]

Таблиця 1 – ТОП – 5 брендів за надійністю в 2021 році [7, 8]

Місце	Бренд	Проблем на 100 авто (PP100)
1	Lexus	81
2	Porsche	86
3	Kia	97
4	Toyota	98
5	Buick	100

Згідно з даними дослідження [7], Toyota і Lexus традиційно демонструють високі показники надійності, що впливає на зниження потреби у частих ремонтах і, відповідно, зменшує навантаження на СТО. Водночас, автомобілі з нижчими позиціями у рейтингу потребують частіших ремонтів, що варто враховувати при формуванні асортименту запасних частин.

На основі аналізу витрат на обслуговування автомобіля та рейтингу надійності транспортних засобів (2021 р.) [7], можна зробити висновок про доцільність і актуальність застосування запропонованої методики в сучасних умовах.

Методика передбачає поетапний розрахунок обсягів потреби в запасних частинах з урахуванням:

- кількості автомобілів, які обслуговуються СТО;
- середньої періодичності технічного обслуговування;
- середньої норми витрат запасних частин на одиницю обслуговування;
- коефіцієнта надійності постачання;
- часу очікування постачання.

Загальна потреба в запасних частинах Z розраховується за формулою:

$$Z = N \cdot P \cdot R \cdot K_{\text{нп}} + Z_{\text{рез}}, \quad (1)$$

де N – кількість автомобілів, які обслуговуються на СТО; P – середня кількість обслуговувань одного автомобіля на рік; R – середня витрата певної запасної частини на одне обслуговування; $K_{\text{нп}}$ – коефіцієнт надійності постачання (рекомендовано 1,1 – 1,3); $Z_{\text{рез}}$ – рекомендований резервний запас, що забезпечує покриття коливань попиту.

На основі зібраної статистичної інформації з підприємств м. Вінниця та інших регіонів України було побудовано графіки залежності фактичного використання запасних частин від кількості автомобілів, обсягів технічного обслуговування та строків постачання (див. рис. 3).

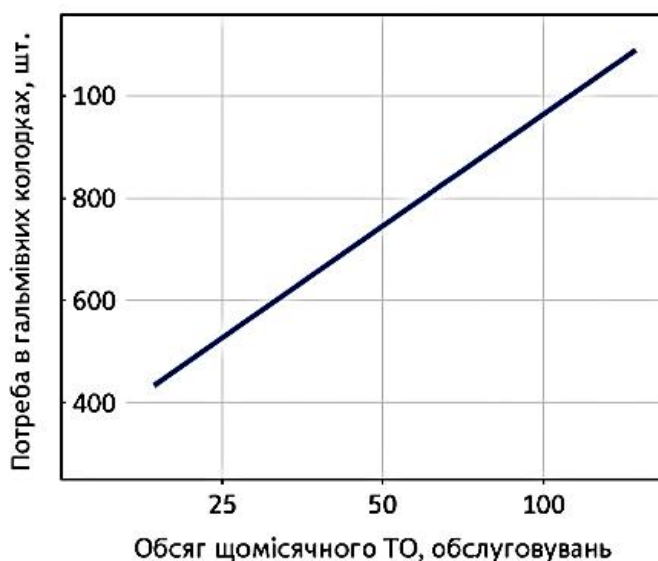


Рисунок 3 – Залежність потреби в гальмівних колодках від обсягу щомісячного ТО

Розроблена методика дозволяє визначити оптимальні обсяги запасних частин на основі техніко-економічного аналізу, забезпечити оперативність обслуговування клієнтів та знизити витрати на утримання запасів. Її застосування сприяє зменшенню тривалості ремонту, підвищенню рентабельності підприємства та оптимізації складських процесів.

Список використаних джерел

1. Антонюк О. П. Покращення процесу забезпечення запасними частинами рухомого складу автотранспортного підприємства [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 / Олег Павлович Антонюк ; Державний університет «Житомирська політехніка». – Житомир, 2021. – 245 с.
2. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: підручник. – К.: Вища шк., 2007. – 527 с.
3. Митко М. В. Підвищення ефективності роботи автотранспортних підприємств удосконаленням структури виробничих підрозділів: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Митко Микола Васильович. – К., 2019. – 251 с.
4. Савін Ю.Х. Методичні основи удосконалення структури виробничих підрозділів автотранспортних підприємств / Ю.Х. Савін, М.В. Митко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. Київ: НТУ, 2019. – Вип. 1 (43). – С. 159-166.
5. Савін Ю. Х., Митко М. В. Визначення доцільності створення виробничих підрозділів з обслуговування та ремонту автомобілів на підприємствах автомобільного транспорту. Systemy i środki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia. Systems and means of motor transport. Selected problems. Monografia nr 4. Seria: TRANSPORT. Rzeszów, 2013. – P. 533-540.
6. Bacchetti A., Saccani N. Spare parts classification and demand forecasting for stock control: Investigating the gap between research and practice. Omega. Volume 40, Issue 6, December 2012, Pages 722–737. URL: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.06.008>.
7. jdpower.com/business_[Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://www.jdpower.com/business/automotive> (дата звернення 01.04.2025).
8. eauto.org.ua/news/ Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://eauto.org.ua/news/440-ukrajinskiy-avtorinok-prognoz-na-2024-rik-vid-institutu-doslidzhen-avtorinku> (дата звернення 02.04.2025).

Митко Микола Васильович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

Козійчук Віталій Вікторович – студент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

Кутник Володимир Олексійович – студент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

Mytko Mykola – candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

Koziichyk Vitalii – student of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

Kutnik Volodymyr – student of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

УДК 623.7+658.5/7

Опенько П.В., Базіло С.М., Ткачов В.В., Білявський Б.А.

НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Досвід локальних війн та збройних конфліктів сучасності, широкомасштабної збройної агресії російської федерації проти нашої держави свідчить про актуальність на даний час питання удосконалення логістичного (інформаційно-аналітичного) забезпечення функціонування зразків озброєння та військової техніки власного (пострадянського) та іноземного виробництва, що надходять у рамках військово-технічної допомоги від країн-партнерів, а також впровадження стандартів НАТО, в тому числі, в системі логістичного забезпечення Повітряних Сил Збройних Сил України.

Зазначена обставина вказує на необхідність вирішення пріоритетного завдання щодо удосконалення функціонування системи логістичного забезпечення Повітряних Сил Збройних Сил України на підставі аналізу та досвіду країн-членів НАТО шляхом удосконалення технологічних процесів, впровадження нових спеціалізованих ремонтно-діагностичних засобів та нових технологій, механізації та автоматизації на різних етапах виробничого процесу та постачанням відповідної номенклатури матеріально-технічних засобів.

Ключові слова: логістичне забезпечення, інформація, відновлення, технологічний процес, об'єктивний контроль, реєстрація інформації, озброєння та військова техніка

The experience of local wars and armed conflicts of our time, large-scale armed aggression of the Russian Federation against our country testifies to the current relevance of the issue of improving logistical (informational and analytical) support for the functioning of samples of weapons and military equipment of our own and foreign production, which are received within the framework of military – technical assistance from partner countries, as well as the implementation of NATO standards, including in the system logistical support of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine.

The specified circumstance indicates the need to solve the priority task of improving the functioning of the logistics support system of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine based on the analysis and experience of NATO member countries by improving technological processes, introducing new specialized repair and diagnostic tools and new technologies, mechanization and automation at various stages production process and supply of the appropriate range of material and technical means.

Keywords: logistics, information, recovery, technological process, objective control, information registration, weapons and military equipment

Вступ. За результатами узагальнення досвіду країн-членів НАТО запропоновано під час організації логістичного забезпечення, а саме експлуатації, відновлення (ремонт) та технічного обслуговування озброєння та військової техніки (ОВТ) Повітряних Сил (ПС) Збройних Сил (ЗС) України в органі військового управління оперативного рівня крім існуючих, вирішення наступних задач, результати яких застосовувати в мобільних ремонтно-відновлювальних органах (тактичного та оперативного рівня), а саме:

по перше – постійний моніторинг (збір і обробка даних про стан зразків, тип, чергу, пріоритет обслуговування), яка оновлюється з певною періодичністю і прогнозуватиме черговість виконання задач на наступний період виконання завдань за призначенням. Необхідно, щоб були враховані наявність особового складу, матеріальних засобів (ресурсів, ЗІП), транспортної мережі, відстані до місця проведення, прогнозовані результати і час виконання;

по друге – завантаженість ремонтно-відновлювальних підрозділів оперативного та тактичного рівнів на визначений час із розрахунковими прогнозованими можливостями, такими як об'єм задач, забезпеченість матеріальними засобами (ресурсами, ЗІП), навченість та кваліфікація особового складу, час відновлення та інше. Розподіл пошкоджених зразків ОВТ по ремонтно-відновлювальних підрозділах оперативного та тактичного рівнів доцільно буде проводити за результатами прогнозування ймовірності отримання пошкоджень зазначеними зразками за затвердженими методиками.

Результати дослідження. Для вирішення вищенаведених задач запропоновано створити систему об'єктивного контролю технологічного процесу ремонту зразків озброєння ОВТ із застосуванням уніфікованого мобільного ремонтно-діагностичного комплексу (УМРДК) на базі автоматизованої системи управління даного УМРДК. Вона повинна мати в своєму складі пристрій реєстрації інформації (ПРІ), який за своєю суттю є багатоканальним цифровим реєстратором, до складу якого входять: багатоканальні цифрові пристрої запису та обробки відеоінформації, що здатні здійснювати запис відео необхідної якості; багатоканальні цифрові пристрої запису та обробки аудіоінформації, що здатні здійснювати запис аудіо необхідної якості; багатоканальні цифрові пристрої запису та обробки інформації про технічні параметри функціонування зразка ОВТ (технологічного циклу ремонту зразка ОВТ та його складових частин).

Структурна схема такої системи об'єктивного контролю (варіант) наведена на рис. 1.

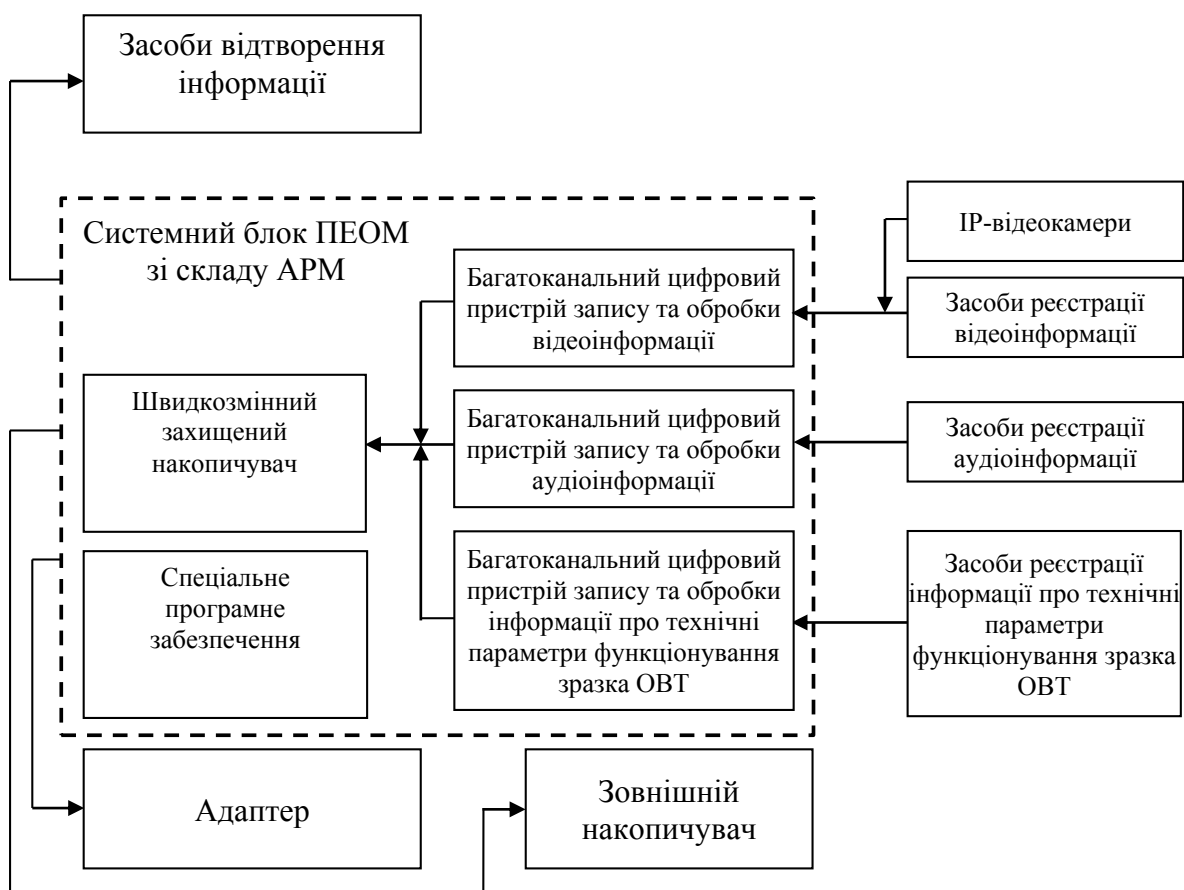


Рисунок 1 – Перспективна система об'єктивного контролю технологічного процесу ремонту зразків ОВТ ПС ЗС України

Перспективним варіантом забезпечення документування технологічного процесу ремонту зразків озброєння УМРДК є розробка ПРІ системи об'єктивного контролю у вигляді

універсального багатоканального цифрового реєстратора, який за своїми характеристиками в подальшому міг би встановлюватися на будь-який зразок ОВТ.

Запропонована побудова УМРДК дозволить ефективно здійснювати ремонт складних технічних пристроїв зі складу зразків ОВТ, зразків ОВТ ПС ЗС України в цілому.

Основними перевагами даного варіанту є:

відсутність необхідності розробки окремих пристроїв реєстрації інформації для кожного типу зразків ОВТ (не буде необхідності виготовлення малих серій таких блоків), адаптація до конкретного типу зразка ОВТ буде здійснюватися за рахунок спеціалізованих модулів (складових частин пристроїв);

економічність (вигідний для підприємств оборонно-промислового комплексу з точки зору масштабів серійного виробництва);

можливість подальшого розповсюдження як на зразки ОВТ (радіолокаційні станції, пункти управління, бойові машини) інших родів військ, так і на перспективні засоби їх технічної експлуатації і ремонту.

Деяка надлишковість можливостей універсального ПРІ системи об'єктивного контролю при встановленні на конкретні типи зразків озброєння компенсуватиметься:

відсутністю витрат на розробку індивідуальних (під конкретних тип зразка ОВТ) блоків об'єктивного контролю;

уніфікацією складових пристрою, а відтак, обмеженням номенклатури необхідних запасних частин.

Зрозуміло, що для такого варіанту системи об'єктивного контролю найбільш доцільним шляхом реалізації підключення засобів реєстрації до ПРІ та спряження його зі штатними каналами документування зразка озброєння є попередня обробка (перетворення) інформації, яка реєструється, з аналогової до цифрової форми з подальшим використанням обладнання широко розповсюджених комп'ютерних мережевих рішень. В такому разі система об'єктивного контролю на зразку ОВТ представлятиме локальну комп'ютерну мережу з відомими і достатньо добре проробленими конструктивними рішеннями. Система об'єктивного контролю повинна мати у своєму складі:

пристрій реєстрації інформації, який є основною складовою частиною системи і призначений для здійснення управління режимами роботи блоку об'єктивного контролю, зберігання, прийому, обробки і видачі інформації у цифровій формі;

багатоканальний цифровий пристрій запису та обробки відеоінформації, який призначений для здійснення перетворення (обробки) інформації, що надходить від відповідних засобів реєстрації (цифрові відеокамери, фотоапарати) у форму, яка передбачена для вводу у ПРІ;

багатоканальний цифровий пристрій запису та обробки аудіоінформації, який призначений для здійснення перетворення (обробки) інформації, що надходить від відповідних засобів реєстрації (система мовного зв'язку, внутрішній телефонний зв'язок) у форму, яка передбачена для вводу у ПРІ;

багатоканальний цифровий пристрій запису та обробки інформації про технічні параметри функціонування зразка ОВТ (технологічного циклу ремонту зразків ОВТ та їх складових частин), який призначений для здійснення двонаправленого перетворення (обробки) інформації, що надходить (видається) від (до) штатних каналів реєстрації інформації про технічні параметри функціонування зразка ОВТ (апаратура документування) та (або) технологічного циклу ремонту зразків ОВТ та їх складових частин у форму (з форми), яка передбачена для вводу у ПРІ;

адаптер живлення апаратури системи об'єктивного контролю від бортової мережі зразка ОВТ (УМРДК);

спеціальне програмне забезпечення, яке призначене для обробки і відтворення інформації, що записана до блоку об'єктивного контролю, для використання на сторонніх ПЕОМ.

Висновки. Таким чином, під час організації логістичного забезпечення скорочення виробничого циклу стає одним з найважливіших завдань організації виробничого процесу і забезпечується шляхом удосконалення технологічних процесів, впровадження нових спеціалізованих ремонтно-діагностичних засобів (типу УМРДК) та нових технологій, механізації та автоматизації на різних етапах виробничого процесу та постачанням відповідної номенклатури матеріально-технічних засобів. Запропонований склад системи об'єктивного контролю на зразку ОБТ та завдання його складових елементів.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Порядку логістичного забезпечення сил оборони під час виконання завдань з оборони держави, захисту її суверенітету, територіальної цілісності та недоторканності: Постанова Кабінету Міністрів України від 27.12.2018 № 1208 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1208-2018-п>.
2. Моделювання систем матеріально-технічного забезпечення: монографія / І.С. Романченко, О.І. Хазанович, С.С. Трегубенко. Львів: НАСВ ЗС України, 2015. – 156 с.
3. Методологічні й системотехнічні аспекти інформаційного забезпечення управління системами військового призначення та діяльністю в оборонній сфері: монографія / О.Ф. Величко, Д.А. Гриб, Б.О. Демідов, О.П. Коростельов, Ю.Ф. Кучеренко, М.І. Луханін, І.Б. Чепков, О.О. Хмелевська; за ред. Б.О. Демидова, О.П. Коростельова. Т.2. Київ: Видавничий дім “Стилос”, 2021. – 592 с.
4. Гриб Д.А. Удосконалення методів технічної експлуатації і ремонту як основа підтримання боєготового стану зенітного ракетного озброєння в сучасних умовах / Д.А. Гриб, Б.М. Ланецький, В.В. Лук'янчук // Наука і оборона. – 2012. – № 3. – С. 55-63.
5. Технічна експлуатація зенітного ракетного озброєння та радіоелектронної техніки за станом. Терміни та визначення: ВСТ 12.200.003 – 2012(01). – [Чинний від 2013-01-08]. – Х.: ХУПС, 2013. – 11 с.
6. Опенько П.В. Перспективи розвитку системи технічного забезпечення зенітних ракетних військ / П. В. Опенько, А. В. Крижний, П. А. Дранник // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем. – 2015. – Вип. 10. – С. 148-157.
7. Опенько П.В. Метод планування виходу у середній (капітальний) ремонт зразків зенітного ракетного озброєння при експлуатації за технічним станом / П.В. Опенько, І.І. Сачук, П.А. Дранник, О.В. Калита // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХНУПС, 2017. – Вип. 1 (49). – С. 53-55.
8. Опенько П.В. Порядок планування ремонту зенітного ракетного озброєння при експлуатації за технічним станом / П.В. Опенько, І.І. Сачук, М.К. Жердев, Р.С. Кравчик // Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації. – К.: ВІТІ, 2017. – Вип. 2. – С. 71-76.
9. Універсальна автоматична багатоканальна система об'єктивного контролю МПК 2019.01 Н 04 В 7 / 005: пат. 137252 Україна: № у 2019 03690; заяв. 10.04.2019; опубл. 10.10.2019, бюл. № 19. 4 с.
10. Універсальний мобільний ремонтно-діагностичний комплекс: пат. 136544 Україна: МПК В 60 Р 3 / 14 (2006.01) F 41 А 23 / 16 (2006.01) F 41 А 23 / 34 (2006.01) № у 2019 01939; заявл. 26.02.2019; опубл. 27.08.2019, бюл. № 16. 11 с.

Опенько Павло Вікторович, кандидат технічних наук, старший дослідник, Заслужений винахідник України, начальник кафедри Повітряних Сил інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України, м. Київ, pavel.openko@ukr.net.

Базіло Сергій Михайлович, доктор філософії, старший науковий співробітник науково-дослідного відділу застосування авіації та протиповітряної оборони інституту авіації та

протиповітряної оборони Національного університету оборони України, м. Київ, baz.sergey84@gmail.com.

Ткачов Володимир Васильович, кандидат військових наук, професор, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу застосування авіації та протиповітряної оборони інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України, м. Київ, iappo.ndl@gmail.com.

Білявський Богдан Анатолійович, кандидат військових наук, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу застосування авіації та протиповітряної оборони інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України, м. Київ, iappo.ndl@gmail.com.

Pavlo Openko, candidate of technical sciences, senior researcher, Head of the Air Force Department of the Institute of Aviation and Air Defense of the National Defense University of Ukraine, Kyiv, pavel.openko@ukr.net.

Bazilo Serhii, philosophy doctor, senior researcher of the Research Department of the Application of Aviation and Air Defense of the Institute of Aviation and Air Defense of the National Defense University of Ukraine, Kyiv, baz.sergey84@gmail.com.

Tkachov Volodymyr, candidate of military sciences, professor, leading researcher of the Research Department of the Application of Aviation and Air Defense of the Institute of Aviation and Air Defense of the National Defense University of Ukraine, Kyiv, iappo.ndl@gmail.com.

Biliavskyi Bogdan, candidate of military sciences, leading researcher of the Research Department of the Application of Aviation and Air Defense of the Institute of Aviation and Air Defense of the National Defense University of Ukraine, Kyiv, iappo.ndl@gmail.com.

УДК 621.8

Орисенко О.В., Криворот А.І., Скорик М.О., Шаповал М.В.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМАЩУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОТОРНОЇ ОЛИВИ ЗА КРИТЕРІЄМ МІЦНОСТІ МАСЛЯНОЇ ПЛІВКИ

У роботі запропоновано метод оцінки змащувальних властивостей моторних олив шляхом використання імітаційної машини тертя, що моделює умови роботи вузла газорозподільного механізму.

Обґрунтовано необхідність врахування реальних умов експлуатації для визначення оптимального терміну заміни мастильного матеріалу.

Ключові слова: машина тертя, моторна олива, змащувальні властивості, масляна плівка.

The work proposes a method for evaluating the lubricating properties of engine oils using a simulation friction machine that models the operating conditions of a valve train component.

The necessity of considering real operating conditions to determine the optimal oil replacement interval is substantiated.

Key words: friction machine, engine oil, lubricating properties, oil film.

Встановлення обґрунтованих термінів заміни мастильного матеріалу у вузлі чи агрегаті будь якої техніки є актуальним питанням. Це пов'язано з тим, що навіть один і той же вузол, працюючи в різних умовах експлуатації, піддається різним зовнішнім впливам (навантаження, температура, швидкісні режими тощо), а це, в свою чергу, значно впливає на ступінь спрацювання мастильних матеріалів, що в ньому використовуються.

Для підтримання змащувальних властивостей мастильних матеріалів на потрібному рівні здійснюється періодична їх заміна, термін якої, зазвичай, встановлюється за рекомендаціями заводу-виробника і являє собою усереднене значення для різних умов. Враховуючи цей факт можна зробити висновок, що така періодичність заміни не завжди відповідатиме дійсному стану мастильного матеріалу і є висока ймовірність передчасної його заміни, або, навпаки, використання за умови, коли експлуатаційні властивості вже втрачено.

Очевидно, що для встановлення дійсного стану мастильного матеріалу необхідно виконувати моніторинг його властивостей. При цьому методи та засоби здійснення такої перевірки не повинні бути складними, не забирати багато часу та давати достовірну інформацію.

Для встановлення змащувальних властивостей моторних олив застосовують різні пристосування, які являють собою машини тертя. Найпоширенішою з таких машин є чотирикулькова [1], яка дає можливість визначити ряд якісних показників, таких як: протизношувальні, протизадирні та антифрикційні. Але у даного способу є недолік, який виражається у тому, що вказані показники можна визначати лише для точкового контакту поверхонь, що не завжди відображає умови роботи реального вузла у якого форма контактуючих поверхонь може бути складнішою.

Також існують машини тертя у яких форма контактуючих поверхонь є максимально наближеною до реальної. Прикладом таких машин є такі як: «кулька – диск», «штифт – диск», «штифт – пластина» та інші [2, 3, 4].

Проте, найбільш достовірну інформацію про властивості мастильного матеріалу, на наш погляд, можна отримати застосовуючи імітаційні машини тертя у яких використовуються серійні деталі вузлів для яких призначений мастильний матеріал [5].

Пропонується для дослідження змащувальних властивостей моторних олів використовувати машину, яка імітує тертя між контактуючими поверхнями деталей механізму газорозподілу, а саме кулачкового валу та коромисла. У вказаному вузлі забезпечити рідинне змащування конструктивно складно, тому існує висока ймовірність його роботи в умовах недостатньої кількості мастильного матеріалу. А, як відомо, за таких умов змащування забезпечується адсорбованою на поверхнях тертя масляною плівкою [6]. Саме для перевірки міцності цієї плівки і застосовується розроблена установка.

Вказана установка являє собою машину тертя (рис. 1), яка складається з основи 1 на якій шарнірно закріплено важіль 2 з навантажувальним пристроєм 7. До важеля 2 нерухомо прикріплено коромисло 6 механізму газорозподілу двигуна внутрішнього згоряння. Розподільний вал імітується диском 4, який приводиться в обертальний рух за допомогою валу 5. З метою забезпечення змащування поверхонь тертя нижня частина диску 4 занурена в масляну ванну 3.

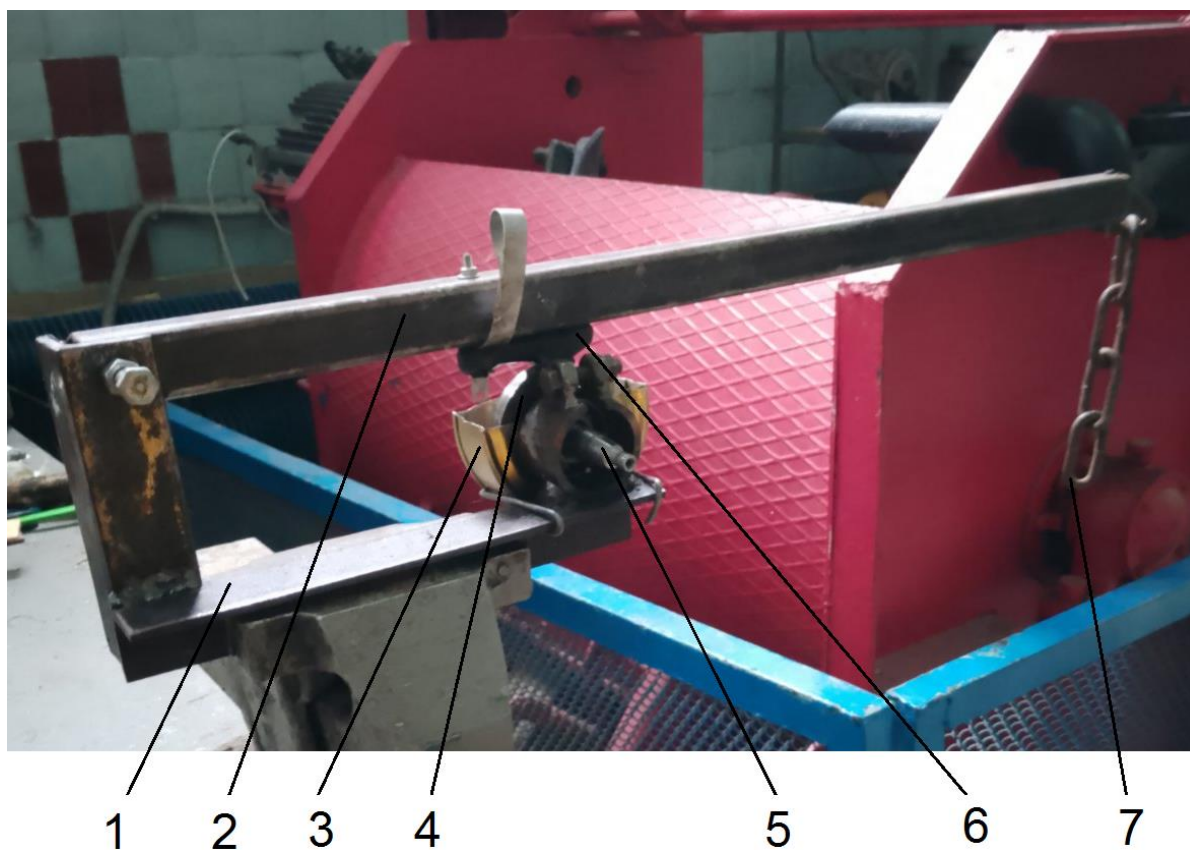


Рисунок 1 – Установка для дослідження міцності масляної плівки

Дана установка дозволяє змінювати та утримувати на фіксованому рівні такі параметри як: частоту обертання диску, крутний момент на валу приводу, зусилля притискання поверхонь тертя, температуру мастильного матеріалу. Частина цих показників визначається прямим вимірюванням, а інші розрахунком.

Момент руйнування масляної плівки, а, відповідно, її міцність оцінюється різким наростанням сили тертя при якому відбувається зупинка механізму.

Список використаних джерел

1. ASTM D2783; Standard Test Method for Measurement of Extreme-Pressure Properties of Lubricating Fluids (Four-Ball Method), PA, USA, 2021.
2. ASTM G99; Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus. ASTM: West Conshohocken, PA, USA, 2017.

3. ASTM D4170-16; Standard Test Method for Fretting Wear Protection by Lubricating Greases. ASTM: West Conshohocken, PA, USA, 2017.
4. ASTM G133; Standard Test Method for Linearly Reciprocating Ball-on-Flat Sliding Wear. ASTM: West Conshohocken, PA, USA, 2016.
5. Машина для випробування розподільних валів на тертя та зношування : пат. UA 90410 : G01N 3/56 (2006.01). № у 2013 15026 ; заявл. 23.12.2013 ; опубл. 26.05.2014, Бюл. № 10. 3 с.
6. Харламов Ю.О. Триботехніка і надійність машин: Навчальний посібник / Ю.О. Харламов, О.В. Романченко, В.І. Соколов, О.С. Кроль, О.В. Єпіфанова. – Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2021. – 184 с.

Орисенко Олександр Вікторович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», e-mail: oleksandr.orysenko@gmail.com.

Криворот Анатолій Ігорович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», e-mail: anatoliikryvorot@gmail.com.

Скорик Максим Олексійович – старший викладач кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», e-mail: maxym.skoryk@gmail.com.

Шаповал Микола Віталійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри галузевого машинобудування та мехатроніки, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», e-mail: nvshapoval75@ukr.net.

Orysenko Oleksandr Viktorovich – Ph.D., Associate Professor, Head of the department of mechanical engineering and mechatronics, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», e-mail: oleksandr.orysenko@gmail.com.

Kryvorot Anatolii Ihorovich – Ph.D., associate professor, associate professor of the department of mechanical engineering and mechatronics, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», e-mail: anatoliikryvorot@gmail.com.

Skoryk Maksym Oleksiyovich – Senior Lecturer of the department of mechanical engineering and mechatronics, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», e-mail: maxym.skoryk@gmail.com.

Shapoval Mykola Vitaliyovich – Ph.D., Associate professor of the department of mechanical engineering and mechatronics, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», e-mail: nvshapoval75@ukr.net.

УДК 656.1

Осипов В.О.

ДОСВІД ВОДІЯ ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА ПІДСИСТЕМУ «ВОДІЙ» В СИСТЕМІ «ВОДІЙ-АВТОМОБІЛЬ-ДОРОГА-СЕРЕДОВИЩЕ»

Розглянуто підсистему Водій, як складову ергономічної системи «Водій-Автомобіль-Дорога-Середовище» з точки зору безпеки дорожнього руху.

Проведено порівняння критеріїв оцінювання середньостатистичного водія з точки зору його віку та досвіду управління транспортним засобом.

Ключові слова: безпека дорожнього руху, водій, професійний досвід.

The Driver subsystem considered as a component of the ergonomic system «Driver-Car-Road-Environment» from the point of view of road safety.

A comparison of the evaluation criteria of the average driver from the point of view of his age and driving experience made.

Key words: traffic safety, driver, professional experience.

Сучасні статистичні дані, а також вишукування низки дослідників вказують на те, що людина є винуватцем переважного відсотку скоєння дорожньо-транспортних пригод (ДТП) на автомобільному транспорті. Стан здоров'я, помилкові рішення, які спираються або на відсутність досвіду або на самовпевненість, незадовільний рівень пам'яті/уваги, який не дає змоги адекватно реагувати на дорожню ситуацію, призводить до трагічних наслідків. Звичайно, у більшому ступені це стосується людини-водія, проте людина-пішохід та людина-пасажир теж мають свій певний вплив на рівень безпеки руху.

Багатокритеріальність завдань з управління дорожнім рухом, а також їх програмно-математичне забезпечення, що не повною мірою враховує специфіку деяких завдань, підвищують ймовірність помилкових дій з боку людини і, як наслідок, ймовірність збоїв в роботі системи Водій-Автомобіль-Дорога-Середовище (В-А-Д-С). У зв'язку з цим, формалізація завдань управління дорожнім рухом із застосуванням наприклад теорії корисності актуальна, оскільки при автоматизації подібних розрахунків електронно-обчислювальною технікою за лічені хвилини може охарактеризувати шанси на успіх і можливі наслідки дій.

Задача дослідження - спробувати виявити всі чинники, які мають вплив на людину як суб'єкт дорожнього руху, формалізувати їх та підключити у подальшому до єдиної системи визначення рівня безпеки руху у системі В-А-Д-С. Спираючись на вже проведені дослідження стає можливим побудувати схематику факторів впливу на людину - учасника дорожнього руху, закономірності роботи яких складають основу визначення надійності суб'єкту

Підготовленість водія - це один із факторів, що обумовлює його надійність. Однак вона повинна містити в собі, поряд з даними про професійні навички (компетенції), придбані водієм у процесі навчання в автошколі, і дані про його психологічну підготовленість. Це передусім розвиток високих моральних якостей: критичності та оперативності мислення, уміння в критичних ситуаціях вчасно та швидко приймати правильні рішення, самовладання, рішучість, витримка та дисциплінованість [1]. Доведеними фактами також є залежність надійності водія від його водійського стажу та участі у ДТП [2-6], що теж є важливим досвідом, здобутим протягом водійського стажу.

Аналіз ДТП показує, [7] що недосвідчені водії у 4 рази частіше становляться учасниками ДТП ніж більш досвідчені колеги. Це підтверджується також різноманітними анкетними опитуваннями згідно з [8], які було проведено у низці європейських країн: приблизно 30%

ДТП на автомобільних дорогах припадають на водіїв віком до 21 року. При цьому якщо кількість ДТП, які скоїли водії 30-річного віку прийняти за 100%, то у водіїв 25-30 років ця цифра збільшується до 180%, у осіб 18-21 рік - до 350%. Встановлено [9-10], що водії зі стажем керування транспортних засобів (ТЗ) до 1 року, що складають 8% від загальної кількості, скоюють 13% від загальної кількості ДТП. Відношення кількості ДТП до кількості водіїв (показник аварійності) у водіїв із стажем до 1 року складає 1,68, у досвідчених водіїв - 0,44. Тому логічне виникає потреба встановлення закономірності впливу досвіду водіїв на рівень аварійності. Подальша обробка даних показала, що вплив водійського стажу на рівень аварійності описується логарифмічними моделями. Крім того виявлено статистично значущий лінійний кореляційний зв'язок між вказаними факторами.

Аналіз досліджень, проведених вітчизняними та закордонними авторами [11-17] показує, що в основному вивчаються процеси виникнення ДТП, проте закономірності формування практичного досвіду водія не розглядаються. Проте існують результати досліджень з впливу аналогічних факторів на рівень надійності працівників інших спеціальностей.

Джейкоб Мінсер, який вважається засновником теорії сучасної економіки праці, встановив вплив професійного досвіду та віку робітників на їх рівень впрацевдатності [18]. Тому необхідно при проведенні дослідження оцінити вплив вказаних вище факторів на наявність між ними зв'язку та обґрунтувати вибір для включення до підсумкової математичної моделі. Висувається гіпотеза про вплив досвіду водія на рівень аварійності на автомобільних дорогах України. Для перевірки гіпотези було виконано пасивний експеримент.

Принцип проведення експерименту - збір статистичних даних по чисельній кількості потрапляння у ДТП водіїв із різним стажем водіння. Вихідні дані отримані з 24 регіонів від Департаменту патрульної поліції Національної поліції України та Національного інституту розвитку інфраструктури (НІРІ) Міністерства громад, територій та інфраструктури України.

Проведене дослідження встановило, що для характеристики водія з точки зору його віку та водійського стажу достатньо використовувати один критерій - водійський стаж. Його вплив на рівень безпеки руху адекватно описується логарифмічною моделлю. Отримані результати у подальшому будуть використані при побудові імітаційної моделі Водій-Автомобіль-Дорога-Середовище.

Список використаних джерел

1. Осташевський С. А. Надійність водія, та основні фактори, що її визначають / С. А. Осташевський // Науково-виробничий журнал №1 (231) січень-лютий 2013. С. 17-19.
2. Гюлев Н. У. Надійність діяльності водія в системі «людина - техніка - середовище» в умовах заторів руху на міських дорогах. автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.04 - ергономіка / Н. У. Гюлев. Харків : ХНУКГ ім. О. М. Бекетова. 2018. 24 с.
3. Поліщук В. П. Інформаційне забезпечення учасників дорожнього руху : навч. посібник / В. П. Поліщук, Н. Т. Кунда. Київ : ІЗМН, 1998. 132 с.
4. Системологія на транспорті / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін ; під заг. ред. М. Ф. Дмитриченка. Київ : Знання України, 2005. кн. 1: Основи теорії систем і управління. 344 с.
5. Meyburg A. H., Stopher P. R. Aggregate and dis aggregate travel demand models / A. H. Meyburg, P. R. // Stopher Transportation Engineering Journal ASCE. Proceeding American Society civil Engineers. 1975. Vol. 1001. № 2. P. 237-245.
6. Енглезі І. П. Ефективність координованого управління транспортними потоками: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.01 - транспортні системи / І. П. Енглезі. Київ : НТУ. 2004. 21 с.
7. Плачінта Д. Аналіз аварійності на транспорті України за 2020 рік / Міністерство інфраструктури України Директорат з безпеки на транспорті URL : <https://mtu.gov.ua/files/bezpeka> (дата звернення 11.04.2020).

8. Директива Європейського парламенту і Ради 2006/126/ЄС від 20 грудня 2006 року. Поточна редакція від 15.05.2015 р. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_002-06#Text (дата звернення 28.09.2024).
9. Як досвід водіїв впливає на кількість резонансних ДТП. URL: <http://www.kreschatic.kiev.ua/ua/3297/news/1431443716.html>. (дата звернення 04.12.2023).
10. Центр безпеки дорожнього руху та автоматизованих систем // Аварійність на автошляхах України. URL : <http://www.sai.gov.ua/ua/people/5.htm>. (дата звернення 14.12.2021).
11. Бесчастний В. М. Державна політика транспортної безпеки України: актуальні питання реалізації / В. М. Бесчастний, А. О. Собакарь // Віче. 2010. № 4. С. 2-5.
12. Сало О. М. Магнітні бурі та аварійність на дорогах / О. М Сало, Т. П. Сумарук, Л. І. Сопільник // Безпека дорожнього руху України: Науково-технічний вісник. К. : 2000. Вип. 3. С. 16-23.
13. Ткаченко А. Державне регулювання діяльності в галузі транспорту / А. Ткаченко // Вісник Національної академії державного управління при Президентові України. 2004. № 2. С. 271-277.
14. Транспортне право України : підруч. для студ. вищ. навч. закл. / М. Л. Шелухін, О. І. Антонюк, В. О. Вишнівецька та ін. ; за ред. М. Л. Шелухіна. К. : Вид. Дім «Ін Юре», 2008. 896 с.
15. Verrier Y. Characterization of exposure to extremely low frequency magnetic fields using multidimensional analysis techniques / Y. Verrier, M. Souques, F. Wallet // Bioelectromagnetics. 2005. Vol. 26. №. 4. P. 266-274.
16. Tabor Z. Influence of 50 Hz magnetic field on human heart rate variability: Linear and nonlinear analysis / Z. Tabor, J. Michalski, E. Rokita // Bioelectromagnetics. 2004. Vol. 25. № 6. P. 474-480.
17. Delhez M. No influence of 20 and 400 μ T, 50 Hz magnetic field exposure on cognitive function in humans / M. Delhez, J.J. Legros, M. Crasson // Bioelectromagnetics. 2004. Vol. 25. №. 8. P. 592-598.
18. Brozović D., Ladan T. Jacob Mincer // Hrvatska enciklopedija (хорв.) - LZMK, 1999. 272 с. ISBN 978-953-6036-31-8

Осинов Валентин Олександрович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комунального господарства Київського національного університету будівництва та архітектури

Valentyn Osypov – Candidate of Technical Sciences, Associate professor, Associate professor of the Department of Communal Economy, Kyiv National University of Construction and Architecture

УДК 629.113

Павленко В.М., Павленко В.М.

ЗАСТОСУВАННЯ АГЕНТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОТОКІВ НА ТРАНСПОРТІ

Агентні системи дозволяють ефективно моделювати динамічні транспортні потоки, адаптувати маршрути перевезень та зменшувати затримки в дорожньому русі.

Розглянуто принципи роботи агентних технологій, їхні переваги в управлінні транспортними системами, а також можливості використання штучного інтелекту для покращення процесів на транспорті.

Ключові слова: агентні технології, транспортна оптимізація, інтелектуальні транспортні системи, штучний інтелект.

Agent systems allow to effectively model dynamic traffic flows, adapt transportation routes and reduce traffic delays.

The principles of agent technologies, their advantages in managing transport systems, as well as the possibilities of using artificial intelligence to improve transport processes are considered.

Key words: agent technologies, transport optimization, intelligent transport systems, artificial intelligence.

На сьогоднішній день, у зв'язку зі зростаючою складністю та динамічністю сучасних систем, особливої значущості набуває прийняття ефективних управлінських рішень. Використання програмно-алгоритмічного забезпечення дозволяє оптимізувати цей процес завдяки проведенню багатокритеріального аналізу вихідних даних.

Світ навколо нас є багатограним і поєднує впорядкованість і хаотичність, організованість і дезорганізацію, стійкість і нестабільність. При цьому розгляд реальності з точки зору окремого об'єкта формує лише локальні, часткові та неточні моделі. Саме тому принцип координації та узгодження різних точок зору, характерний для сучасних організацій, стає основою для численних методів штучного інтелекту, зокрема у сфері проектування взаємодії штучних агентів, побудови мультиагентних систем та інтелектуальних організацій.

Мультиагентний підхід базується на концепції мобільного програмного агента, що виступає як комп'ютерна програма або елемент штучного інтелекту. Основна його функція – імітація дій людини для автоматизованого діагностування та обслуговування транспортного засобу на відстані. У разі виявлення несправності агент самостійно знаходить шляхи для її усунення.

Головною особливістю агента є його здатність функціонувати без втручання зовнішніх операторів, здійснюючи моніторинг внутрішніх процесів і власних дій. На відміну від традиційних адаптивних систем, агент володіє навичками навчання та логічного міркування. Це дозволяє йому розширювати базу знань, що підвищує ефективність знаходження рішень у змінному середовищі. Завдяки цьому агент може пропонувати декілька альтернативних варіантів вирішення проблеми та адаптуватися у випадку, якщо один із них виявиться неефективним.

Мультиагентний підхід передбачає не лише виконання дій окремими агентами, а й їхню взаємодію в мережі. Така організація роботи сприяє ефективному розподілу завдань між агентами, що дозволяє значно зменшити час, необхідний для діагностики та обслуговування транспортних засобів.

Агент являє собою програмно або апаратно реалізовану систему, яка має такі ключові характеристики:

- автономність – здатність функціонувати без безпосереднього втручання людини або інших комп'ютерних систем, контролюючи власні дії та внутрішні стани;

- соціальна поведінка – можливість взаємодії з іншими агентами чи людьми, обмін повідомленнями через спеціальні мови комунікації, інформування про несправності або інші непередбачувані ситуації;

- реактивність – здатність сприймати зовнішнє середовище (фізичний світ, мережу, інтерфейс користувача, інші агентні системи тощо) і відповідно реагувати на його зміни;

- цілеспрямована активність – можливість не тільки відповідати на зовнішні стимули, а й проявляти ініціативу, здійснюючи цілеспрямовану діяльність;

Застосування мультиагентного підходу є ефективним рішенням для швидкої та точної діагностики і технічного обслуговування автомобілів. Це зумовлено такими факторами:

- спільна робота агентів забезпечує оптимальне або максимально наближене до оптимального рішення поставленого завдання;

- розподіл завдань між агентами дає можливість значно скоротити час виконання операцій, що є однією з ключових вимог до методів їх реалізації.

Значущість мультиагентних систем (МАС) зумовлена зростаючою складністю сучасних організацій та систем, зниженням ефективності централізованого управління через високий обсяг різноспрямованих потоків інформації, неоднорідність та розподіл завдань. Важливу роль також відіграє необхідність адаптації керуючих систем до змінного середовища та розвиток сучасних обчислювальних технологій і програмного забезпечення.

Мультиагентна технологія – це відносно новий підхід у програмуванні, який використовує взаємодію великої кількості агентів для розв'язання складних задач та проблем, що потребують високої гнучкості й адаптивності системи.

Останнім часом все більше значення набуває розвиток інтелектуальних підходів до управління роботизованими системами, інтеграція механізмів контролю руху, навігації та діагностики функціонального стану.

Еволюція (МАС) відбувалася у два основні етапи:

- перший етап (1977 – початок 90-х років) – становлення концепції «розумних агентів» (smart agents). У цей період дослідження носили переважно теоретичний характер: вивчалися механізми переговорів між агентами (зараз ця область відома як «Negotiations»), координації їхньої діяльності, розподілу завдань та методів декомпозиції;

- другий етап (1990-ті – дотепер) – перехід до створення «інтелектуальних агентів» (intelligent agents). Дослідження цього періоду зосереджені на практичних аспектах, таких як розробка архітектури агентів, створення мов для опису сценаріїв їхньої взаємодії та інструментів проектування.

У підручниках із штучного інтелекту [1] пропонується класифікація агентів за рівнем їхньої інтелектуальності, яка охоплює всі типи агентних систем:

- прості рефлекторні агенти – виконують дії виключно на основі поточних сенсорних даних. Вони ефективні лише в повністю спостережуваних середовищах;

- рефлекторні агенти з моделлю – мають внутрішнє уявлення про неспостережувану частину середовища, зберігаючи історію попередніх станів і дій. Це дозволяє їм працювати у частково спостережуваних середовищах;

- цілеспрямовані агенти – крім внутрішньої моделі, такі агенти володіють інформацією про цілі та бажані результати, що визначає їхню поведінку;

- агенти, засновані на корисності – оптимізують свої рішення, використовуючи функцію корисності, яка дозволяє оцінювати та порівнювати різні можливі стани;

- агенти, що навчаються – можуть функціонувати в невідомих середовищах, поступово накопичуючи досвід і коригуючи свої стратегії для підвищення ефективності дій.

Сьогодні мультиагентні системи (МАС) виступають як об'єднання інтелектуальних агентів, що розміщені в окремих вузлах мережі. Вони здатні переміщуватись мережею в

пошуках актуальної інформації, знань і методів, при цьому координуючи свої дії для спільного прийняття рішень. У межах розвитку МАС виокремлюються кілька ключових напрямків:

- агентна теорія – зосереджується на формалізації та математичних методах опису логіки поведінки агентів і визначення бажаних характеристик;
- методи кооперації – вивчають організацію спільних дій агентів для колективного вирішення завдань;
- архітектура агентів і систем – визначає будову як окремих агентів, так і систем загалом;
- мови програмування для агентів – спеціалізовані мови для створення агентних рішень;
- комунікаційні засоби – інструменти та протоколи для обміну даними між агентами;
- механізми мобільності – забезпечують здатність агентів переміщуватися мережею

(рис. 1).



Рисунок 1 – Архітектурна модель мультиагентної системи

Попри широке застосування, єдиного визначення терміна «агент» досі не існує. Це пояснюється різними підходами до набору характеристик, які повинен мати агент: інтелектуальність, автономність, здатність до навчання, орієнтація в просторі, ініціативність, комунікаційність тощо.

Залежно від способу взаємодії між агентами, мультиагентні системи можуть бути:

- кооперативні – агенти діють у межах однієї системи без власних ресурсів;
- конкуруючі – незалежні агенти, які можуть співпрацювати для досягнення спільної мети, водночас змагаючись за ресурси;
- змішані – поєднують риси обох типів: конкуренція з можливістю співпраці між підсистемами.

Крім міжагентної взаємодії, у таких системах також реалізується можливість спілкування з користувачем [2]. Історично значущі розробки у сфері МАС з'явилися ще у 70-х роках XX століття, зокрема роботи Віктора Лессера і Дугласа Лената. Вони заклали основи майбутніх досліджень через створення концепції «дошки оголошень» для обміну повідомленнями між агентами.

У 1980-х роках Р. Сміт представив модель розподіленого вирішення задач, яку назвали «протокол контрактної мережі». Вона базувалася на принципах переговорів між незалежними агентами, а також імітувала ринкові торги між ними.

Новий етап розвитку МАС пов'язаний зі створенням системи DVMT (Distributed Vehicle Monitoring Test), яка аналізувала дорожню ситуацію. У цій системі агенти синхронізували свої дії на основі даних від сенсорів, формуючи узгоджене рішення щодо руху транспортних засобів.

Ключові очікування від розробки системи: система повинна дозволяти ефективно розв'язувати складні завдання з прогнозування та запобігання відмовам на початкових етапах, навіть в умовах невизначеності; забезпечення швидкої та адаптивної реакції на несподівані події; зниження складності та підвищення продуктивності праці персоналу; оптимізація запасів запчастин для забезпечення необхідного рівня надійності та підвищення ефективності робіт з технічного обслуговування та ремонту; прогнозування ймовірності виникнення, розвитку та наслідків відмов; досягнення економічної вигоди шляхом оптимізації стратегій технічного обслуговування.

Таким чином встановлено, що на сьогоднішній день агентно-орієнтовані технології набувають все більшого застосування для вирішення практичних завдань у різних сферах. Зокрема, це стосується таких напрямків, як розподіл задач, паралельне проектування продукції та створення програмних систем, інтелектуальний аналіз даних, семантичний пошук, реінжиніринг бізнес-процесів компаній і створення віртуальних організацій, моделювання інтегрованих виробничих систем, електронна комерція, організація роботи колективів роботів, підтримка великих логістичних мереж та адаптивне планування.

Основною метою створення таких систем є: передбачення та запобігання збоєм на ранніх стадіях, навіть в умовах невизначеності; швидка та адаптивна реакція на непередбачувані ситуації; зменшення складності та затрат часу на роботу персоналу; підвищення ефективності технічного обслуговування та ремонту, а також оптимізація запасів деталей для забезпечення необхідної надійності; прогнозування вірогідності можливих збоїв та їх розвитку; економія коштів шляхом оптимізації стратегії технічного обслуговування.

Список використаних джерел

1. Wooldridge M. Intelligent agents: Theory and Practice / M. Wooldridge, N. R. Jennings // Knowledge Engineering Review. – Jun 1995. – Vol 10. – № 2. – P. 115 – 152.
2. Briot J.-P. A Norm-Based Approach for the Modeling of Open Multiagent Systems / Briot J.-P., Felicissimo C., de Lucena C.J. Int. Conf. on Agents and Artificial Intelligence (Porto, Portugal, ICAART'09). – P. 540-546.

Павленко Віталій Миколайович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри композиційних конструкцій і авіаційного матеріалознавства Національного аерокосмічного університету "Харківський авіаційний інститут"

Павленко В'ячеслав Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Pavlenko Vitaliy – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at the Department of Composite structures and aviation materials, National aerospace university "Kharkiv aviation institute"

Pavlenko Vyacheslav – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Technical operation and service of cars department, Kharkiv National Automobile and Highway University

УДК 629.33

Павлюк В.І., Булік Ю.В., Дубицький О.С.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ З ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИМИ МОДУЛЯМИ В ОСНОВІ

Переваги і недоліки елементів Пельтьє, Зеебека визначили область застосування термоелектричних модулів на колісних засобах автомобільного транспорту.

Розглянуто підхід у моделюванні роботи обладнання КТЗ за умови адаптації характеристик моделей термоелектричних модулів.

Ключові слова: колісні транспортні засоби, автомобілі, обладнання, термоелектричні модулі, характеристики, моделювання.

The advantages and disadvantages of Peltier, Seebeck elements have determined the scope of application of thermoelectric modules on wheeled vehicles of motor transport.

The approach to modeling the operation of motor transport equipment is considered, provided that the characteristics of thermoelectric module models are adapted.

Key words: wheeled vehicles, cars, equipment, thermoelectric modules, characteristics, modeling.

Компактність, відсутність рухомих частин та робочих рідин, можливість роботи у режимах нагрівання чи охолодження дозволили реалізувати ряд енергоефективних пристроїв та систем з функціями охолодження, підігріву, генерування електричної енергії. Бортові системи енергопостачання автомобілів можуть забезпечити живлення постійним струмом, потрібної величини, Пельтьє елементи кондиціонерів, холодильних відсіків тощо. Високі теплові втрати двигунів внутрішнього згорання спонукали використовувати пристрої та системи для перетворення цієї енергії у інші види, зокрема електричну, використовуючи ефект Зеебека. Для такого перетворення використовуються термоелектрогенератори TEG (Thermoelectric Generator). Найбільш ефективними є високотемпературні збірки зі значною різницею робочих температур, що використовуються для відведення енергії з відпрацьованих газів. Дослідження та розробку TEG проводили автомобільні фірми, зокрема BMW, Toyota, Audi, GM, Scania та інші, використовуючи системи на автомобілях з двигунами внутрішнього згорання, гібридних конструкціях приводу та навіть на електромобілях.

Основними недоліками термоелектричних модулів, що гальмують широке їх впровадження, є низький коефіцієнт корисної дії та значна вартість. Однак функціональність модулів та наявність теплової енергії на транспортному засобі, що втрачається, вказує на перспективність проведення дослідження щодо використання термоелектричних модулів на автомобілях.

Якісні дослідження пристроїв та установок, що містять термоелектричні модулі, на сьогодні, можливо провести за допомогою спеціальних програмних комплексів, що містять моделі таких модулів. Деякі програми мають бібліотеки поширених модулів із закладеними характеристиками їх роботи. Інколи у програмі можливо коригувати дані таких модулів, а за потреби, для нових розробок, задавати параметри та характеристики їх роботи. На практиці реальні характеристики роботи модуля можуть не відповідати даним, що заявлені у технічній характеристиці. Для підвищення точності моделювання за допомогою комп'ютерної симуляції на початковому етапі розробки обладнання важливо провести експериментальні дослідження для уточнення характеристик термоелектричних модулів, що використовуватимуться під час комп'ютерного моделювання (рис. 1).

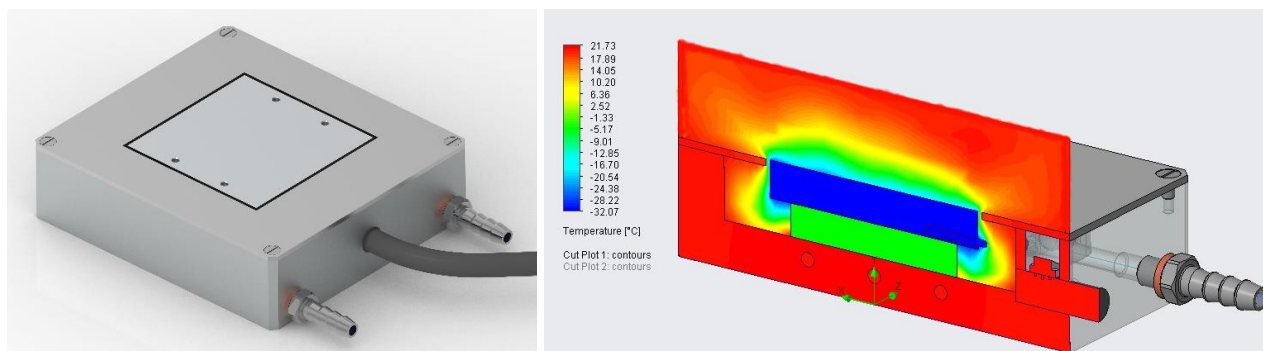


Рисунок 1 – Пристрій для визначення характеристик термоелектричного модуля та його модель

Використання моделей термоелектричних модулів у компоновках збірок розроблюваних пристроїв дозволяє отримати характеристики їх роботи для аналізу процесів, отримання розподілу температурних зон тощо, з метою подальшого удосконалення конструкції обладнання та поліпшення функціонування систем транспортних засобів.

Список використаних джерел

1. Thermoelectric modular systems based on semiconductor elements of Peltier-Seebeck for vehicles [Електронний ресурс]. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2061/1/012015/pdf>
2. Simulation for Designers Using Siemens Simcenter 3D and FloEFD [Електронний ресурс]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=nOc4VBIITj4&t=2139s>
3. Shah, R. K. and Seculik, D. P. Fundamentals of Heat Exchanger Design. Wiley: New York, 2003.

Павлюк Василь Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету

Булík Юрій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету

Дубицький Олександр Сергійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету

Vasyl Pavliuk – candidate of technical sciences, Assoc. Professor of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University

Yurii Bulik – candidate of technical sciences, Assoc. Professor of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University

Alexander Dubitsky – candidate of technical sciences, Assoc. Professor of Automobiles and Transport Technologies Department, Lutsk National Technical University

УДК 629.113

Паламарчук В.Л., Біліченко В.В.

**ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПРИМІСЬКИХ
МАРШРУТІВ НА ОРГАНІЗАЦІЮ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

У роботі розглядаються теоретичні передумови аналізу впливу приміських маршрутів на організацію міських пасажирських перевезень в умовах зростання потреби у маятникових перевезень та швидкій розбудові міст. Зроблено акцент на системному підході до транспортного планування, враховуючи взаємодію між приміськими та міськими транспортними пасажиро-потокми, а також особливості їх просторової інтеграції. Визначено ключові фактори впливу приміських маршрутів, зокрема дублювання маршрутної мережі, перевантаження транспортних вузлів та зміни у структурі пасажиропотоків. Проаналізовано роль інституційної координації та міжнародного досвіду, зокрема підходи інтегрованого планування на основі концепції SUMP. Зазначено необхідність застосування просторових моделей і симуляційного моделювання для формування ефективної, стійкої та збалансованої системи міської мобільності.

Ключові слова: приміські маршрути, міські пасажирські перевезення, транспортне планування.

The paper explores the theoretical foundations for analyzing the impact of suburban routes on the organization of urban passenger transportation in the context of growing demand for pendular commuting and rapid urban expansion. Emphasis is placed on a systemic approach to transport planning, considering the interaction between suburban and urban passenger flows as well as the specifics of their spatial integration. Key influencing factors of suburban routes are identified, including route network duplication, congestion at transport hubs, and changes in the structure of passenger flows. The role of institutional coordination and international experience is analyzed, particularly integrated planning approaches based on the SUMP (Sustainable Urban Mobility Plan) concept. The need to apply spatial models and simulation techniques is highlighted in order to develop an effective, sustainable, and balanced urban mobility system.

Key words: suburban routes, urban passenger transportation, transport planning

У сучасних умовах активної розбудови міст та децентралізації проблема ефективного функціонування транспортних систем стає особливо актуальною. Значне збільшення маятикового переміщення населення, посилення інтеграції між містом і передмістями, а також розширення меж забудованих територій зумовлюють необхідність детального аналізу впливу приміських маршрутів на організацію міських пасажирських перевезень.

Теоретичні основи такого аналізу базуються на принципах системного підходу до транспортного планування, які передбачають врахування структурної взаємодії між елементами транспортної мережі різного рівня. Особливої уваги заслуговує концепція транспортної взаємодії центр-периферія, яка пояснює природу транспортних зв'язків між центром міста та передмістям [2]. У цьому контексті приміські маршрути не можуть розглядатися ізольовано, оскільки вони виступають важливим чинником формування пасажиропотоків на міських маршрутах, а також впливають на розподіл транспортного навантаження, рівень доступності інфраструктури та якість перевезень.

Основними факторами впливу приміських маршрутів є:

- дублювання або часткове перекриття міських маршрутів;
- збільшення навантаження на вузлові пересадкові пункти;
- зміна структури попиту на міському транспорті;
- нерівномірність пасажиропотоків протягом доби;

- конкуренція між операторами різних форм власності та рівнів підпорядкування (державні, комунальні, приватні перевізники).

Згідно з дослідженнями Барановського Ю. С. (2018) [1], неконтрольоване зростання кількості приміських маршрутів без належної інтеграції з міською системою перевезень може призвести до хаотичного перерозподілу пасажиропотоків, погіршення показників регулярності руху, виникнення заторів у центральних районах та зниження ефективності всієї транспортної мережі.

Крім того, важливим аспектом є інституційна координація: відсутність спільної транспортної стратегії між міськими та приміськими адміністраціями ускладнює процес оптимізації маршрутної мережі. Теоретичні передумови подолання цього бар'єру пов'язані з підходами до інтегрованого транспортного планування, яке активно використовується в країнах ЄС (наприклад, концепція SUMP – Sustainable Urban Mobility Plans) [4].

Також необхідним є використання моделей просторового аналізу та прогнозування, зокрема методів гравітаційного моделювання, транспортної ентропії та симуляційного моделювання транспортних потоків, що дозволяють кількісно оцінити взаємний вплив приміських і міських маршрутів на різних рівнях [3].

Таким чином, теоретичні передумови визначення впливу приміських маршрутів охоплюють широкий спектр міждисциплінарних положень – від просторової економіки до транспортної інженерії. Їх систематизація та подальше практичне застосування дозволять сформувати інтегровану модель міської мобільності, що відповідатиме вимогам стійкості, доступності та ефективності.

Список використаних джерел

1. Барановський Ю. С. Вплив приміських пасажирських перевезень на міську транспортну систему. // *Транспортні системи та логістика*. – 2018. – №12. – С. 45–52.
2. Волошин О. І. Просторово-функціональна структура агломераційного транспорту. // *Міський транспорт і інфраструктура*. – 2020. – №4. – С. 27–35.
3. Бачинський В. В. Методи просторового моделювання в аналізі міських транспортних систем. // *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. – 2017. – №49. – С. 163–170.
4. European Commission. *Guidelines for Developing and Implementing a Sustainable Urban Mobility Plan (2nd edition)*. – 2021. <https://ec.europa.eu>

Паламарчук Володимир Леонідович — аспірант кафедри АТМ Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: konpalamar@gmail.com

Біліченко Віктор Вікторович — д-р техн. наук, професор, ректор, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: bilichenko.v@gmail.com

Palamarchuk Volodymyr Leonidovych – Postgraduate Student of the Department of ATM, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: konpalamar@gmail.com

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

УДК 621.43

Пашенко С.А., Сухонос Р.Ф.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАМІНИ КОМПЛЕКТУ РЕМЕНЯ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ ДВЗ НА ПРИКЛАДІ ДВИГУНА RENAULT K9K

З літературних джерел та технічної інформації автовиробників визначено особливості заходів технічного обслуговування, пов'язаних з заміною ремня та ланцюга газорозподільного механізму (ГРМ) на двигунах легкових автомобілів. На основі інструкції автовиробника та досвіду авторів розроблено удосконалену методiku заміни привідного ремня газорозподільного механізму дизельного двигуна Renault K9K автомобіля Renault Laguna 3.

Ключові слова: газорозподільний механізм, насос охолоджуючої рідини, привідний ремінь, інструмент, технічне обслуговування.

From literary sources and manuals of car manufacturers, general conditions for maintenance measures related to the replacement of the timing belt and timing chain on passenger car engines have been determined. Based on the car manuals and the authors' experience, an improved method for replacing the timing belt of the Renault K9K diesel engine of the Renault Laguna 3 car has been developed.

Key words: valvetrain, coolant pump, drive belt, maintenance, tool.

Одним з важливих етапів технічного обслуговування (ТО) двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) є заміна привідного ремня (або ланцюга) приводу механізму газорозподілу. Невчасне виконання даної складової ТО може призвести до небезпечних наслідків. Розтягування ланцюга, розрив ремня з подальшим проскакуванням через зуб привідної шестерні, розрив ремня може призвести (як мінімум) до зміщення фаз газорозподілу, а в більш складних випадках – до пошкодження клапанів, поршня, головки циліндрів, циліндра.

Виходячи з обсягу та складності робіт, заміна ремня ГРМ – одна з найбільш трудомістких процедур технічного обслуговування ДВЗ. Окрім заміни власне ремня, також замінюються ролики, заспокоювачі, елементи кріплення, привідний ремінь – залежить від конструкції двигуна. Також є доцільним виконати заміну насоса охолоджуючої рідини, якщо він приводиться у дію ремнем ГРМ. Процедура вимагає значного обсягу слюсарних робіт та наявності спеціального обладнання.

Згідно до регламентів проведення заходів ТО сучасних ДВЗ для легкових автомобілів, ремінь приводу ГРМ необхідно замінити кожні 60...180 тис. км. Окрім пробігу, також встановлюється граничний термін для заміни – зазвичай, 4...10 років [1].

Між замінами ремня, згідно регламенту, також виконується перевірка зовнішнім оглядом. У випадку виявлення замаслювання ремня, стертих зубців, наявних тріщин або порізів, розшаровування ремня, його заміна виконується достроково [2].

Зубчастий ланцюг приводу ГРМ необхідно замінити кожні 150...300 тис. км. На окремих моделях ДВЗ ланцюг має відпрацювати весь моторесурс двигуна без заміни [1].

Вартість роботи по заміні комплекту ремня ГРМ складає 500...8500 грн. (визначено в середньому за 13 моделями автомобілів різних марок). Згідно даних автовиробників, виконання заміни ремня ГРМ в комплекті з роликами складає 0,9...11 нормогодин; заміни насоса охолоджуючої рідини – 1,1...1,4 нормогодин.

Виконано заміну ремня приводу газорозподілу двигуна Renault K9K автомобіля Renault Laguna 3 liftback, який потребував заміни комплекту приводу ГРМ (за регламентом) та заміни водяного насоса, який мав сліди підтікання охолоджуючої рідини (рисунок 1). Основні етапи наведено далі [3].

Двигуни K9K (1,5 dCi) – це сімейство рядних чотирициліндрових 8-клапанних дизельних двигунів з турбонаддувом, спільно розроблених Nissan і Renault, а також Daimler AG (де він називається OM607). Турбокомпресори, які використовуються в цьому двигуні, надаються компаніями Garrett і BorgWarner. Двигун має робочий об'єм 1461 см³, діаметр циліндра 76 мм, хід поршня 80,5 мм. Система впорскування палива – безпосередньо в циліндр, типу Common Rail. Потужність двигуна складає від 64 к.с. до 115 к.с. Норми викидів шкідливих речовин – від Євро 3 до Євро 6. Цей двигун встановлюється на такі марки автомобілів як Renault, Dacia, Nissan, Suzuki, Mercedes-Benz.

Для заміни ремня приводу ГРМ потрібен спеціальний інструмент для фіксації розподільчого та колінчастого валів Alloid ФР-2045 (рисунок 2), комплект ключів та головок, запчастини та матеріали:

- ремінь приводу ГРМ 8200537033;
- натяжний ролик ремня приводу ГРМ 130704805R;
- водяний насос 210104393R;
- болт кріплення шківа колінчастого валу;
- ремінь приводу допоміжного обладнання 8200821813;
- натяжний ролик приводу допоміжного обладнання 000000736;
- охолоджуюча рідина 7711428132 X1;
- фіксатор різьбових з'єднань 992419;
- силіконовий герметик-прокладка 70-31414-20.



Рисунок 1 – Водяний насос зі слідами витіканням охолоджуючої рідини через дренажні отвори



Рисунок 2 – Набір фіксаторів валів двигунів Renault (Alloid ФР-2045)

Послідовність виконання робіт:

- підняти праву передню сторону автомобіля або весь автомобіль, якщо використовується автомобільний двостійковий підйомник;
- зафіксувати праву частину двигуна;
- зняти праве переднє колесо;
- зняти передню частину правого переднього підкрилка;
- зняти захист двигуна;
- зняти праву частину «брудового» захисту двигуна;
- злити охолоджуючу рідину у спеціальну ємність;
- зняти розширювальний бачок охолоджуючої рідини;
- зняти праву бічну подушку кріплення двигуна;
- зняти праву задню верхню подушку двигуна;
- зняти з блоку двигуна кронштейн кріплення правої бічної подушки двигуна;
- зняти ремінь допоміжних агрегатів (генератор, компресор кондиціонера);

- зняти демпферний шків ремня допоміжних агрегатів;
 - зняти натяжний ролик з натяжним механізмом ремня допоміжних агрегатів;
 - зняти верхню частину захисту ремню ГРМ;
 - зняти нижню частину захисту ГРМ;
 - приблизно виставити мітки валів колінчастого (рисунок 3), розподільчого (рисунок 4) та паливного насоса високого тиску (рисунок 4);
 - повернути колінчастий вал на 45° проти годинникової стрілки.
 - викрутити заглушку у передній частині блоку двигуна;
 - вкрутити у блок двигуна фіксатор колінчастого валу (рисунок 5);
 - без зусилля прокрутити колінчастий вал за годинниковою стрілкою до впирання шийки колінчастого валу у фіксатор;
 - встановити фіксатор розподільчого валу (рисунок 4);
 - перевірити мітки колінчастого, розподільчого валів та паливного насоса високого тиску (рисунок 3, 4);
 - зняти ремінь ГРМ та натяжний ролик;
 - зняти задню частину захисного кожуха механізму газорозподілу;
 - зняти насос охолоджуючої рідини.
- Далі встановлюється усе в зворотній послідовності, враховуючи наступні вимоги:
- нанесення герметика на ущільнення насоса охолоджуючої рідини не допускається;
 - болти кріплення ролику та шківів колінчастого валу замінюються на нові;
 - всі болтові з'єднання закручуються за допомогою динамометричного ключа згідно до інструкції;
 - на деякі болти наносять хімічний фіксатор різьбових з'єднань середньої фіксації згідно з інструкцією;
 - ремінь ГРМ встановлюється суворо стрілками в сторону обертання двигуна (за годинниковою стрілкою);
 - контроль натяжки ремня ГРМ виконується за рахунок прокручування за годинниковою стрілкою механізму натяжного ролику та співпадиння міток на ньому (рисунок 6).



Рисунок 3 – Мітка колінчастого валу

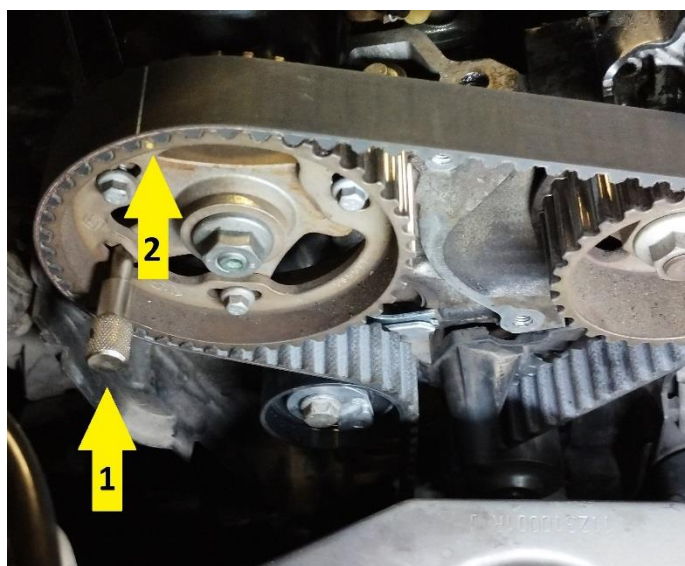


Рисунок 4 – Встановлений фіксатор розподільчого валу (1), мітки розподільчого валу (2) та паливного насоса (3)



Рисунок 5 – Встановлений фіксатор колінчастого валу

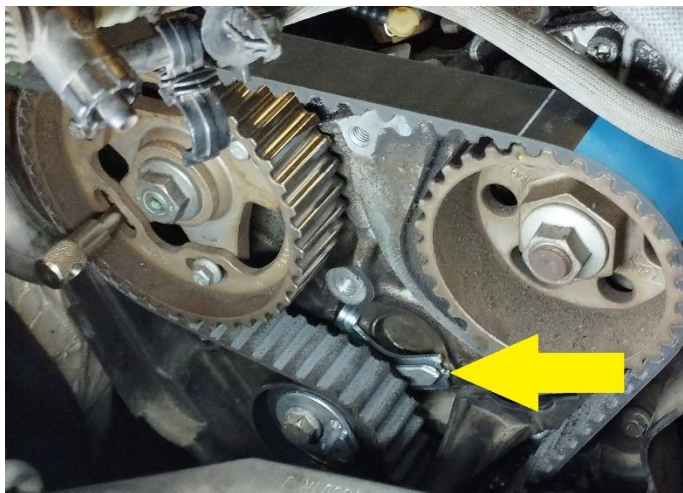


Рисунок 6 – Мітка механізму натяжного ролику

Моменти затяжки деталей при складанні:

- болт кріплення натяжного ролику ремня приводу ГРМ – 27 Н·м;
- ролик ремня привода допоміжних агрегатів – 40 Н·м;
- болт кріплення натяжного ролика ремня приводу ГРМ – 27 Н·м;
- болти кріплення маточин зубчастого шківів розподільного валу – 14 Н·м;
- болт кріплення шківів колінчастого валу – $120 \text{ Н·м} + 95^\circ \pm 15^\circ$;
- пробка отвору під фіксатор ВМТ – 25 Н·м.

Висновки. Авторами виконано заміну комплекту привідного ремня ГРМ та водяного насоса дизельного двигуна Renault K9K за удосконаленою методикою, яка за рахунок меншої кількості слюсарних операцій менш трудомістка, ніж запропонована заводом-виробником.

Список використаних джерел

1. Carprice. Автомобільний блог // Carprice: site. URL: <http://carprice.kharkov.ua>
2. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. Київ : Либідь, 2018. 400 с.
3. Renault Laguna III Manual // Manualslib : site. URL: www.manualslib.com/manual/1584594/Renault-Laguna-Iii.html#product-Laguna%20III

Пащенко Сергій Анатолійович – магістр, викладач спеціальних дисциплін Відокремленого структурного підрозділу «Токмацький механічний фаховий коледж Національного університету «Запорізька політехніка»

Сухонос Роман Федорович – магістр, старший викладач кафедри «Автомобілі, теплові двигуни та гібридні енергетичні установки» транспортного факультету Національного університету «Запорізька політехніка»

Pashchenko Serhii – Master, teacher of special disciplines, Separate Structural Department "Tokmatsky Mechanical Vocational College of the National University "Zaporizhzhia Polytechnic"

Sukhonos Roman – Master, senior teacher of Department of Automobiles, Heat Engines and Hybrid Power Plants, Faculty of Transport, National University "Zaporizhzhia Polytechnic"

УДК 629.3:004.8

Петрюк Ю.І., Артюх О.М.

ПЕРСПЕКТИВИ РОБОТИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ: ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ТА ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ У СУМІЖНОСТІ З АГРАРНИМ СЕКТОРОМ

У статті розглядаються перспективи роботизації автомобільного транспорту з акцентом на технічні аспекти та інноваційні рішення, що мають спільні риси з технологіями аграрного сектору. Актуальність теми обумовлена необхідністю підвищення ефективності транспортних систем, безпеки руху та продуктивності сільськогосподарських операцій. Проаналізовано сучасні системи автоматизації, навігації та сенсорних технологій, їх схожість і потенціал для суміжних галузей.

Ключові слова: роботизація, автомобільний транспорт, сільське господарство, автоматизація, навігація, сенсори, безпека, ефективність.

The article explores the prospects of robotization in automotive transport, focusing on technical aspects and innovative solutions that share common features with agricultural sector technologies. The relevance of the topic is driven by the need to enhance the efficiency of transport systems, road safety, and agricultural productivity. Modern automation, navigation, and sensor technologies are analyzed, highlighting their similarities and potential for adjacent industries.

Keywords: robotization, automotive transport, agriculture, automation, navigation, sensors, safety, efficiency.

Сучасний розвиток автомобільного транспорту та сільського господарства вимагає впровадження інноваційних технологій для підвищення ефективності, безпеки та зниження залежності від людського фактору. Роботизація транспортних засобів і машинно–тракторних агрегатів (МТА) є перспективним напрямом, який об'єднує ці галузі через схожість технічних рішень. У транспортній логістиці автоматизація оптимізує доставку вантажів, а в аграрному секторі – точність обробітку полів і збирання врожаю. Актуальність теми зумовлена глобальними викликами: зростанням попиту на продукти харчування та необхідністю швидкого й безпечного транспортування, що потребує інтеграції передових технологій у суміжних сферах. Метою дослідження є аналіз технічних аспектів роботизації автомобільного транспорту, систематизація інноваційних підходів і виявлення їхньої схожості з аграрними технологіями для визначення перспектив розвитку.

Першим завданням є аналіз сучасних технологій автоматизації, спільних для автомобільного транспорту та сільського господарства. Системи автоматизованого управління, такі як електронні блоки управління (ЕБУ), пропорційно–інтегрально–диференційні (PID) контролери та програмовані логічні контролери (PLC), застосовуються в обох галузях. У вантажівках ЕБУ регулюють режими двигуна залежно від навантаження, підвищуючи ККД до 35–40% (проти 25–30% у традиційних системах), тоді як у тракторах вони оптимізують витрати палива під час обробітку ґрунту. Навігаційні системи GNSS із RTK–корекцією забезпечують точність позиціонування до 1–2 см, що критично для автономного водіння в логістиці та точного землеробства. Сенсори (ультразвукові, оптичні, LiDAR) моніторять дорожні умови для транспорту й стан поля для МТА, демонструючи універсальність цих рішень.

Другим завданням є порівняння зарубіжного досвіду роботизації в обох секторах. У ЄС автономні вантажівки, такі як Mercedes–Benz Future Truck, і роботизовані трактори John Deere 8R використовують системи автоматичного водіння (AutoTrac), інтегруючи GNSS і камери з похибкою до 1 см. У США платформи типу Nuro для логістики та AgBot для сільського

господарства застосовують штучний інтелект для аналізу умов через інфрачервоні сенсори й камери високої роздільної здатності. В Україні частка автоматизованої техніки в обох галузях не перевищує 10%, що вказує на спільний виклик – потребу в модернізації парку техніки та інфраструктури.

Третім завданням є систематизація технічних аспектів, що об'єднують роботизацію в цих галузях. Системи управління рухом на базі PID-контролерів стабілізують швидкість і траєкторію з частотою оновлення 10–20 Гц як для вантажівок, так і для тракторів, адаптуючись до змінних умов (дорожнє покриття чи тип ґрунту). Навігація з RTK-корекцією підвищує точність, але її ефективність залежить від стабільного сигналу, що є проблемою для віддалених регіонів України в обох секторах. Сенсори тиску в гідравлічних системах оптимізують навантаження на транспорті й глибину обробітку в МТА, а датчики вологості адаптують операції до умов середовища, зменшуючи витрати палива на 10–15%.

Аналіз показує, що роботизація підвищує ефективність і безпеку в обох галузях: у транспорті зменшує аварійність на 20–25% і час доставки на 15–20%, у сільському господарстві – втрати ресурсів на 5–7% і витрати палива на 10–15%. Схожість технічних рішень (GNSS, сенсори, системи управління) дозволяє переносити досвід між секторами, наприклад, адаптувати логістичні алгоритми для перевезення врожаю чи аграрні сенсори для моніторингу дорожніх умов. В Україні впровадження таких технологій стримується застарілим парком техніки (понад 60% машин старше 15 років) і слабкою інфраструктурою, що є спільним бар'єром для обох галузей і потребує подальшого вивчення.

Таким чином, роботизація автомобільного транспорту та аграрної техніки спирається на спільні принципи інтеграції систем управління, навігації та сенсорів. Ця суміжність відкриває перспективи для обміну технологіями, що може прискорити модернізацію транспортних систем і аграрного сектору України, підвищуючи їхню конкурентоспроможність на глобальному рівні.

Список використаних джерел

1. John Deere. Precision Ag Technology [Електронний ресурс] / John Deere. – Режим доступу: <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/>. – Дата звернення: 16.03.2025.
2. Carbon Robotics. LaserWeeder [Електронний ресурс] / Carbon Robotics. – Режим доступу: <https://carbonrobotics.com/>. – Дата звернення: 16.03.2025.
3. Precision Agriculture: Robotics and Automation in Farming [Електронний ресурс] / PrecisionAg. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/341874835_Precision_Agriculture_and_Robotics. – Дата звернення: 16.03.2025.
4. Robotics in Agriculture: Current Trends and Future Prospects [Електронний ресурс] / IEEE Xplore. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9876543>. – Дата звернення: 16.03.2025. – DOI: <https://doi.org/10.1109/AGROTECH.2023.9876543>.
5. Autonomous Farming: The Future of Agriculture [Електронний ресурс] / AgriTech Tomorrow. – Режим доступу: <https://www.agritechtomorrow.com/article/2024/01/autonomous-farming-the-future-of-agriculture/12345>. – Дата звернення: 16.03.2025.
6. Western Growers. Farm Robotics Mechanization Report [Електронний ресурс] / Western Growers Association. – Режим доступу: <https://www.wga.com/innovation/>. – Дата звернення: 16.03.2025.
7. Robotics in Agriculture [Електронний ресурс] / AgriTechTomorrow. – Режим доступу: <https://www.agritechtomorrow.com/category/robotics/>. – Дата звернення: 16.03.2025.
8. FarmWise. Intelligent Agricultural Robots [Електронний ресурс] / FarmWise. – Режим доступу: <https://farmwise.io/>. – Дата звернення: 16.03.2025.

9. Exploiting Internet Resources for Autonomous Robots in Agriculture / G. Carabin, F. Mazzetto // MDPI Agriculture. – 2023. – Vol. 13, № 5. – P. 1005. – URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/5/1005>. – Дата звернення: 16.03.2025. – DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13051005>.

Петрюк Юрій Іванович – аспірант кафедри автомобілів, теплових двигунів та гібридних енергетичних установок НУ «Запорізька політехніка»

Артюх Олександр Миколайович – к.т.н., доцент, в.о. зав. кафедри автомобілів, теплових двигунів та гібридних енергетичних установок НУ «Запорізька політехніка»

Petriuk Yurii – Postgraduate student of the Department of Automobiles, Heat Engines and Hybrid Power Plants, National University «Zaporizhzhia Polytechnic»

Artyukh Oleksandr – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Department of Automobiles, Heat Engines and Hybrid Power Plants, National University «Zaporizhzhia Polytechnic»

УДК 37.035

Пікула М.В.

ІНФОРМАЦІЙНІ КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ

Розглянуто питання застосування інформаційних комп'ютерних технологій в процесі конструкторсько-технологічної підготовки майбутніх інженерів.

Ключові слова: інженерна діяльність, конструювання, проектування, графо-геометрична підготовка, нарисна геометрія, інженерна графіка, комп'ютерна графіка.

The issue of using information and computer technologies in the process of design and technological training of future engineers is considered.

Keywords: engineering activities, construction, design, grapho-geometric training, descriptive geometry, engineering graphics, computer graphics.

Розробка технічної системи – найбільш складний процес в її життєвому циклі з точки зору забезпечення якості цієї продукції. Саме на цій стадії життєвого циклу закладається рівень якості продукції, який потім забезпечується у виробництві, підтримується, проявляється і реалізується в експлуатації або споживанні. З розробкою і створенням технічних систем тісно пов'язана з інженерною діяльністю. А основною складовою будь-якої інженерної діяльності є конструкторсько-технологічна компетентність фахівця. І в цьому важливу роль відіграє його інформаційна грамотність, яка повинно стати основою сучасного випускника вишу.

Конструкторсько-технологічна підготовка майбутнього фахівця інженерного профілю – це процес формування знань, умінь, навичок основ і особливостей конструювання виробів, проектування технологічного процесу виготовлення деталей, інструментів і технологічного спорядження. Задачею сьогодення все ширше стає складання програмних продуктів, які використовують при автоматизованому проектуванні технологічних процесів виробництва і розробці керуючих програм механічної обробки деталей.

Конструкторсько-технологічна компетентність майбутніх інженерів закладається в процесі вивчення відповідних дисциплін, дисциплін, у курсовому проектуванні, науково-дослідній роботі студентів, при підготовці бакалаврської та магістерської роботи.

Так, майбутній фахівець інженерного профілю повинен уміти:

- визначати мету і задачі проекту;
- аналізувати поставлену технічну задачу;
- здійснювати обґрунтований вибір проектних рішень;
- розробляти ескізи і робочі креслення;
- проводити техніко-економічні розрахунки;
- розробляти технічну документацію;

Невід'ємною частиною підготовки інженерних кадрів є графо-геометрична підготовка, до якої на сучасному етапі розвитку науки і техніки з'явилися нові вимоги, зокрема - володіння комп'ютерною графікою на високому рівні.

На наш погляд, успішне рішення цієї задачі може бути досягнуте при переході до ширшого використання в навчальному процесі інформаційних технологій. Тому є необхідною потреба в створенні нових ефективних технологій навчання у вищих навчальних закладах з професійним використанням систем автоматизованого проектування (САПР).

Основною рисою сучасної графо-геометричної підготовки є 3D-моделювання, яке суттєво підвищує продуктивність і якість моделювання, його варіативність та наочність. На

всіх стадіях життєвого циклу виробів присутні інформаційні моделі, до числа яких входять 3D геометричні моделі. А за потреби 3D-модель перетворюється в 2D-модель, тобто креслення виробу.

В основі проектування лежить тривимірна геометрична модель – математичний опис структури виробу і геометричних характеристик його елементів. А електронним втіленням цієї моделі стає електронна модель (каркасна, поверхнева або твердотільна), яка по суті представляє набір даних, що однозначно визначають форму, структуру і розміри виробу. Саме електронна модель відіграє роль першоджерела на всіх етапах життєвого циклу виробу, зберігається в базі даних проекту і забезпечує вирішення інженерних завдань при проектуванні, виробництві, експлуатації і утилізації. Тим самим вирішується завдання створення інформаційно-графічної основи для впровадження системи Product Lifecycle Management (PLM) – технології управління життєвим циклом виробу, яка з кожним роком стає все актуальнішою в сучасному світі техніки та технологій.

Для реалізації графо-геометричної підготовки дисциплін входять такі дисципліни:

- фундаментальна – нарисна геометрія (теорія геометричного моделювання);
- прикладна – інженерна графіка;
- технологічна – комп'ютерна графіка.

Студенти першого курсу ще не готові відразу приступити до вивчення комп'ютерної графіки, оскільки не мають достатніх знань з формоутворення деталей та оформлення зображень. Тому основну роль тут відіграють нарисна геометрія та інженерна графіка.

Нарисна геометрія є наукою про побудову конструктивних моделей просторів, тобто таких моделей в яких, на відміну від аналітичних моделей, елементи простору відображаються графічними образами. Її основне завдання – розробка теорії, методики, алгоритмів побудови геометричних моделей об'єктів, явищ, технологічних процесів. А основне завдання інженерної графіки – побудова і оформлення зображень відповідно до стандартів, а також створення технічної документації. Ця навчальна дисципліна ідеально інтегрується в комп'ютерні технології і передбачає можливість широкого використання інтерактивних дидактичних засобів, автоматизованих навчальних систем, мультимедійних засобів представлення інформації, тестового контролю.

Студенти другого та старших курсів уже більше підготовлені до вивчення комп'ютерної графіки, основним завданням якої і є побудова 3D-моделей і оформлення технічної документації в САПР. Аналіз способів створення твердотільних моделей в сучасних САПР, таких як AUTOCAD, Solid Works, Pro/Engineer та інших дозволяє говорити про можливість створення єдиного алгоритму твердотільного моделювання – залежно від геометрії деталі [1].

При виборі САПР доцільно враховувати такі вимоги:

- перспективність і інноваційність використовуваних інформаційних технологій;
- поширеність та конкурентоспроможність на світовому і вітчизняному ринках;
- адаптованість до вітчизняних нормативних документів (ДСТУ, СНІП тощо);
- наявність розгалуженої дилерської, системної і навчальної мережі в країні;
- цінова політика компанії-розробника;
- завдання, що стоять перед майбутніми випускниками (бакалаврами і магістрами) та їх професійними компетенціями.

Використання комп'ютерних технологій дає можливість інтенсифікувати навчальний процес за рахунок підвищення зацікавлення до навчання, активного засвоєння навчальних дисципліни та можливість студентам використовувати отримані знання при виконанні графічних завдань в індивідуальних розрахункових роботах.

Автором впродовж декількох років аналізуються знання комп'ютерної графіки студентами спеціальностей «Машинобудування» та «Автомобільний транспорт» і їх застосування при вивченні таких дисциплін як «Технологічні основи машинобудування» та «Основи технології виробництва і ремонту автомобілів».

Отримані результати підтверджують причинно-наслідковий зв'язок між вивченням САПР і формуванням графічної компетентності студентів, яка виражається у володінні сучасними засобами автоматизованого проектування, наявністю стійкої мотивації до використання засобів сучасних комп'ютерних технологій, володінням уміннями, що забезпечують ефективність професійної діяльності в умовах сучасного конкурентного середовища, творчої спрямованості у навчанні. Важливим чинником сформованості графічної компетентності є здатність вибирати засоби використання в процесі вивчення різних дисциплін і при вирішенні професійно орієнтованих завдань у курсовому і дипломному проектуванні.

Про позитивну динаміку зміни рівнів графічної компетентності свідчать і результати виконання студентами різних практичних завдань.

Так, на сьогоднішній день всі студенти другого курсу спеціальності «Машинобудування» при розробці технологічного процесі виготовлення деталі (навчальна дисципліна «Технологічні основи машинобудування») використовують САПР Solid Works. У цьому графічному середовищі вони виконували робочі креслення заданої деталі та проектованої заготовки, операційні ескізи технологічних операцій тощо [2].

Студенти четвертого курсу спеціальності «Автомобільний транспорт» широко використовують САПР AUTOCAD і Solid Works у процесі виконання практичних робіт при вивченні дисципліни «Основи технології виробництва і ремонту автомобілів».

Тим не менше, далеко не всі з опитаних студентів усвідомлюють професійну значущість вивчення графічних дисциплін. Наприклад, значна частина студентів вважає знання інженерної графіки бажаним, але для тих, хто своє майбутнє професійну пов'яже з інженерним проектуванням. Проте темпи глобалізації, взаємопроникнення, інтеграції різних галузей сучасного виробництва такі, що можна з упевненістю прогнозувати – не за горами той час, коли фахівець з вищою інженерною освітою без уміння отримувати інформацію і інтерпретувати її в графічному вигляді просто може виявитися професійно неспроможним.

Список використаних джерел

1. Козяр М.М., Фещук Ю.В., Парфенюк О.В. Комп'ютерна графіка: SolidWorks: навчальний посібник / М.М. Козяр, Ю.В. Фещук, О.В. Парфенюк. Херсон : Грінь Д.С., 2024. 249 с.
2. М.В.Пікула. Технологічні основи машинобудування. Рівне : НУВГП, 2008. 190 с

Пікула Микола Веніамінович – старший викладач кафедри автомобілів та автомобільного господарства Національного університету водного господарства та природокористування

Mykola Pikula – Senior Lecturer at the Department of Automobiles and Automotive Engineering of the National University of Water Management and Environmental Management

УДК 621.42+621.41.

Погорлецький Д.С., Грицук І.В., Худяков І.В.

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ТЕХНІЧНІЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Складовою дослідження є саме аналіз застосування інформаційних систем і транспортних технологій в технічній експлуатації різних видів транспортних засобів, з метою удосконалення систем управління організаціями і підприємствами, які застосовують інформаційні системи наразі. Розглянуто питання формування на транспорті інформаційних системи технологічної і організаційно-функціональної підтримки (в частині збору, аналізу та управління потоками різної інформації) процесів експлуатації засобів транспорту. Тобто, створюється можливість реалізовувати в практичній діяльності транспортні CALS / PLM-технології.

Ключові слова: транспортний засіб; інформаційні системи та технології; моніторинг; транспортні технології.

The study component is the analysis of the use of information systems and transport technologies in the technical operation of various types of vehicles. In order to improve the management systems of organizations and enterprises that use information systems at the moment. The issue of forming in the transport information system of technological and organizational-functional support (in terms of collecting, analyzing and managing flows of various information) of the processes of operation of vehicles is considered. That is, the opportunity is created to implement transport CALS / PLM technologies in practical activities.

Keywords: vehicle; information systems and technologies; monitoring; transport technologies.

Відомі три основні види інформаційних систем [1-6]: системи для зберігання попередньо структурованої інформації відповідного типу, введеної за стандартними шаблоном; системи для зберігання попередньо неструктурованої інформації різних типів; інформаційно-аналітичні системи, або системи, які призначені для зберігання і аналізу інформації (як правило, програмно орієнтованої), що зберігається (програмне забезпечення (ПЗ), таких як: Excel тощо).

Слід зазначити, що процеси управління на транспорті здійснюються циклічно і носять, відносно замкнутий характер [1-5]. Будь який цикл управління починається зі збору первинної інформації про стан об'єкта керування. На другому етапі отримана інформація аналізується і застосовується для прийняття відповідних рішень. Раніше на транспорті інформаційні системи і інформаційні технології використовувалися як правило для удосконалення існуючого документообігу. В роботах [1-6] детально розглянуто застосування інформаційних технологій у вигляді діючої системи автоматичної ідентифікації транспорту на маршруті, системи контролю руху і звичайної супутникової навігаційної системи. Завдання впровадження сучасних інформаційних технологій у ТЕА розглядалися в [1-6]. В даний час склався цілий спектр інформаційних систем (ІС), які плануються у використанні, в основному як зображено на схемі (рис. 1): автоматизовані інформаційні системи (АІС); інформаційні системи управління (ІСУ). Для слабоструктурованих задач стратегічного планування, на рівні управлінського та оперативного контролю використовуються ІСУ. Вони здійснюють можливість маніпулювання даними у системах управління базами даних і забезпечують не тільки пошук, але і обробку будь-якої вхідної інформації. Остаточне рішення в таких системах - приймає людина-оператор [4].

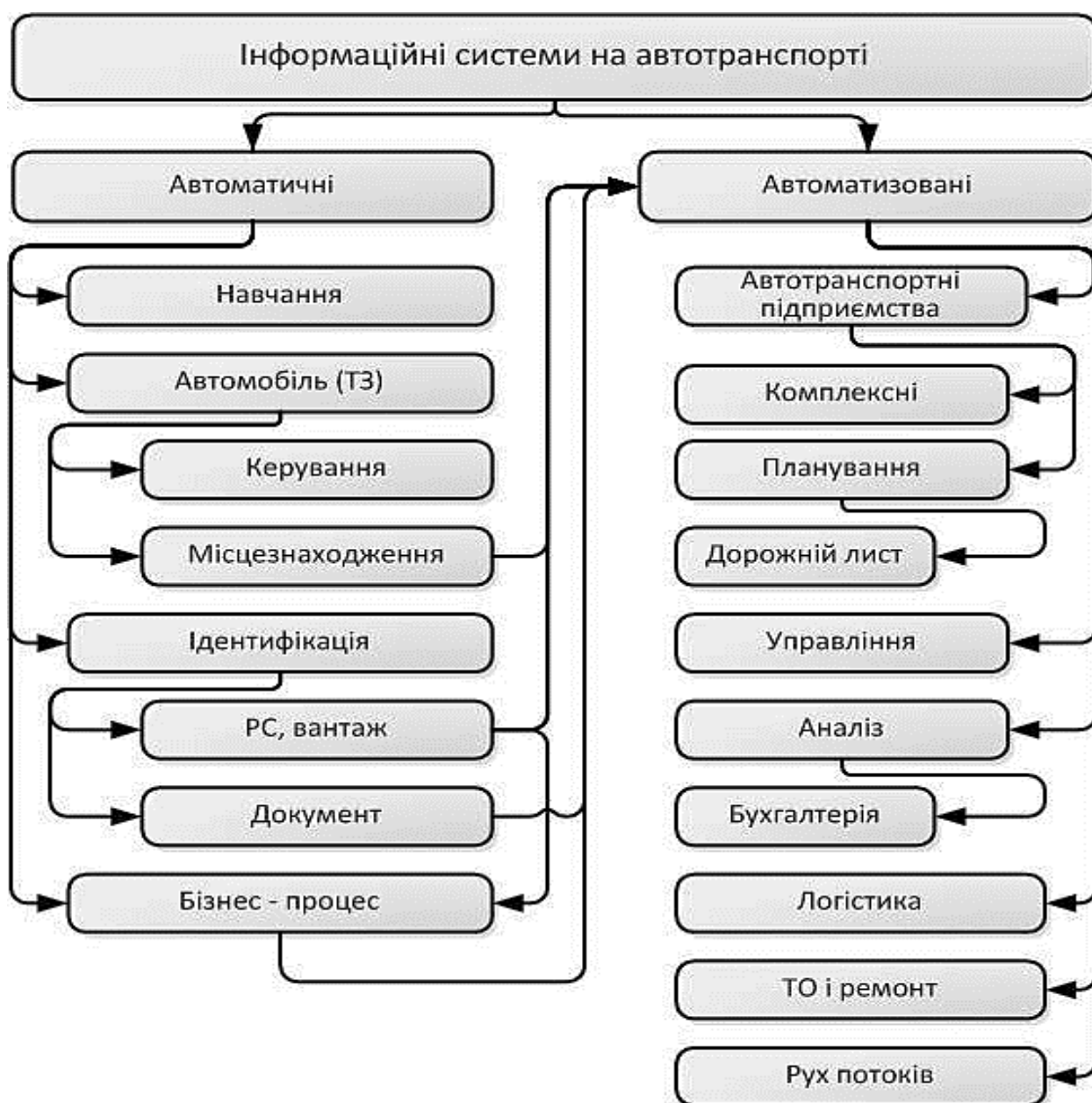


Рисунок 1 – Класифікація інформаційних систем на транспорті

Передовими інформаційними технологіями на транспорті є CASE-технології і стратегія CALS. Відомий термін CASE (Computer Aided Software Engineering) використовується в досить широкому змісті. Спочатку значення терміна CASE обмежувалось лише питаннями автоматизації розробки програмного забезпечення. Потім термін набув нового широкого змісту і охоплює процеси розробки в цілому складних ІС. Сьогодні поняття CASE-засобу включає в себе: засоби програмні, що підтримують процеси створення і супроводу ІС, в тому числі аналіз і формування основних вимог, проектування прикладного ПЗ і спеціальних БД, генерацію програмного коду, документування, тестування, конфігураційне управління та управління проектом, забезпечення якості програм тощо [4-6].

Сучасним прийомом для транспорту, саме в сфері контролю технічного стану ТЗ є створення сучасних інформаційних систем організаційно-функціональної підтримки процесів виробничої і технічної експлуатації ТЗ, за допомогою інформаційної інтеграції стадій життєвого циклу (ЖЦ) ТЗ і систем його технічного контролю. Однак, при практичному застосуванні вказаних рішень, зустрічаються суттєві інформаційно-технологічні і виробничі труднощі. Перша з них - це «закритість» для спеціалістів з ТЕА транспорту більшості сучасних

інформаційно-технологічних процесів, що здійснюються бортовими комп'ютерами транспортних засобів. Це обумовлено частковою або повною «недоступністю» спеціалістів з ТЕА транспорту і, перш за все, вільних механіків до «недоступної» інформації. Причина «недоступності» - це комерційні інтереси, як розробників і виробників комплектуючих, ПЗ і ТЗ. Друга з них - це наявність сучасних систем автоматичного і автоматизованого управління (САУ) робочими і технологічними процесами складових, вузлів і агрегатів РС, які конструктивно мають вбудовані засоби контролю, діагностики та сучасні засоби організаційно-функціональної підтримки процесів експлуатації ТЗ, з властивими їм, індивідуальними системами оперативного контролю технічного стану ТЗ, які розробляються для автономного функціонування. CALS/PLM-технології, як прийнято називати, інформаційна підтримка поставок і життєвого циклу (ЖЦ) продукції (або виробів), в тому числі транспортного призначення - це сучасний підхід до системного проектування, виробництва та експлуатації високотехнологічної й наукомісткої продукції, яка полягає у використанні сучасної комп'ютерної техніки і сучасних інформаційних транспортних технологій на всіх стадіях життєвого циклу виробів транспортного призначення.

У сфері транспортних компаній системне інтегроване інформаційне середовище CALS/PDM-технологій розпочинає тільки впроваджуватись. Можливо говорити, що сьогодні це сукупність мережевих електронних інформаційних засобів і систем у вигляді розподілених сховищ. Вони є гетерогенними, тому що використовують в своєму складі різноманітні види як обчислювальної так і інформаційної техніки для зберігання та обробки інформації; сучасні формати представлення баз даних; так і системи інтерпретації та обробки інформації тощо.

Прикладом може бути відома програма Torque, саме вона може розглядатися як основа сучасної «автомобільної» концепція FADEC. Вона представляє собою перший крок до системи FRACAS і, що дозволяє застосування, відповідно CALS/PLM-технологій, що призначені для отримання, відображення і розшифровування діагностичної інформації системи бортової самодіагностики ТЗ. Програма Torque в реальному часі відображає поточні параметри стану і роботи двигуна ТЗ, систем, вузлів і агрегатів ТЗ, отримувати, відображати і розшифровувати виявлені «коди помилок», «стирати» виявлені помилки з бортового електронного блоку управління (ЕБУ) ТЗ, автоматично відправляти значення величин технічних параметрів стану ТЗ, що контролюються датчиками (так звані «логи»), в створене інтегроване електронний інформаційний метапростір, де протягом певного часу (до півроку) можливо продивитись не тільки поточні значення контрольованих технічних величин у відповідний час, але і побачити на мапі руху, маршрут ТЗ за вказаний період [1-6].

Також значущими для CALS/PLM-технологій на транспорті є наступні електронні прикладні інформаційні системи:

- GPS-Trace Orange - надає на основі інформаційної системи моніторингу засобів транспорту «Wialon» послуги супутникового спостереження і контролю за положенням ТЗ, оснащеним трекером або будь-яким іншим комунікатором з модулем GSM, через Web-інтерфейс на комп'ютер [4-6];

- M2M (машинно-машинна взаємодія (Machine-to-Machine, Mobile-to-Machine, Machine-to-Mobile)) - створює технології, які дозволяють досить просто і надійно забезпечувати передачу даних між виділеними пристроями (smart devices), які представляють собою електронні машини, що здатні взаємодіяти між собою у просторі [6].

- СКРТ (Система контролю витрати палива) - представляє набір сучасних «інструментів» керування ТЗ. Принцип дії заснований на основі супутникової навігації моніторингу транспорту. Забезпечує контроль витрати палива, навантаження на осі ТЗ, часу роботи ТЗ та інші параметри експлуатації ТЗ [6];

- Teletrack - представляє собою спеціалізований програмно-апаратний комплекс для супутникового моніторингу. Складається з бортового сканера - комунікатора (контролер - комунікатор, датчики, що забезпечують відкриту архітектуру, масштабованість і гнучкість системи моніторингу під час експлуатації ТЗ), програмного забезпечення (серверного,

диспетчерського обладнання «Track Control»), що дозволяє інтегрувати дане рішення для моніторингу транспорту в будь-яку керуючу систему автотранспортного підприємства, вирішуючи складні і нестандартні задачі експлуатації засобів транспорту [1-6];

- Dynafleet® - шведська транспортно-інформаційна система для тягачів (наприклад, Scania), яка працює на всій території Євросоюзу автономно.

Висновок. Сукупність в транспортній сфері, традиційних експлуатаційних підприємств транспорту та абсолютно нових, вищезазначених утворень, в цілому створює електронні інформаційні системи та технології транспорту і формує, в цілому, абсолютно нові сучасні принципи технічної експлуатації транспортних засобів. Саме під одним з таких принципів і створюється адаптивна система підтримки технічного стану транспортних засобів. Базовим моментом її є розробка інформаційно-комунікаційної системи і накопичення інформації в базах прогнозних моделей експлуатації транспортних засобів. Це забезпечує дистанційне отримання поточної інформації від транспортних засобів шляхом моніторингу і її обробки, а також здійснення коригувальних впливів.

Список використаних джерел

1. Грицук І.В, Вербовський В.С., Адров Д.С. Підвищення ефективності використання палива стаціонарними та пересувними джерелами енергії. Авіаційно-космічна техніка та технологія. Харків: ХАІ, 2009. № 4 (61). С. 43-45.

2. Погорлецький Д.С. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників переобладнаних для роботи на газовому паливі транспортних засобів. Автореф. дис. канд.техн. наук за спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / Д.С.Погорлецький – Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, 2021. - С.20

3. Екологія та автомобільний транспорт: навчальний посібник/ Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д. В., Говорун А. Г. та ін. Київ : Арістей, 2006.292 с.

4. Грицук І.В, Худяков І.В, Погорлецький Д.С, Агеев М.С. Розробка моделі бази даних інформаційної системи моніторингу транспортного засобу. Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців: наук. пр. Міжнар. наук.-практ. конф., 27–29 жовт. 2021 р./Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т.–Харків, 2021.–С. 96–99.

5. Мігаль В.Д. Засоби інформаційних систем автомобіля: довід. посібник / Мігаль В.Д.. – Харків: Майдан, 2012. – 444 с.

6. Грицук І.В. Особливості моніторингу і визначення статусу несправностей транспортного засобу у складі бортового інформаційно-діагностичного комплексу / Грицук І.В., Комов А.П., Волков Ю.В. // Вісник Національного транспортного університету – К.: НТУ, 2014. – Випуск №30. – С. 51 – 62.

Погорлецький Дмитро Сергійович – к.т.н., доцент кафедри суднових технічних систем і комплексів, Херсонська державна морська академія, e-mail: dimon150582@gmail.com.

Грицук Ігор Валерійович – д.т.н., професор кафедри суднових технічних систем і комплексів, Херсонська державна морська академія, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net.

Худяков Ігор Валентинович – к.т.н., доцент кафедри суднових технічних систем і комплексів, Херсонська державна морська академія, e-mail: Igor.khudiakov563@gmail.com

Dmytro Pohorletskyi – Ph.D., Associate Professor of the Department of ship technical systems and complexes, Kherson State Maritime Academy, e-mail: dimon150582@gmail.com.

Igor Gritsuk – Dr.Sc. (Eng.), professor of the department of ship technical systems and complexes, Kherson State Maritime Academy, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net.

Igor Khudyakov – Ph.D., Associate Professor of the Department of ship technical systems and complexes, Kherson State Maritime Academy, e-mail: Igor.khudiakov563@gmail.com

УДК 629.017

Подригало М.А., Нікорчук А.І.

ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ КОЛОН З БЕЗПІЛОТНИМИ АВТОМОБІЛЯМИ

В статті визначено можливість збільшення пропускної здатності доріг за рахунок використання безпілотних автомобілів, що рухаються в складі колони з мінімально можливою дистанцією.

Ключові слова: автомобільна колона, безпілотний автомобіль, пропускна здатність доріг.

The article identifies the possibility of increasing road capacity through the use of unmanned vehicles moving in a convoy with the minimum possible distance.

Key words: convoy, unmanned vehicle, road capacity.

Результативність виконання завдань покладених на частинами і підрозділами Національної гвардії України залежить від часу, що витрачається на переміщення військ. Використання автомобільних колон з безпілотними автомобілями дозволяє зменшити час на переміщення військовослужбовців з початкового пункту до пункту призначення за рахунок зменшення довжини колони. Також, використання безпілотних автомобілів в колоні дозволяє підвищити енергоефективність застосування автомобільних колон за рахунок зменшення сумарних витрат енергії на рух автомобілів. Однак у відомих наукових дослідженнях не розглянуто питання підвищення пропускної здатності доріг при використанні безпілотних автомобілів.

Переміщення автомобільної колони з початкового положення у кінцеве повинно проходити за мінімальний час та при мінімальній припустимій за умов безпеки довжині колони, яка залежить від швидкості руху колони; оскільки дистанція між автомобілями залежить від гальмівного шляху та швидкості, що вказано [1].

Як визначено в попередніх дослідженнях [1] довжина автомобільної колони мало залежить від зміни швидкості руху, оскільки відстань між автомобілями не визначається гальмівним шляхом і швидкістю, а дорівнює тільки відстані запасу $l_3 = 5$ м. Використання безпілотних автомобілів дозволяє скоротити час проходження ділянок шляху невеликої довжини. Це дозволяє також скоротити довжину автомобільної колони чи збільшити кількість автомобілів при незмінній її довжині. Показано також [1], що керування безпілотними автомобілями в колоні найбільш ефективно при наявності комбінованого електромеханічного приводу ведучих коліс. В роботі [2] досліджено, що використання безпілотних автомобілів дозволяє підвищити енергоефективність застосування автомобільних колон. В роботі [2] запропоновані фізична і математична моделі виникнення додаткових витрат енергії двигуна; спричинені коливаннями відносних швидкостей руху автомобілів у колоні. Визначено умову, виконання якої забезпечує зниження додаткових витрат енергії двигуна у випадку використання безпілотних автомобілів у колоні.

В роботі [3] сформульовані поняття маневреності та керованості автомобільних колон. Під маневреністю автомобільної колони в роботі [3] розуміється сукупність властивостей маневреності автомобілів, що входять в колону та забезпечують зміну параметрів руху з необхідними точністю і швидкодією. Під керованістю автомобільної колони автори роботи [3] розуміють здатність автомобілів, що входять до колони, адекватно відпрацьовувати сигнал на зміну параметрів руху за мінімальний час. На наш погляд більш коректним визначенням керованості буде «адекватність відпрацювання сигналу на зміну параметрів руху за заданим часом».

В роботі [4] запропоновано спосіб визначення раціональної швидкості руху автомобільних колон та дистанції між автомобілями при русі через небезпечні ділянки доріг. В дослідженні [5;6] розроблений критерій оцінювання динамічних властивостей автомобілів, які знаходяться в колоні, та алгоритм вибору рухомого складу і порядку розміщення у колоні.

Поряд з цим, у відомих дослідженнях не розглянута можливість підвищення пропускної здатності автомобільних доріг шляхом використання автомобільних колон з безпілотними автомобілями, тому є необхідність у визначенні можливості підвищення пропускної здатності автомобільних доріг шляхом використання колон з безпілотними автомобілями.

Пропускна здатність автомобільної дороги [7] визначається наступною залежністю

$$N = 1000 \frac{V'}{T_v} \frac{\text{автомобілів}}{\text{година ряд}} \quad (1)$$

де V' – швидкість руху, км/год.;

T_v – інтервал між двома автомобілями в колоні, м.

При використанні системи одиниць СІ швидкість вимірюється в м/с. В цьому випадку рівняння (1) прийме вигляд

$$N = 3600 \frac{V'}{T_v} \frac{\text{автомобілів}}{\text{година ряд}}. \quad (2)$$

Інтервал між двома автомобілями в колоні

$$T_v = D + S_{T_i} + l_3, \quad (3)$$

де D – габаритна довжина автомобіля, м;

S_T – гальмівний шлях автомобіля, м;

l_3 – шлях запасу, $l_3 = 5$ м [6].

$$S_T = \frac{V^2}{2g\varphi}; \quad (4)$$

де V – швидкість руху колони, м/с;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с²;

φ – коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою;

Після підстановки залежностей (3) і (4) у рівняння (1) отримаємо

$$N' = 3600 \frac{V}{D + l_3 + V^2 / (2g\varphi)} \frac{\text{автомобілів}}{\text{година ряд}}. \quad (5)$$

При використанні безпілотних колон [6] гальмівний шлях S_T не враховується при визначенні інтервалу T_v і залежність (3) прийме вигляд

$$T_v = D + l_3. \quad (6)$$

Залежність (2) з врахуванням (6) для колони з безпілотними автомобілями має вигляд

$$N'' = 3600 \frac{V}{D + l_3} \frac{\text{автомобілів}}{\text{година ряд}} \quad (7)$$

Коефіцієнт зростання пропускної здатності при використанні в колоні безпілотних автомобілів

$$K_N = \frac{N''}{N'} = \frac{D + l_3 + \frac{V^2}{2g\varphi}}{D + l_3} = 1 + \frac{V^2}{2g\varphi(D + l_3)} = 1 + AV^2, \quad (8)$$

де A – коефіцієнт пропорційності,

$$A = \frac{1}{2g\varphi(D + l_3)}. \quad (9)$$

Для реальних значень параметрів, що входять в формулу (9), величина A знаходиться в межах [0,003; 0,006].

Аналіз залежності (5) показує, що N' на початку росту швидкості V також зростає, потім досягає максимуму, а потім зменшується [7].

Швидкість, при якій N' досягає максимуму може бути визначено за залежністю

$$V^* = \sqrt{2g\varphi(D + l_3)}. \quad (10)$$

При $V > V^*$ з ростом V пропускна здатність N' дороги для автомобільних колон без безпілотних автомобілів буде зменшуватись. На рис. 1 наведено графіки залежності $K_N(V)$ при можливих значеннях коефіцієнта A (див. залежність (8)). Аналіз графіків, які представлено на рис. 1, показує, що використання безпілотних автомобілів дозволяє підвищувати пропускну здатність дороги ($K_N \geq 1$) в усьому діапазоні збільшення швидкості руху колон.

Використання безпілотних автомобілів дозволяє зменшити шлях запасу l_3 практично до нуля ($l_3 \cong 0$). Вираз (7) в цьому випадку прийме вигляд

$$N'' = 3600 \frac{V}{D} \frac{\text{автомобілів}}{\text{година ряд}}, \quad (11)$$

а коефіцієнт A в залежності (8)

$$A = \frac{1}{2g\phi D}. \quad (12)$$

Залежність (8) при $l_3 = 0$ прийме вигляд

$$K_N = 1 + \frac{V^2}{2g\phi D}. \quad (13)$$

На рис. 2 наведено графік залежності $K_N(V)$ при швидкості руху автомобільної колони з безпілотними автомобілями $V = 16,7$ м/с (60 км/год) і $\phi = 0,8$.

Аналіз графіку, що наведено на рис. 2 показує, що при габаритній довжині автомобіля $D = 6$ м. коефіцієнт K_N зростання пропускну здатності дороги становить 4, а при $D = 2$ м. – 10. Таким чином, використання автомобільних колон з безпілотними автомобілями дозволяє підвищити пропускну здатність автомобільних доріг у декілька разів

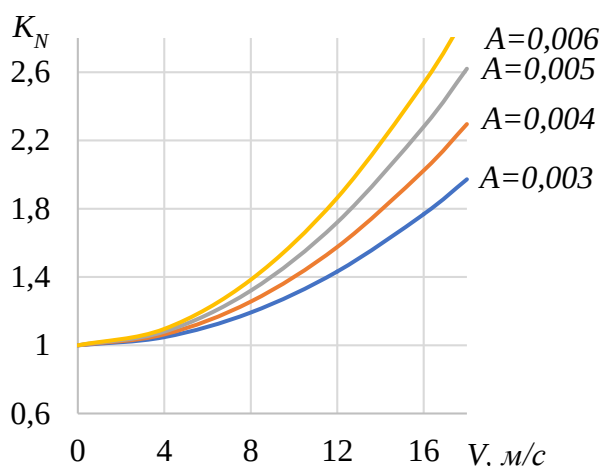


Рисунок 1 – Графіки залежності $K_N(V)$ від різних значеннях коефіцієнта A .

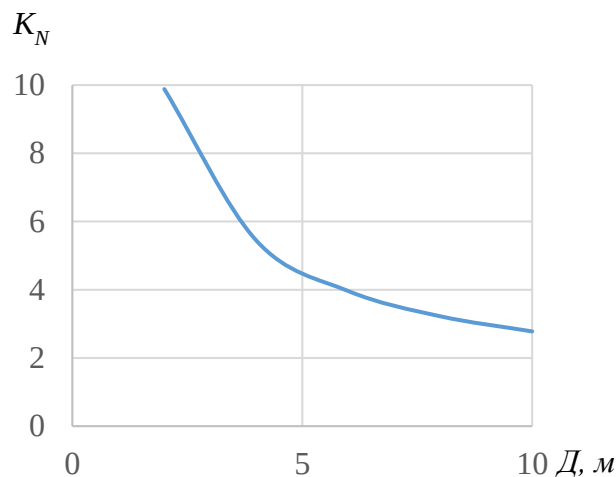


Рисунок 2 – Графік залежності $K_N(D)$ при $\phi = 0,8$; $V = 16,7$ м/с

Таким чином при використанні колон з безпілотними автомобілями можливим є зменшення дистанції між сумісними автомобілями до величини шляху запасу $l_3 = 5$ м. При цьому при максимальній швидкості руху $V = 20$ м/с (72 км/год) величина коефіцієнта K_N зростання пропускну здатності автомобільної дороги досягає 3. Використання безпілотних автомобілів дозволяє зменшити шлях запасу l_3 практично до нуля ($l_3 \cong 0$). В цьому випадку коефіцієнт K_N зростання пропускну здатності автомобільних доріг зростає (в залежності від габаритної довжини D) при швидкості руху 16,7 м/с (60 км/год) у 2 – 10 разів.

Список використаних джерел

1. Кайдалов Р.О. Наукові основи створення автомобілів з комбінованою енергетичною установкою: Автореф. дис... доктора технічних наук/ Харк. нац. автом. дорожн. ун-т. – Харків, 2018. – 40с.

2. Подригало М.А. Оцінка енергоефективності застосування автомобільних колон з безпілотними автомобілями/ М.А. Подригало, А.І. Нікорчук// Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України № 2 (38) 2021. с. 12-16.

3. Подригало М.А. Маневреність та керованість автомобільних колон внутрішніх військ МВС України. Визначення понять та критерії оцінювання / М.А. Подригало, Р.О. Кайдалов, А.І. Нікорчук // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. – 2012.– Вип. 2 (20). – С. 74 – 76.

4. Подригало М. А. Визначення раціональної швидкості руху військових автомобільних колон при подоланні небезпечної ділянки дороги / М. А. Подригало, В. В. Глущенко, Р. О. Кайдалов, А. І. Нікорчук // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. - 2015. - Вип. 1. - С. 26-30.

5. Подригало М. А. Раціональне шикування автомобільних колон внутрішніх військ за критерієм динамічності / М. А. Подригало, Д. В. Абрамов, А. І. Нікорчук // Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. - 2013. - Вип. 2. - С. 61-66.

6. Покращення тактико-технічних властивостей засобів транспорту при русі в колоні: монографія / Абрамов Д.В. [та ін.]; під ред. Подригало М.А., Полянського О.С. –Харків.: Нац. Акад. НГУ, 2017. –281 с.

7. Kraftfahrtmechanik Teil 1 Von Alfred Jante o. Prod., Direktor des Instituts Für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen. o. Mitalied der Deutschen Academie des Wissenschaften zu Berlin. B. G. TEUBNER VERLAGSGESELLSCHAFT LEIPZIG, 1955

Подригало Михайло Абович – доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник науково-дослідного центру Національної академії Національної гвардії України

Нікорчук Андрій Іванович – кандидат технічних наук, доцент, докторант докторантури та ад'юнктури Національної академії Національної гвардії України

Mykhailo Podrigalo – Doctor of Technical Sciences, Professor, chief researcher of the National Academy of the National Guard of Ukraine

Andriy Nikorchuk – candidate of technical science, associate professor, doctoral student National Academy of the National Guard of Ukraine

УДК 656.078

Поляков А.П., Мороз Л.В.

ОСОБЛИВОСТІ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНОГО ЛАНЦЮГА

Розглянуто особливості побудови мультимодальної організації логістичного ланцюга, визначено основні принципи функціонування інтермодальних і мультимодальних систем перевезень, обґрунтовано система критеріїв які використовуються при виборі виду транспортування, виду транспорту і логістичних посередників, доведено, що основним критерієм вибору виду транспорту і способу перевезення є транспортні витрати (разом з часом доставки), визначена процедура вибору перевізника (або декількох перевізників).

Ключові слова: логістичний ланцюг, мультимодальна система перевезень, технологія транспортування, час доставки, вибір перевізника

The article considers the peculiarities of building a multimodal organization of the logistics chain, defines the basic principles of functioning of intermodal and multimodal transportation systems, substantiates the system of criteria used in choosing a mode of transportation, a type of transport and logistics intermediaries, proves that the main criterion for choosing a mode of transport and a method of transportation is transportation costs (together with delivery time), and defines the procedure for choosing a carrier (or several carriers).

Keywords: logistics chain, multimodal transportation system, transportation technology, delivery time, carrier selection

Вступ. Сьогодні як ніколи актуальні завдання збільшення об'ємів перевезень, підвищення економічної ефективності діяльності численних вітчизняних вантажних і пасажирських перевізників і експедиторів. І не тільки на внутрішніх лініях. Як свідчить зарубіжний досвід, якісного «стрибка» в транспортній сфері можна досягти лише за рахунок використання нових технологій забезпечення процесів перевезень, що відповідають сучасним вимогам і високим міжнародним стандартам, зокрема, за рахунок розширення освоєння логістичного мислення і принципів логістики. Адже за своєю суттю транспортна логістика як нова методологія оптимізації і організації раціональних вантажопотоків, і обробки в спеціалізованих логістичних центрах дозволяє забезпечувати підвищення ефективності таких потоків, зниження непродуктивних витрат, а транспортникам - бути сучасними, максимально відповідати запитам все більш вимогливих клієнтів і ринку.

Результати дослідження. Сучасна логістична практика транспортування пов'язана зі все більшою експансією перевезень, здійснюваних одним експедитором (оператором) з одного диспетчерського центру і по єдиному транспортному документу (мультимодальні, інтермодальні, трансмодальні, А-модальні, комбіновані, сегментовані і інші). При інтермодальному перевезенні вантажовласник укладає договір на весь шлях проходження з однією особою (оператором). Оператором може бути, наприклад, експедиторська фірма, яка діючи на всьому протязі маршруту перевезення вантажу різними видами транспорту, звільняє вантажовласника від необхідності вступати у договірні відносини з іншими транспортними підприємствами.

Ознаками інтермодального (мультимодального) перевезення є:

- наявність оператора доставки від початкового до кінцевого пункту логістичного ланцюга (каналу);
- єдина крізна ставка фрахту;
- єдиний транспортний документ;
- єдина відповідальність за вантаж і виконання договору перевезення.

Основними принципами функціонування інтермодальних і мультимодальних систем перевезень є наступні:

- одноманітний комерційно-правовий режим;
- комплексний підхід до вирішення фінансово-економічних питань організації перевезень;
- максимальне використання телекомунікаційних мереж і систем електронного документообігу;
- єдиний організаційно-технологічний принцип управління перевезеннями і координація дій всіх логістичних посередників, що беруть участь в транспортуванні;
- кооперація логістичних посередників;
- комплексний розвиток інфраструктури перевезень різними видами транспорту.

При здійсненні мультимодальних перевезень за межі країни (при експортно-імпортних операціях) істотного значення набувають митні процедури оформлення («очищення») вантажів, а також транспортне законодавство і комерційно-правові аспекти перевезень в тих країнах, по яких проходить маршрут проходження вантажу.

У міжнародних мультимодальних перевезеннях принцип одноманітності комерційно-правового режиму передбачає:

- уніфікацію фізичного розподілу вантажів в частині транспортування;
- спрощення митних формальностей;
- впровадження стандартних комерційних вантажних і транспортних документів міжнародного зразка.

Велике значення в мульти- і інтермодальних перевезеннях має інформаційно-комп'ютерна підтримка транспортного процесу. Для інтеграції нашої країни в світовий інформаційний простір (у тому числі і у сфері транспортування) необхідне використання в логістичній мережі сучасних міжнародних стандартів електронного обміну даними EDI, EDIFACT, розвиток безпаперового електронного документообігу. Ключову роль для транспортування грають міжнародні телекомунікаційні мережі як комерційні (CompuServe, America Online, Relcom), так і некомерційні (Internet), супутникові системи зв'язку і навігації для транспортних засобів (INMARSAT-C, GPS і інші).

Останніми роками, технологія транспортування, особливо для мульти- і інтермодальних перевезень, пов'язана з використанням в логістичних ланцюгах і каналах вантажних терміналів і термінальних комплексів. Тому відповідні перевезення отримали назву термінальних перевезень.

Вибір виду транспортування, виду транспорту і логістичних посередників проводиться на основі системи критеріїв. До основних критеріїв при виборі способу перевезення і виду транспорту відносяться:

- мінімальні витрати на транспортування;
- заданий час транзиту (доставки вантажу);
- максимальна надійність і безпека;
- мінімальні витрати (збитки), пов'язані із запасами в дорозі;
- потужність і доступність виду транспорту;
- продуктова диференціація.

У витрати на транспортування входять як безпосередньо транспортні тарифи за перевезення певного об'єму вантажу (виконання певного об'єму транспортної роботи), так і витрати, пов'язані з транспортно-експедиційними операціями, вантаженням, розвантаженням, затарюванням, перевантаженням, сортуванням і тому подібне, тобто логістичними операціями фізичного розподілу, супроводжуваними транспортування вантажів. Як правило, транспортні витрати (разом з часом доставки) є основним критерієм вибору виду транспорту і способу перевезення.

Час доставки (транзитний час) є також як і витрати пріоритетним показником при альтернативному виборі, оскільки визначає сучасні логістичні концепції JIT, QR, DDT та інші,

де час грає ключову роль. З іншого боку, доставка вантажу в точно призначений термін свідчить (за інших рівних умов) про надійність вибраної схеми перевезення (перевізника і інших логістичних посередників). Крім того скорочення часу доставки часто дає фірмі істотні конкурентні переваги на ринку збуту товарів, забезпечуючи можливість впровадження стратегії продуктової диференціації.

Вибираючи відповідний вид транспорту, логістичний менеджер повинен враховувати показники потужності і доступності в сенсі провізних можливостей, техніко-експлуатаційних показників і просторової доступності транспорту.

Нарешті, важливою умовою вибору є забезпечення збереження вантажу в дорозі, вимог стандартів якості вантажу, міжнародних екологічних вимог.

Складність багатокритерійного підходу до даної проблеми вибору полягає в різнонаправленості критеріїв, різній розмірності, якісному характері багатьох показників.

Центральне місце серед багатьох логістичних процедур ухвалення рішень по транспортуванню займає процедура вибору перевізника (або декількох перевізників). Часто ця процедура довіряється логістичним менеджером транспортно-експедиційній фірмі, з якою у вантажовласника є давні сталі ділові відносини. При цьому експедиторів задаються певні характеристики вантажу, критерії і обмеження з перерахованих вище.

У тих випадках, коли логістичний менеджер самостійно вирішує проблему вибору перевізника, він повинен ґрунтуватися на певній схемі вибору, алгоритм якої схожий на процедуру вибору постачальника. Якщо визначено вид транспорту, то повинен бути проведений аналіз специфічного ринку транспортних послуг, на якому діє, як правило, достатньо велика кількість перевізників, що мають різну організаційно-правову форму.

Центральне місце серед багатьох логістичних процедур ухвалення рішень по транспортуванню займає процедура вибору перевізника (або декількох перевізників). Часто ця процедура довіряється логістичним менеджером транспортно-експедиційній фірмі, з якою у вантажовласника є давні сталі ділові відносини. При цьому експедиторів задаються певні характеристики вантажу, критерії і обмеження з перерахованих вище.

У тих випадках, коли логістичний менеджер самостійно вирішує проблему вибору перевізника, він повинен ґрунтуватися на певній схемі вибору, алгоритм якої схожий на процедуру вибору постачальника. Якщо визначено вид транспорту, то повинен бути проведений аналіз специфічного ринку транспортних послуг, на якому діє, як правило, достатньо велика кількість перевізників, що мають різну організаційно-правову форму.

Висновки. Логістика вже не одне десятиліття успішно працює на транспортну галузь. І весь цей час ведеться пошук всіляких шляхів зниження і оптимізації загальних витрат на здійснення перевезень, підвищення економічної ефективності логістичної діяльності, поліпшення її інформаційного і технічного забезпечення.

Причому підвищений попит мають, як правило, фірми, які пропонують нові, повніші комплекси логістичних і інших видів послуг. До їх числа слід віднести, наприклад, аутсорсинг - максимальне звільнення підприємств-виробників від невластивих для них трудомістких і малоефективних функцій по постачанню продукцією і її збуту.

Таким чином, актуальність розробок і вдосконалення транспортних логістичних ланцюгів і, особливо, мультимодальних ланцюгів зростає.

Список використаних джерел

1. Бауэрсокс Доналд Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок / Бауэрсокс Доналд Дж., Клосс. Дейвид Дж. – М.: ЗАО «Олимп - Бизнес», 2008. - 640 с.
2. Сахно Є.Ю. Менеджмент сервісу: теорія та практика: Навч. посіб. / Є.Ю. Сахно, М.С. Дорош, А.В. Ребенюк. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 328с.
3. Сумец А.М. Логистика автотранспортных систем. Ч. 2. Прогнозирование затрат на запасные части агрегатов автомобилей: монография / А.М. Сумец – Х.: ООО «Контур», 2007. – 112 с.

Поляков Андрій Павлович – д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: farv@vntu.edu.ua

Мороз Лариса Василівна — ст. викладач, кафедра військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: morozlarisa764@gmail.com

Polakov Andriy – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: farv@vntu.edu.ua

Moroz Larysa V. — senior Lecturer, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: morozlarisa764@gmail.com

УДК 338.47

Порфіренко В.І., Кісільова А.О.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ В ПІДПРИЄМНИЦЬКІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

Майбутнє електромобілів є очевидним і неминучим. У найближчі кілька років різноманітність моделей збільшиться, вони заповнять дороги в усьому світі, роблячи їзду комфортною для водія і безпечною для навколишнього середовища. Зростання продажів і вдосконалення моделей дозволять виключити існуючі недоліки електрокарів, роблячи ці машини бездоганними за експлуатаційними характеристиками, динамічними і швидкісними властивостями.

Ключові слова: електромобіль, екологічність, підзарядка, батарея, акумулятор.

The future of electric vehicles is clear and inevitable. In the next few years, the variety of models will increase, and they will fill the roads all over the world, making driving comfortable for the driver and safe for the environment. Sales growth and model improvements will eliminate the existing shortcomings of electric cars, making these machines perfect in terms of performance, dynamic and speed properties.

Key words: electric car, environmental friendliness, recharging, battery, accumulator.

У процесі матеріального виробництва транспорт задовольняє потреби в перевезеннях різного типу: внутрішньовиробничих, міжгалузевих всередині регіону, міжрегіональних, перевезеннях працівників і т. і.

Автомобільні дороги – найважливіша ланка транспортної інфраструктури, без якої в умовах ринку не може ефективно функціонувати жодна галузь економіки. Автомобільні дороги створюють умови для автотранспорту та зростаючих потреб економіки в перевезеннях.

Значення транспорту в економіці будь-якої держави об'єктивно характеризується такими показниками:

- валовий внутрішній продукт;
- основні виробничі фонди;
- капітальні вкладення;
- середньооблікова чисельність працівників;
- споживання електроенергії;
- балансовий прибуток і т.і. [1].

Класифікація автотранспорту: вантажний та пасажирський.

Пасажирський транспорт — це транспортна система, призначена для перевезення людей. Він включає різні види транспорту, що використовуються для переміщення пасажирів на короткі та довгі відстані в межах міста, між містами чи в міжнародному сполученні.

Автомобільний пасажирський транспорт включає:

- Автобуси: Використовуються для перевезення людей у межах міста (міський транспорт) або на міжміських маршрутах. Вони можуть бути різних розмірів, від малих мікроавтобусів до великих міжміських автобусів.

- Таксі та приватні автомобілі: Використовуються для індивідуальних або групових поїздок на замовлення, надаючи більшу зручність і комфорт.

Вантажний транспорт — це система, призначена для перевезення вантажів, включаючи товари, матеріали та інші вантажі, як у межах країни, так і міжнародно. Вантажний транспорт є важливою складовою економіки, оскільки дозволяє переміщати продукцію між різними регіонами та країнами.

Автомобільний вантажний транспорт включає:

• Вантажівки та фургони: Використовуються для перевезення вантажів на короткі та середні відстані. Це найбільш гнучкий вид транспорту, оскільки вантажівки можуть досягати будь-якої точки на дорозі.

• Контейнеровози: Спеціалізовані транспортні засоби для перевезення стандартних контейнерів, які використовуються для перевезень між різними видами транспорту (автомобільний, залізничний, морський) [2].

Оскільки на автотранспорт припадає майже десята частина глобальних викидів CO₂, уряди та екологи всього світу намагаються знизити збитки. Один із можливих варіантів вирішення проблеми — широке застосування електромобілів, оскільки вони безпечні, комфортні та завдають меншої шкоди навколишньому середовищу.

Основні переваги електрокарів над автомобілями, які працюють на бензині (рис. 1):

- Електродвигун має малу вагу.
- Довговічність і простота в обслуговуванні.
- Екологічність.
- Високий ККД.
- Підзарядка при зниженні швидкості
- Двигун фактично не виробляє звук.
- Економічність.
- Обслуговування та огляду вимагає виключно ходова частина.
- У електрокарі немає паливної системи, мастила, свічок і безлічі інших деталей, які присутні в класичних автомобілях, і ускладнюють/удорожчують експлуатацію.
- Надійність і довговічність експлуатації, виходячи з того, що ламатися просто немає чому.



Рисунок 1 – Переваги електромобілів над звичайними автомобілями з ДВЗ

Обслуговування таких автомобілів обходиться в меншу суму, ніж витрати на експлуатацію та підтримку справного стану бензинових або дизельних машин. Електрика коштує дешевше інших видів палива, а відсутність складних механізмів, витратних матеріалів та запчастин виключає часті поламки і необхідність в заміні. Конструктивна простота зводить до мінімуму кількість коштів, необхідних на обслуговування електромобіля. Звичайно, для кожного електрокара необхідна різна кількість електроенергії, але в будь-якому випадку його використання буде більш вигідним, ніж використання бензинового автомобіля. В той час як на бензин ціни починаються від 55 гривень за літр, на зарядку електромобіля доведеться витратитися від 50 гривень на місяць. Електроенергія істотно дешевше будь-якого різновиду мінерального палива.

Вкрай важливою перевагою електромобілів є їх екологічність. Це стало однією з основних причин, по якій даний вид транспорту став дуже популярним у всьому світі. Відсутність вихлопів дозволяє ефективно знизити негативний вплив на навколишнє середовище і природу.

Компанії-виробники працюють над інноваційними технологіями, які підвищують функціональність цих транспортних засобів, яскравими прикладами найбільш високотехнологічних і популярних електрокарів є Nissan Leaf, Chevrolet Bolt, Volkswagen e-Golf, Tesla. Особливо багато уваги розробники приділяють розвитку батарей, збільшуючи їх технічні і експлуатаційні показники, такі як швидкість зарядки і ємність. Особливих успіхів в цьому напрямку вдалось досягнути компанії Samsung – в кінці 2017 року вона представила графеновий акумулятор, котрий здатний заряджатися в 5 раз швидше, ніж класичні літій-полімерні акумулятори, а також характеризується істотно збільшеною ємністю [3].

Але з використанням електромобілів з'явився і ряд проблем:

- Проблеми з батареєю: Однією з основних складових електромобіля є батарея, яка забезпечує енергією двигун. Однак з часом батарея втрачає ємність і стає менш ефективною. Надалі це призводить до зниження запасу ходу та збільшення часу зарядки. Це може бути викликано природним зношуванням, неправильною експлуатацією або зовнішніми факторами, такими як екстремальні температури. Зменшення ємності батареї може знизити дальність ходу та загальну продуктивність електрокара.

- Зменшення продуктивності взимку: У холодну погоду електромобілі можуть зіткнутися із погіршенням продуктивності через зниження ефективності батареї та інших систем. Це призводить до зменшення запасу ходу та складної керуваності.

- Проблеми з електричними компонентами: У електромобілів можуть виникнути несправності електричних компонентів, таких як електромотори, контролери та проводка. Це призводить до поламок або зупинки транспортного засобу.

- Тривалий час заряджання: Це також є однією з проблем для власників електрокарів, особливо якщо вони не мають достатньо часу або потрібно здійснити довгу подорож. Навіть при використанні швидких зарядних станцій процес заряджання досить довгий, що може бути незручним для користувачів. Тривале очікування своєї черги до пунктів зарядки ставало причиною конфліктів між автомобілістами, в які доводилося втручатися правоохоронцям.

- Деградація акумулятора та потенційна поламка: За даними британської автомобільної компанії RAC, середній термін служби батареї електромобіля становить всього близько 10 років, тоді як середній вік традиційних автомобілів з ДВЗ-двигунами становить близько 14 років.

- Слабка інфраструктура зарядних пристроїв: В невеликих містах немає точок із зарядними пристроями (або їх дуже мало), тому власникам електрокарів доводиться заряджати свої автомобілі від розетки вдома або в офісі [4].

- Переробка й утилізація акумуляторів електромобілів може стати значною проблемою вже через 10-15 років. У той час як традиційні свинцево-кислотні акумулятори, що використовуються у звичайних автомобілях, активно переробляють, про літій-іонні батареї

цього сказати не можна. Батарея електрокарів – більша й важча, вона складається з кількох сотень окремих літій-іонних елементів, кожен з яких треба розбирати окремо (рис. 2).

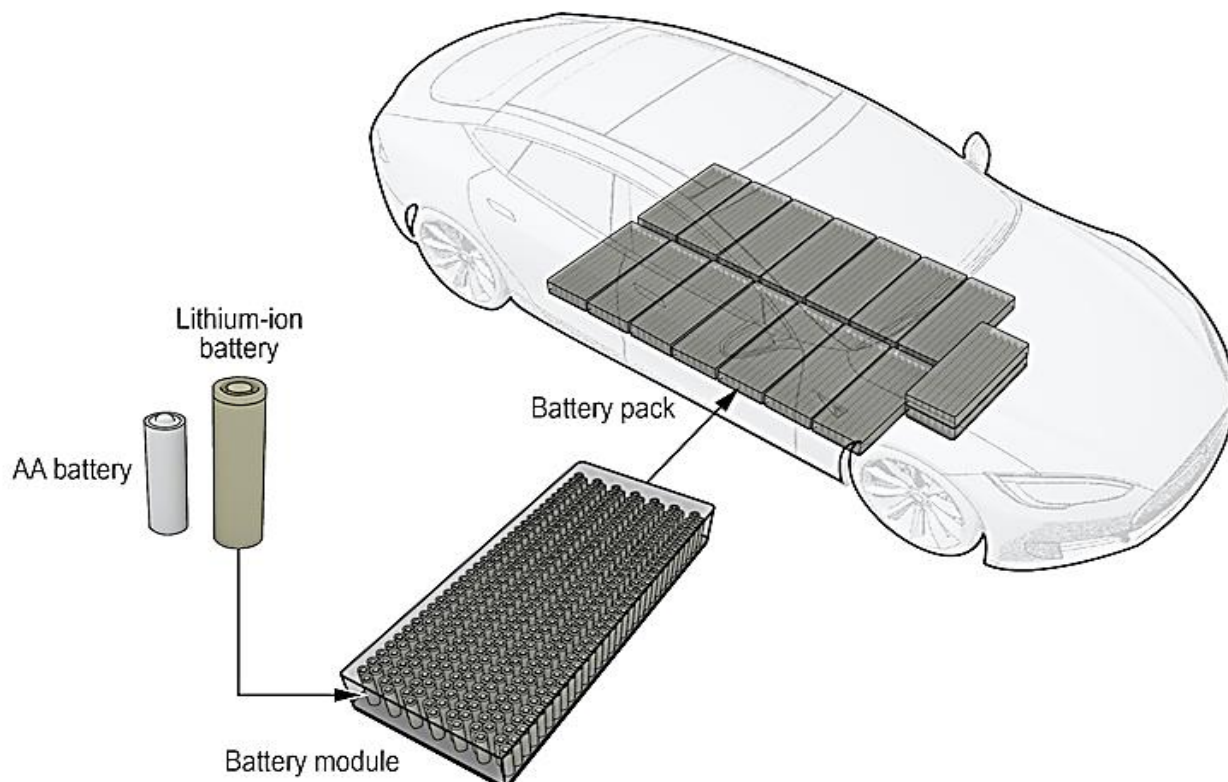


Рисунок 2 – Порівняльна модель батареї електромобілів

Проблема переробки літій-іонних батарей у тому, що у процесі велика частина елементів втрачається до так званої чорної маси – суміші літію, марганцю, кобальту та нікелю, що вимагає подальшої енергомісткої обробки [5].

Способи вирішення цих проблем:

- Підтримувати оптимальні умови зберігання та експлуатації.
- Регулярно проводити діагностику акумулятора.
- Забезпечити правильне зберігання електромобіля в умовах низьких температур для запобігання замерзанню систем.
- Регулярно проходити технічне обслуговування та перевірку електричних компонентів.
- Збільшити кількість заправок для електромобілів [4].

Оскільки транспортна сфера суттєво впливає на зміну клімату, електромобілі стають важливою альтернативою традиційним автомобілям із ДВЗ. Вони мають низку переваг: економічність, простоту в обслуговуванні, високу екологічність та енергоефективність. Завдяки своїй конструкції електрокари є тихими, надійними та дешевшими в експлуатації. Проте водночас існують і суттєві проблеми: деградація батареї, слабка інфраструктура зарядних станцій, тривалий час заряджання та складність утилізації акумуляторів. Особливо критичним є зменшення ефективності електромобіля в умовах низьких температур. Для ефективного впровадження електротранспорту необхідно модернізувати інфраструктуру, покращувати технології батарей і створити системи переробки акумуляторів. Вирішення цих проблем дозволить зробити електромобілі не лише екологічно доцільними, а й практично вигідними для широкого загалу користувачів.

Список використаних джерел

1. Значення транспорту. URL: https://fmab.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-FUB/%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%96%D0%BA%D0%B8%D1%96%D0%BF%D1%96%D0%B4%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%94%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D1%86%D1%82%D0%B2%D0%B0/ek_predpriyatiy/posobiya_pdf/%D0%A2%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF_%D0%BF%D1%96%D0%B4%D0%BF%D1%80.pdf
2. Класифікація транспорту. URL: <https://vseosvita.ua/library/transportni-systemy-pasazhyrskyi-ta-vantazhnyi-transport-892149.html>
3. Електромобілі, їх переваги. URL: <http://www.carpaint-e.com.ua/news/perevagi-elektromobiliv/>
4. Проблематика використання електромобілів та вирішення даних проблем. URL: <https://www.octa.energy/mozhlyvi-problemy-z-elektromobilem/>
5. Проблематика переробки електробатарей. URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2021/05/06/yak-pereroblyayut-stari-batareyi-vid-elektromobiliv-i-chomu-cze-ye-problemoyu/>

Порфіренко Володимир Іванович – доцент, кандидат економічних наук, доцент кафедри менеджменту Національного транспортного університету, e-mail: porfirenko@gmail.com.

Кісільова Анастасія Олександрівна – студентка Національного транспортного університету.

Porfirenko Volodymyr Ivanovych – Associate Professor, PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Management, National Transport University, e-mail: porfirenko@gmail.com.

Kisiliov Anastasia Oleksandrivna – student of National Transport University.

УДК 338.47

Порфіренко В.І., Луговцов А.С.

ВПЛИВ ВАРІАНТІВ ЗАПРАВКИ АВТОМОБІЛІВ З ДВЗ ТА ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА КОМЕРЦІЙНЕ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

Електромобілі набувають сьогодні все більшої актуальності в Україні та світі завдяки екологічності та економічній доцільності їх експлуатації. У роботі розглянуто особливості вибору електромобіля звичайними та комерційними користувачами, основні моменти на які варто звернути увагу при виборі між електромобілем і автомобілем з ДВЗ, а також який вид його заряджання є найбільш вигідним.

Ключові слова: електромобіль, витрати, зарядка, паливо, економія, енергоспоживання.

Electric vehicles are becoming more and more relevant today in Ukraine and the world due to the environmental friendliness and economic feasibility of their operation. The paper discusses the features of choosing an electric car by ordinary and commercial users, the main points that you should pay attention to when choosing between an electric car and a car with an internal combustion engine, as well as what type of charging is the most profitable.

Key words: electric car, costs, charging, fuel, savings, energy consumption.

При виборі електромобіля для звичайних користувачів важливі комфорт, ціна, запас ходу, вартість заряджання, дизайн і зручність. Їм часто підходять компактні моделі для щоденних поїздок на роботу чи в магазин. А от для комерційних користувачів головне - надійність, вантажопідйомність, економічність і простота обслуговування. Вони рахують витрати на кожен кілометр і часто вибирають фургони або електровантажівки, які можуть проїжджати великі відстані без підзарядки.

Перший момент, на який варто звернути увагу при виборі – це порівняння шкідливого впливу електромобілів і автомобілів з ДВЗ на екологію навколишнього середовища.

Автомобілі з ДВЗ при спалюванні палива виділяють значний обсяг CO₂, який шкодить довкіллю. Хоча новітні технології зменшили рівень шкідливих викидів, вони все ще залишають помітний негативний слід в довкіллі. Електромобілі не мають вихлопів під час їзди, тому вважаються більш екологічними. Але їх виробництво, зокрема акумуляторів, супроводжується значними викидами CO₂, а утилізація батарей після втрати ними ємності може бути проблемною. Більшість їх компонентів можна використовувати повторно. Приклад подає компанія Tesla, яка заявляє, що жодна з пошкоджених або вичерпаних батарей, які використовуються в її транспортних засобах, не відправляється на звалище, і що ефективна переробка дозволяє відновити до 92% компонентів [1].

Другий момент стосується переваг і недоліків електромобіля.

Основними перевагами електромобіля є:

- Економічність. Вартість річної зарядки електромобіля майже на 63 % нижча від річної заправки паливного автомобіля [2];
- Екологічність;
- Низький рівень шуму;
- Хороша динаміка (максимальний крутний момент досягається з перших оборотів);
- Безпека (центр ваги автомобіля зміщено вниз, тому електрокари рідше перевертаються і краще поведуться під час різких маневрів).

Основними недоліками електромобіля є:

- Обмежений запас ходу. Зазвичай на одній зарядці електрокари можуть проїхати від 100 до 250 км (залежно від моделі). Виняток — преміальні моделі Tesla та Jaguar.

- Висока ціна. Вартість електрокарів у півтора-два рази вища, ніж у більшості класичних автомобілів середнього класу.

- Чутливість до температури повітря. Місткість батареї зменшується під час похолодання (при +5 °C — на 20 %, при -12 °C — на 50 % [2]).

- Проблеми з мікрокліматом у салоні. Кондиціонер працює від батареї, що зменшує запас заряду приблизно на 20 %. Можна, звичайно ж, встановити автономний обігрівач, але це стане джерелом додаткових витрат.

- Слабка інфраструктура зарядних пристроїв. В невеликих містах немає точок із зарядними пристроями (або їх дуже мало), тому власникам електрокарів доводиться заряджати свої автомобілі від розетки вдома або в офісі.

Останнім третім моментом є вартість заряджання електроавтомобіля в порівнянні з ДВЗ. В різних джерелах інформації вказані різні ціни на заряджання електромобіля, тому при їх аналізі будемо брати до уваги їх середні значення 14,06 грн/кВт-год й 16,99 грн/кВт-год [3]. Середні ціни на пальне для автомобілів з ДВЗ зображено в таблиці 1 станом на 31.03.2025 [4].

Таблиця 1 – Середні ціни на пальне по Україні

Вид палива	Ціна (грн.)
Бензин А-95 преміум	59,22
Бензин А-95	55,66
Бензин А-92	52,62
Дизельне паливо	54,36
Газ авто-мобільний	36,13

Для об'єктивного порівняння візьмемо середньостатистичний седан, який споживає 7 літрів пального на 100 кілометрів. При поточній вартості бензину А-95 у 55,66 гривень за літр, витрати на таку відстань складуть 389,62 гривні. Дизельне пальне обійдеться трохи дешевше — 380,52 гривні, враховуючи ціну 54,36 грн/л.

Автомобіль з газобалонним обладнанням витрачає близько 12 літрів газу на 100 кілометрів. При вартості автогазу 36,13 грн/л поїздка коштуватиме 433,56 гривні. Попри нижчу ціну самого пального, більша витрата нівелює економічну перевагу.

Відтак повна швидка зарядка електромобіля при середньому споживанні 20 кВт-год на 100 км пробігу коштує близько 339,80 грн з тарифом 16,99 грн/кВт-год, повільна – 281,20 грн з тарифом 14,06 грн/кВт-год. Проте справжня економія є при домашній зарядці за нічним тарифом, адже вартість такої ж відстані обійдеться у 52,80 гривень з тарифом 2,64 грн/кВт*год. Вартість заряджання вдень є дорожчою 79,20 гривень з тарифом 3,96 грн/кВт-год.

Досліджені ціни зображені на рис. 1.

Отже, проаналізувавши ціни на заправку/зарядку автомобілів з ДВЗ і електромобілів, можна зробити висновок: найекономішнім варіантом залишається електромобіль при домашній зарядці, він довго заряджається (наприклад, Nissan Leaf залежно від її розміру і температури навколишнього середовища, через домашню розетку 110/120 вольт заряджатиметься від 18 до 24 годин [5]) однак ціна є досить привабливою за нічний тариф. На другому місці — зарядка на публічних станціях (зарядна станція на 240 вольт заряджає батарею за 6-12 годин, залежно від її розміру і температури навколишнього середовища, Швидка (Fast Charging) із роз'ємом CHAdeMO дозволяє зарядити електрокар до 80% за 30-45 хвилин [5]), дизельне пальне та бензин займають третю та четверту позиції відповідно, а газ виявився найдорожчим варіантом через більші витрати.

Таким чином, для звичайних користувачів найкращим видом заряджання електромобіля є заряджання в нічний час за низьким тарифом або якщо немає можливості зарядити електромобіль вдома, тоді використання повільної зарядки на автозаправних станціях.

Повільна зарядка є економічно вигіднішою за швидку адже крім різниці в ціні швидка зарядка негативно впливає на термін служби батареї.

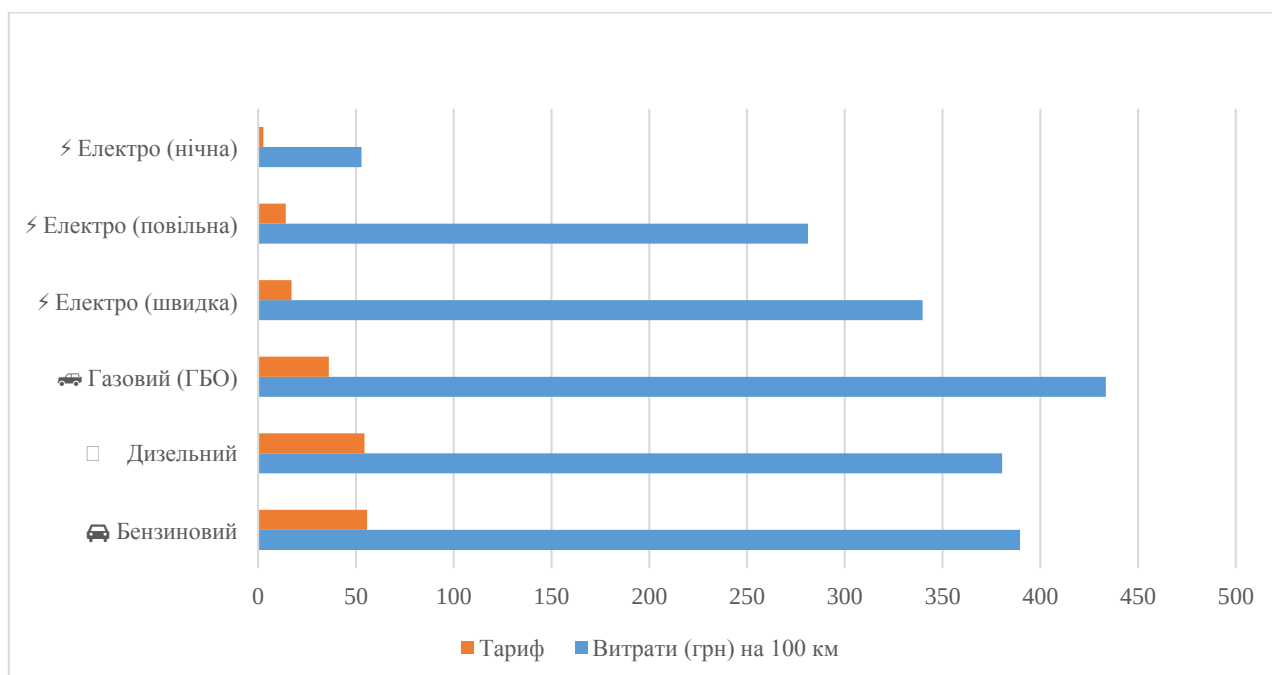


Рисунок 1 – Порівняння витрат на заправку/заряджання всіх досліджуваних видів автомобілів

Для комерційного споживача ситуація є протилежною. Електромобілі на відміну від автомобілів з ДВЗ довго заряджаються і для комерційного споживача кожна хвилина на зарядці може стати потенційно втраченими клієнтами/прибутком. Саме тому для них швидка зарядка може бути більш вигідною ніж повільна.

Список використаних джерел

1. Чи екологічні електромобілі? URL: <https://www.products.pcc.eu/uk/blog/%D1%87%D0%B8%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D1%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%96/>
2. Переваги та недоліки електромобілів. URL: <https://carbazar.lviv.ua/perevagi-ta-nedoliki-elektromobiliv/>
3. Вартість зарядки електромобілів у січні 2025. URL: <https://kosht.media/vartist-zariadky-elektromobiliv-troky-znyzylas-u-sichni-2025/>
4. Ціни на бензин, дизпаливо, газ на АЗС України. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/#~:text=%D0%9D%D0%B0%20%D1%81%D0%B0%D0%B9%D1%82%D1%96%20%D0%9C%D1%96%D0%BD%D1%84%D1%96%D0%BD%20%D0%B2%D0%B8%20%D0%BC%D0%BE%D0%B6%D0%B5%D1%82%D0%B5%20%D0%B4%D1%96%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F%20%D0%B0%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96%20%D1%86%D1%96%D0%BD%D0%B8,%D0%B2%D0%B0%D0%BC%20%D0%B7%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D1%88%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%81%D1%8F%20%D0%BF%D0%BE%D1%96%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BC%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%20%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%B5%D0%BD%D1%8C%20%D1%86%D1%96%D0%BD%20%D0%BD%D0%B0%20%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D0%BE.>

5. Скільки коштує зарядити електромобіль в Україні на прикладі 4 моделей. URL: https://www.moyo.ua/ua/news/skolko_stoit_zaryadit_elektromobil_v_ukraine_na_primere_4_modeley.html?srsltid=AfmBOor05YCHcJ0XJtnQ506luyR5JqeqyumotqZw9YGRGPlQzCVpqi
6. Бензин чи дизель: як зробити правильний вибір? URL: <https://www.arma-motors.ua/uk/news/benzin-chi-dizel-jak-zrobiti-pravilnij-vibir>
7. Електромобілі порівняно з класичними ДВЗ: Що обрати для комфортного майбутнього? URL: <https://bizmag.com.ua/porivnyannya-elektromobiliv-z-dvz/>
8. Що дешевше: заправка на АЗС чи зарядка електрокара (порівняння витрат). URL: <https://news.telegraf.com.ua/ukr/transport/2025-01-14/5894108-shcho-deshevshe-zapravka-na-azs-chi-zaryadka-elektrokara-porivnyannya-vitrat>

Порфіренко Володимир Іванович – доцент, кандидат економічних наук, доцент кафедри менеджменту Національного транспортного університету, e-mail: porfirenko@gmail.com.

Луговцов Антон Сергійович – студент Національного транспортного університету.

Porfirenko Volodymyr Ivanovych – Associate Professor, Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor of the Department of Management, National Transport University, e-mail: porfirenko@gmail.com.

Lugovtsov Anton Sergeevich – student of the National Transport University

УДК 629.114:629.37:358

Почужевський О.Д., Почужевський В.Д.

ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕСУВНИХ РЕМОНТНИХ МАЙСТЕРЕНЬ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

Розглянуто використання пересувних ремонтних майстерень (ПРМ) у сучасних умовах, особливо в ситуації військової агресії проти України. Постійний розвиток технологій та підвищення вимог до обслуговування автомобільної техніки спонукають до впровадження інноваційних рішень, таких як ПРМ. У воєнний час ці майстерні є ключовим інструментом для забезпечення працездатності транспорту, як у цивільній, так і у військовій сферах, зокрема в зоні бойових дій.

Ключові слова: пересувна ремонтна майстерня, мобільність, ремонт, діагностування, військові дії.

The use of mobile repair workshops in modern conditions, particularly in the context of military aggression against Ukraine, has been examined. The continuous development of technology and increasing demands for automotive maintenance have prompted the adoption of innovative solutions such as MRW. During wartime, these workshops have become a key tool for ensuring the operability of vehicles, both in civilian and military sectors, especially in combat zones.

Keywords: mobile repair workshop, mobility, repair, diagnostics, military operations.

Сучасний світ переживає постійний розвиток технологій, що впливає на всі сфери життя, включаючи автомобільну галузь. Зростання кількості автовласників, ускладнення конструкції сучасних автомобілів і підвищення вимог до якості обслуговування спонукають до пошуку нових підходів у наданні послуг. Одним із таких інноваційних рішень є пересувні ремонтні майстерні (ПРМ), які дозволяють проводити діагностику та ремонт авто безпосередньо на місці.

Для України це не просто маркетингова ініціатива або новий бізнес-сервіс — це суворона необхідність, особливо у контексті військової техніки. У 2025 році Україна продовжує протистояти військовій агресії росії, що створює небувалі виклики для транспортної інфраструктури та автомобільної галузі. У таких умовах забезпечення працездатності транспортних засобів стає ключовим завданням. Пересувні ремонтні майстерні довели свою ефективність як у цивільному, так і у військовому контексті, надаючи оперативну допомогу у віддалених районах, на дорогах та навіть у зоні бойових дій.

Таким чином даний напрямок досліджень є актуальним та перспективним.

Пересувна ремонтна майстерня — це спеціально обладнаний легковий (рис. 1) або вантажний автомобіль або причіп (рис. 2), оснащений інструментами, діагностичним обладнанням та матеріалами для проведення ремонтних робіт. У звичайних умовах такі майстерні використовуються для обслуговування легкових автомобілів, але в умовах війни їх можливості значно розширюються.

У воєнний час ПРМ можуть виконувати такі функції:

- Швидкий ремонт військових транспортних засобів.
- Обслуговування автомобілів гуманітарних організацій та логістичних служб.
- Ремонт транспорту, який використовується для евакуації населення.
- Діагностика та відновлення роботи техніки в умовах відсутності стаціонарних сервісів.

Особливостями використання ПРМ у воєнний час є можливість швидкої адаптація до екстремальних умов. У зоні бойових дій пересувні майстерні часто працюють у складних умовах, де відсутня стабільна електроенергія, комунікації та інфраструктура. Для таких ситуацій майстерні комплектуються:

- Автономними джерелами живлення (генератори, акумулятори).
- Компактними, але потужними інструментами (переносні компресори, гідравлічні домкрати).
- Додатковими запасними частинами для різних моделей автомобілів та військової техніки.



Рисунок 1 – Пересувна ремонтна майстерня на базі Mitsubishi L200

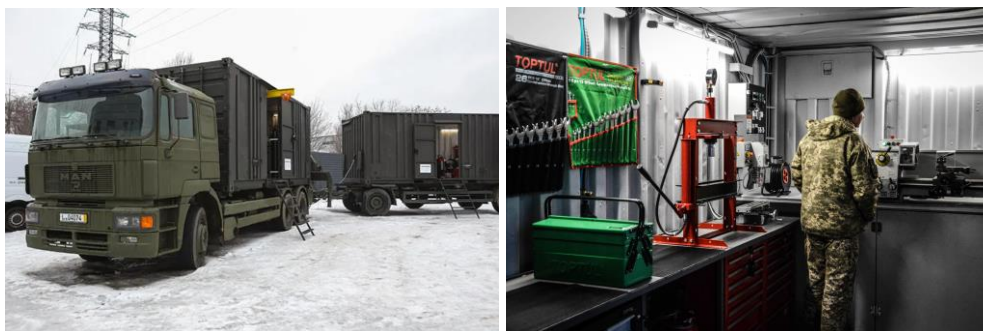


Рисунок 2 – Пересувна ремонтна майстерня на базі вантажного автомобіля та причепа

ПРМ відіграють вагомую роль у підтримці транспортної логістики. Транспорт є ключовим елементом логістики як на фронті, так і в тилу. Пересувні майстерні дозволяють оперативно відновлювати рух автоколон, що доставляють гуманітарну допомогу, боєприпаси та інші важливі ресурси. Це особливо актуально на тимчасово окупованих територіях або у районах активних боїв.

Однак окрім використання за призначенням, не менш важливим є захист ПРМ від ворожих дій. У зоні бойових дій ПРМ часто стають ціллю для ворожих атак. Тому такі майстерні оснащуються заходами безпеки:

- Бронювання корпусу.
- Засоби маскування.
- Системи швидкого переміщення для уникнення обстрілів.
- Засоби радіоелектронної боротьби і т.д.

Таким чином перевагами пересувних ремонтних майстерень у воєнний час є:

- Мобільність. У ситуаціях, коли дороги пошкоджені або інфраструктура зруйнована, такі майстерні можуть досягти місць, куди важко дістатися іншим способом.
- Швидкість реакції. Час є критичним фактором у воєнний час. ПРМ дозволяють проводити ремонт "на місці", що скорочує час простою транспортних засобів і забезпечує неперервність роботи логістичних ланцюгів.
- Економія ресурсів. Використання пересувних майстерень дозволяє зменшити потребу в будівництві стаціонарних сервісів у тимчасово окупованих або небезпечних зонах. Це економить фінансові та людські ресурси.

В Україні з 2023 року пересувні майстерні активно використовуються для ремонту бронетехніки, вантажівок та інших транспортних засобів, які задіяні на фронті. Наприклад,

ремонт двигунів, заміна підвіски або відновлення системи охолодження може бути проведено безпосередньо на полі бою.

Також вони активно залучаються в обслуговуванні гуманітарних конвоїв.

Гуманітарні організації, такі як Червоний Хрест або ООН, часто використовують ПРМ для підтримки своїх автопарків. Це дозволяє їм швидко відновлювати доставку їжі, медикаментів та інших ресурсів у регіони, що потерпають від війни.

Не зважаючи на військове спрямування даної техніки, ПРМ також залучається і для допомоги цивільним.

У регіонах, де інфраструктура зруйнована, ПРМ стають єдиним доступним способом ремонту автомобілів для цивільних осіб. Це особливо важливо для людей, які намагаються евакуюватися з небезпечних зон.

Однак незважаючи на численні переваги, використання ПРМ у воєнний час має свої недоліки:

- Обмеженість ресурсів: Майстерні можуть мати обмежений запас запчастин і матеріалів.
- Ризики для персоналу: Фахівці, які працюють у зоні бойових дій, піддаються підвищеній небезпеці.
- Залежність від логістики: Для поповнення запасів інструментів та матеріалів потрібна стабільна логістична система.

Отже пересувні ремонтні майстерні стали невід'ємною частиною транспортної інфраструктури України у воєнний час. Їх мобільність, швидкість реакції та здатність працювати в екстремальних умовах роблять їх незамінними для підтримки як військових, так і цивільних потреб.

Проте для максимального використання потенціалу ПРМ необхідна підтримка з боку держави та міжнародних організацій. Це включає фінансування, постачання обладнання та навчання фахівців. У майбутньому такі майстерні можуть стати основою для створення мобільних сервісних мереж, які будуть ефективно працювати навіть після завершення військових дій.

Список використаних джерел

1. Мобільні автомайстерні Locker [Електронний ресурс] // Locker.net.ua : сайт. — Режим доступу: <https://locker.net.ua/katalog/mobilni-avtomaysterni/locker/> . — Назва з екрану.
2. Українські розробники створили мобільну майстерню для артилеристів [Електронний ресурс] // dev.ua : сайт. — 2024. — Режим доступу: <https://dev.ua/ru/news/v-ukraini-rozroblyu-mobilnu-maisterniu-dlia-artylerystiv-1702652214> . — Назва з екрану.
3. Почужевський О.Д. Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури, враховуючи військовий стан в Україні / О. Д. Почужевський // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції "Сучасні проблеми транспорту та логістики". — Кривий Ріг: Видавництво Криворізького національного університету, 2023. — С. 45–52. — Доступно за URL: <https://example.com/article-link> (дата звернення: 10.10.2023).

Почужевський Олег Дмитрович — кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту факультету механічної інженерії та транспорту Криворізького національного університету e-mail: pochuzhevskiy@gmail.com

Почужевський Віталій Дмитрович — полковник, Інститут Військово-Морських Сил НУ «Одеська морська академія», Україна

Pochuzhevskiy Oleh Dmytrovych — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Automotive Transport, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Kryvyi Rih National University.

Pochuzhevskiy Vitalii Dmytrovych — Colonel, Institute of Naval Forces, National University "Odessa Maritime Academy," Ukraine.

УДК 691.175

Пряха І.Ю.

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Розглядаються сучасні методи підвищення паливної ефективності транспортних засобів. Проаналізовано використання новітніх технологій, таких як системи рекуперації енергії, аеродинамічні удосконалення та розвиток гібридних і електричних силових установок. Наведено основні підходи до зменшення витрат пального та зниження рівня викидів у навколишнє середовище.

Ключові слова: паливна ефективність, транспортні засоби, гібридні технології, електрифікація, аеродинаміка.

Modern methods highlight for increasing the fuel efficiency of vehicles. The use of new technologies, such as energy recovery systems, aerodynamic improvements, and the development of hybrid and electric powertrains, is analyzed. The main approaches to reducing fuel consumption and reducing emissions into the environment are presented.

Key words: fuel efficiency, vehicles, hybrid technologies, electrification, aerodynamics.

Сучасний транспортний сектор зіштовхується з викликами, пов'язаними зі зменшенням викидів вуглекислого газу та підвищенням ефективності використання пального. Енергетична криза та екологічні проблеми стимулюють розвиток новітніх технологій, спрямованих на зниження витрат пального та збільшення ефективності використання енергії. Крім того, з огляду на екологічні виклики та необхідність скорочення використання природного палива, розробляються нові технології, спрямовані на підвищення ефективності двигунів внутрішнього згоряння та альтернативні види палива.

Одним із методів підвищення паливної ефективності є використання систем теплової підготовки, зокрема теплових акумуляторів фазового переходу (ТАФП), які дають змогу значно скоротити час прогріву двигуна. Ці акумулятори працюють за принципом акумулювання та вивільнення теплової енергії під час зміни фазового стану матеріалу, що знаходиться всередині акумулятора. Основний механізм дії полягає у використанні речовин з високою теплоємністю при фазовому переході (наприклад, парафінів або гідратів солей). При роботі двигуна та досягненні високих температур тепло передається матеріалу ТАФП, який плавиться, поглинаючи значну кількість енергії. Після вимкнення двигуна або при низьких температурах навколишнього середовища відбувається зворотний процес – матеріал кристалізується, вивільняючи накопичене тепло, яке спрямовується на підігрів двигуна або паливної системи. Це, у свою чергу, зменшує витрати пального у холодний період та покращує загальну енергоефективність автомобіля. Дослідження показали, що впровадження таких систем дозволяє скоротити витрати пального на прогрів до 62,8% [1]. Застосування цих технологій також позитивно впливає на зменшення рівня викидів шкідливих речовин, адже скорочує період роботи двигуна у режимі збагаченої паливної суміші, що є основним джерелом підвищеного утворення CO та NOx [2]. Особливо актуально це в регіонах із холодним кліматом, де час прогріву двигуна значно впливає на ефективність використання пального та рівень викидів. У таких умовах можливість швидкого виходу на оптимальний тепловий режим дає змогу не лише покращити паливну економічність, але й підвищити комфорт для водія та пасажирів завдяки швидшому обігріву салону. У перспективі подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення матеріалів ТАФП, що дозволить підвищити їхню ефективність та збільшити термін експлуатації.

Ще одним напрямом удосконалення паливної ефективності є використання альтернативних видів палива. Зокрема, біопаливо розглядається як перспективне рішення, оскільки воно дозволяє зменшити залежність від нафти та сприяє зниженню загального рівня викидів CO₂. Дослідження доводять, що водневе паливо, завдяки своєму високому енергетичному потенціалу, може слугувати альтернативою традиційним видам палива та значно зменшувати негативний вплив транспорту на довкілля [3]. Крім цього, впровадження гібридних та електрифікованих транспортних засобів у поєднанні з удосконаленими системами термокерування дозволяє підвищити загальну енергоефективність транспорту. Гібридні автомобілі, що поєднують ДВЗ та електродвигуни, забезпечують оптимальне використання пального завдяки можливості рекуперації енергії та роботи у змішаних режимах. Розвиток акумуляторних технологій сприяє збільшенню запасу ходу електромобілів, тоді як сучасні системи керування температурним режимом батареї підвищують їхню довговічність та ефективність. Інтеграція цих рішень у транспортну галузь поступово змінює підхід до використання пального та сприяє формуванню більш екологічної мобільності.

Серед інших інноваційних технологій, що сприяють покращенню паливної ефективності, особливу увагу приділяють системам рекуперації енергії. Такі системи працюють за принципом утилізації відпрацьованого тепла двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) для вторинного використання. Основний механізм передбачає захоплення теплової енергії вихлопних газів або охолоджуючої рідини та її перетворення на корисну енергію. Одним із методів є використання термоелектричних генераторів (ТЕГ), які працюють на основі ефекту Зеебека, Пельтьє і Томсона: при наявності температурного градієнта між гарячою вихлопною системою та охолоджувальним контуром виникає електричний струм. В свою чергу, отримана електроенергія може використовуватися для живлення бортових систем автомобіля, обігріву салону чи підігріву паливної суміші, що додатково знижує витрати енергії. Водночас удосконалення аеродинамічних характеристик транспортних засобів є ще одним важливим напрямом покращення економічності. Використання адаптивних решіток радіатора, аеродинамічних щитків та регульованих спойлерів допомагає оптимізувати потоки повітря навколо автомобіля, що сприяє зменшенню опору повітря та покращенню витрат пального [4]. Вони базуються на зменшенні турбулентності повітряних потоків навколо автомобіля. Додатково впроваджуються активні аеродинамічні елементи, такі як висувні дефлектори та змінні панелі під днищем автомобіля, які автоматично адаптуються до швидкості руху та дорожніх умов, мінімізуючи аеродинамічний опір. Також значну роль у покращенні аеродинаміки відіграє оптимізація конструкції автомобіля, зокрема зменшення висоти дорожнього просвіту, використання більш гладких кузовних панелей і застосування технологій віртуальних дзеркал, що замінюють традиційні бічні дзеркала на камери. Такі рішення не лише покращують коефіцієнт аеродинамічного опору, але й позитивно впливають на загальний рівень енергоефективності автомобіля.

Важливим аспектом упровадження цих технологій є економічна ефективність. Аналіз показує, що застосування теплових акумуляторів фазового переходу дозволяє значно скоротити загальні витрати на паливо, що особливо важливо для комерційного транспорту [5]. Також дослідження свідчать, що впровадження таких систем може скоротити витрати пального на 10–15% у міських умовах експлуатації, що в довгостроковій перспективі суттєво знижує експлуатаційні витрати транспортних компаній. Окрім цього, державні програми субсидування екологічно чистих технологій можуть стимулювати активне впровадження інновацій у транспортній сфері, сприяючи зниженню рівня забруднення довкілля та покращенню економічної ситуації. У багатьох країнах діють програми податкових пільг та фінансової підтримки підприємств, що переходять на альтернативні види палива або впроваджують енергоефективні технології. Зокрема, у країнах ЄС існують спеціальні фонди підтримки розвитку екологічного транспорту, що дозволяє бізнесу отримувати гранти та субсидії на модернізацію автопарку. Додатково, економічні переваги таких технологій проявляються у зменшенні витрат на технічне обслуговування транспортних засобів.

Оптимізація температурного режиму двигуна та покращення його ефективності знижують зношення деталей, що подовжує термін їхньої служби та скорочує кількість необхідних ремонтів. Тому інтеграція енергоефективних рішень не лише зменшує витрати на паливо, а й позитивно впливає на загальні експлуатаційні витрати.

Таким чином, застосування сучасних технологій, спрямованих на підвищення паливної економічності, відкриває нові можливості для автомобільного транспорту. Використання теплових акумуляторів фазового переходу, альтернативних видів палива, систем рекуперації енергії та аеродинамічних удосконалень є важливими кроками у напрямі створення енергоефективних транспортних засобів. Подальші дослідження мають бути зосереджені на розробці нових комбінованих рішень, що поєднуюватимуть переваги різних технологій, з метою досягнення максимальної ефективності та мінімального впливу транспорту на навколишнє середовище.

Список використаних джерел

1. Kibok Kim, Jinil Park, Jonghwa. Lee Fuel Economy Improvement of Urban Buses with Development of an Eco-Drive Scoring Algorithm Using Machine Learning
2. Hongjie Ma, Hui Xie, David Brown. Eco-Driving Assistance System for a Manual Transmission Bus Based on Machine Learning
3. Shuo Xiong, Hui Xie, Qiang Tong. The Effects of an Eco-Driving Assistance System for a City Bus on Driving Style
4. Peng Ping, Wenhui Qin, Yang Xu, Chiyomi Miyajima, Kazuya Takeda. Impact of driver behavior on fuel consumption: classification, evaluation and prediction using machine learning
5. Український Є.О., Підвищення паливної економічності транспортних засобів категорії п3. Житомир: 2021.
6. Погорлецький Д.С., Поліпшення паливної економічності та Екологічних показників переобладнаних для Роботи на газовому паливі транспортних засобів. Житомир: 2021.

Пряха Ігор Юрійович – здобувач 2-ого магістерського рівня вищої освіти, кафедри транспортних технологій і логістики факультету економічних відносин та фінансів Державного біотехнологічного університету

Priakha Igor Yuriyovych – student, Department of Transport Technologies and Logistics, Faculty of Economic Relations and Finance, State Biotechnological University

УДК 629.113:620.1:620.17

Ревякіна О.О., Бурдун В.В., Бикадорова Н.О.

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ПОВЕДІНКИ МАТЕРІАЛІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

В тезах розглянуто сучасні підходи до аналізу експлуатаційної поведінки матеріалів, які застосовуються у транспортних засобах. Підвищення складності умов роботи, зростання навантажень та вимог до безпеки обумовлюють необхідність системного підходу до оцінки довговічності та надійності конструкцій. Зазначено, що зміни у фізико-механічних властивостях та структурно-фазовому стані матеріалів виникають під впливом тертя, агресивних середовищ, температурних градієнтів та циклічних навантажень. Запропоновано відмовитися від одновимірних методів оцінювання на користь комплексного аналізу, який поєднує металографію, рентгеноструктурні методи, трибологію, корозійну і втомну поведінку, математичне моделювання (зокрема FEM) та сучасні системи моніторингу. Обґрунтовано роль методів неруйнівного контролю, таких як магнітна дефектоскопія та аналіз продуктів зношування. Показано, що статистичні дані з реальної експлуатації мають важливе значення для верифікації моделей та прогнозів ресурсу. Перспективи підвищення експлуатаційної стійкості пов'язуються з упровадженням високоміцних сталей, композиційних та поверхнево модифікованих матеріалів.

Ключові слова: експлуатаційна поведінка матеріалів; транспортні засоби; зношування; корозія; втома матеріалів; метод скінченних елементів (FEM); рентгеноструктурний аналіз; металографія; поверхнева модифікація; сенсорні системи моніторингу; ресурс деталей; трибологія; композиційні матеріали; дефектоскопія.

The thesis discusses modern approaches to analyzing the operational behavior of materials used in vehicles. Increasing complexity of working conditions, increasing loads and safety requirements necessitate a systematic approach to assessing the durability and reliability of structures. It is noted that changes in the physical and mechanical properties and structural-phase state of materials occur under the influence of friction, aggressive media, temperature gradients, and cyclic loads. It is proposed to abandon one-dimensional assessment methods in favor of a comprehensive analysis that combines metallography, X-ray diffraction methods, tribology, corrosion and fatigue behavior, mathematical modeling (in particular, FEM), and modern monitoring systems. The role of non-destructive testing methods, such as magnetic flaw detection and wear product analysis, is substantiated. It is shown that statistical data from actual operation is important for verification of models and service life forecasts. Prospects for increasing operational stability are associated with the introduction of high-strength steels, composite and surface-modified materials.

Key words: material performance; vehicles; wear; corrosion; material fatigue; finite element method (FEM); X-ray diffraction analysis; metallography; surface modification; sensor monitoring systems; part life; tribology; composite materials; flaw detection.

Питання довговічності та надійності деталей виготовлених з різних матеріалів для транспортних засобів (ТЗ) набуває особливої актуальності. З урахуванням ускладнення умов експлуатації, інтенсифікації навантажень і підвищених вимог до безпеки, аналіз поведінки матеріалів у реальних умовах роботи є необхідним для підвищення ефективності проектування та технічного обслуговування ТЗ [1–5].

Експлуатаційна поведінка матеріалів охоплює комплекс змін механічних, фізико-хімічних і структурних характеристик, які виникають під дією навантажень, температурних

змін, агресивних середовищ, тертя та інших чинників. Вивчення цих змін дозволяє прогнозувати ресурс і оцінювати залишкову придатність елементів конструкції [6 - 12].

Одновимірні підходи — зосереджені лише на міцності чи твердості — не забезпечують повного уявлення про зношування або деградацію матеріалів. Лише міждисциплінарне поєднання механіки, матеріалознавства, трибології, фрактографії та математичного моделювання забезпечує комплексний підхід.

Металографічні дослідження та рентгеноструктурний аналіз є ключовими методами виявлення структурних змін, викликаних експлуатацією. Наприклад, зміна співвідношення фаз або формування дислокаційних скупчень свідчить про накопичення пошкоджень у металі [13 -19].

Одним із головних аспектів експлуатаційної поведінки є опір матеріалу тертю. Експериментальні дослідження зношування деталей, таких як підшипники, втулки чи шестерні, дозволяють класифікувати механізми втрати працездатності (з урахуванням видів тертя та мікромеханізмів руйнування): абразивне, адгезійне, фретинг-корозійне тощо [20 - 25].

Корозійна стійкість матеріалів значною мірою визначає їхню експлуатаційну придатність. Експлуатація в умовах вологи, дорожніх реагентів або високих температур може спричинити міжкристалітну корозію, водневе охрупчування чи окислення поверхні [26 – 29].

Критично важливо враховувати явища втоми, що виникають при циклічних навантаженнях. Методики визначення кривих втомного руйнування, порогів росту тріщин і критичних напружень допомагають формувати надійні моделі прогнозу ресурсу [30 - 33].

Застосування методу скінченних елементів (FEM) та чисельних моделей дифузії чи теплопереносу дозволяє віртуально змодельовати умови експлуатації та проаналізувати зони найбільшого ризику локального руйнування або перевантаження [34 - 39].

Сучасні технології — від сенсорних систем до аналізу продуктів зносу — дозволяють здійснювати онлайн-моніторинг стану матеріалів. Наприклад, магнітна дефектоскопія або аналіз стружки з мастил дають змогу виявити початкові стадії руйнування [40 - 42].

Важливу роль відіграє облік статистичних даних з реальної експлуатації ТЗ, та даних з ремонтів. Це дозволяє верифікувати лабораторні та моделювальні результати, виявляючи нетипові сценарії деградації, які не враховуються в стандартних випробуваннях [42 - 47].

Удосконалення експлуатаційної поведінки можливе завдяки впровадженню нових матеріалів: високоміцних сталей з мікролегуванням, композиційних матеріалів, сплавів з підвищеною фрикційною стійкістю. Також перспективним є використання поверхневих модифікацій — лазерного гартування, напилення тощо [48].

Комплексний підхід до аналізу експлуатаційної поведінки матеріалів транспортних засобів дозволяє не лише підвищити надійність і безпеку техніки, а й оптимізувати конструкцію, зменшити вагу та вартість обслуговування. Такий підхід стає основою сучасного інженерного прогнозування ресурсу деталей і вузлів.

Список використаних джерел

1. Форнальчик Є.Ю., Олісевич М.С. та ін. Технічна експлуатація та надійність автомобілів. — Львів: Афіша, 2004. — 492 с.
2. Біліченко В. В. Вступ до фаху: навчальний посібник [2-ге вид. перероб. і доп.] / Біліченко В. В., Кужель В. П., Кашканов А. А., Романюк С. О. — Вінниця : ВНТУ, 2015. — 116 с.
3. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів: навчальний посібник / Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. — Вінниця : ВНТУ, 2012. — 118 с.
4. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Організація самостійної та практичної роботи: навчальний посібник / М.В. Митко, О.П. Шиліна, С.В., Цимбал — Вінниця : ВНТУ, 2022. — 98 с.

5. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей: навчальний посібник В.В. Біліченко, О.Л. Добровольський, В. О. Огневий, Є. В. Смирнов – Вінниця : ВНТУ, 2017.– 163 с.
6. Ревякіна О.О., Бурдун В.В., Колесніков В.О., Васецька Л.О., Рожкова А.Ю., Бикадорова Н.О. Приклади застосування деяких композиційних матеріалів на автомобільному транспорті. Частина 1. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 274–277.
7. Колесніков В.О., Абрамек К.Ф., Колеснікова Є.Б., Ревякіна О.О. Застосування комплексного підходу при оцінці стану деградованого матеріалу деталей та вузлів в енергомашинобудуванні. Актуальні питання експертної та оціночної діяльності II-га міжн. науково-практичн. конф., 25–26 листопада 2021 р., м. Старобільськ – м. Полтава, ДЗ «ЛНУ ім. Тараса Шевченка», 2021 – Харків: Вид-во Іванченка І. С. С. 96–98.
8. Боркут А.В., Колесніков В.О., Ревякіна О.О. Приклад застосування та розрахунку композиційних матеріалів у автомобілебудуванні за допомогою сучасних САПР. Частина 2. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 52–55.
9. Колесніков В. О., Гаврилюк М. Р., Бикадорова Н. О., Колеснікова Є. Б. Приклади застосування та впровадження нових технологій в транспортній галузі та енергомашинобудуванні. Частина 1. Змащувальні матеріали. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: X-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2022 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 139–146
10. Балицький О.І., Колесніков В.О., Ревякіна О.О., Абрамек К.Ф., Іваськевич Л.М., Гаврилюк М.Р., Колеснікова Є.Б. Водневий вектор розвитку автомобільного транспорту. Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту. XIV-та міжн. науково-практичн. конф., 25-27 жовтня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 22–25.
11. Рожкова А.Ю., Бурдун В.В., Колесніков В.О., Бикадорова Н.О., Ревякіна О.О. Приклади застосування деяких композиційних матеріалів на автомобільному транспорті. Частина 2. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 278–281.
12. Колесніков В.О., Еліаш Я., Гаврилюк М.Р., Ревякіна О.О. Застосування методів комп'ютерного зору для оцінки стану поверхневих та підповерхневих шарів заготовок під час механічної обробки з метою отримання більш якісної та безпечної продукції для енергомашинобудування. Актуальні питання експертної та оціночної діяльності. II-га міжн. науково-практичн. конф., 25–26 листопада 2021 р., м. Старобільськ – м. Полтава, ДЗ «ЛНУ ім. Тараса Шевченка», 2021 – Харків: Вид-во Іванченка І. С. С. 100–102.
13. Javaheri, E.; Lubritz, J.; Graf, B.; Rethmeier, M. Mechanical Properties Characterization of Welded Automotive Steels. Metals 2020, 10, 1. <https://doi.org/10.3390/met10010001>
14. Колесніков В.О., Балицький О.І., Гаврилюк М.Р., Ревякіна О.О. Концепція враховування структурно-фазового стану експлуатованих матеріалів в енергомашинобудуванні при проведенні ремонтів з застосуванням механічної обробки. II-га міжн. науково-техн. конф. «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2021», 13 - 15 травня 2021 р. : матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 310–312.
15. Noh, I.; Jeon, J.; Lee, S.W. A Study on Metallographic and Machining Characteristics of Functionally Graded Material Produced by Directed Energy Deposition. Crystals 2023, 13, 1491. <https://doi.org/10.3390/cryst13101491>
16. Vourlias, G. Application of X-rays Diffraction for Identifying Thin Oxide Surface Layers on Zinc Coatings. Coatings 2020, 10, 1005. <https://doi.org/10.3390/coatings10101005>
17. Hayashi, Y.; Kimura, H. Scanning Three-Dimensional X-ray Diffraction Microscopy for Carbon Steels. Quantum Beam Sci. 2023, 7, 23. <https://doi.org/10.3390/qubs7030023>
18. Колесніков В.О., Ревякіна О.О., Васецька Л.О., Колеснікова Є.Б. Моделювання

мікроструктури сплавів для прогнозування залишкової напруги та широкого спектра механічних властивостей в програмному комплексі DEFORM. Актуальні питання, проблеми та перспективи розвитку науки та освіти: І Всеукраїнська міждисциплінарна науково-практич. конф., 27-28 квітня 2022 р. Полтава: матеріали. Вид-во ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», 2022. С. 218–222.

19. Du, F.; Li, D.; Sa, X.; Li, C.; Yu, Y.; Li, C.; Wang, J.; Wang, W. Overview of Friction and Wear Performance of Sliding Bearings. *Coatings* 2022, 12, 1303. <https://doi.org/10.3390/coatings12091303>

20. Балицький О.І., Колесніков В.О. Дослідження продуктів зношування високоазотних марганцевих сталей // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2009, 45. – № 4. – С. 93 – 99.

21. Колесніков В.А. Продукты износа в двигателях автомобилей // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД”. 19 квітня 2013 р., м. Краснодар. С. 362 -365.

22. Springis, G.; Boiko, I. Comparative Analysis of Wear Models for Accurate Wear Predictions. *Lubricants* 2025, 13, 100. <https://doi.org/10.3390/lubricants13030100>

23. Балицький О.І., Колесніков В.О., Хмель Я., Лопаткін І.О., Черняхів П.І. Дослідження зносостійкості матеріалів для деталей транспорту // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. - С. 60-64.

24. Колесніков В. О. Дослідження зносотривкості перспективних сталей для автомобільної галузі, а також розпізнавання та ідентифікація їх продуктів зношування // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 79 - 89.

25. Sprogies, N.; Lohner, T.; Stahl, K. Improved Operating Behavior of Self-Lubricating Rolling-Sliding Contacts under High Load with Oil-Impregnated Porous Sinter Material. *Lubricants* 2024, 12, 259. <https://doi.org/10.3390/lubricants12070259>

26. В.О. Колесніков, О.І. Балицький, М.Р. Гаврилюк, О.О. Ревякіна, Л.М. Іваськевич. Концепція врахування впливу водню на зміну властивостей та руйнування високоміцних важкооброблюваних сталей та сплавів в умовах тертя ковзання, кочення та за механічної обробки. Міжнародний симпозиум інженерів-механіків у Львові: 15-й міжн. наук.-техн. конф., 20–21 трав. 2021 р.: тези доповідей. Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2021. С.6–7.

27. Балицький О.І., Колесніков В.О., Еліаш Я., М.Р. Гаврилюк Особливості руйнування наводнених високо азотних марганцевих сталей в умовах тертя кочення // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2014, Том 50. – № 4. – С. 110 – 116.

28. Qiu Y, Liu R, Zou L, Chi H, Wang C, Wang B, Chen J. Influence of Grain Boundary Precipitates on Intergranular Corrosion Behavior of 7050 Al Alloys. *Coatings*. 2022; 12(2):249. <https://doi.org/10.3390/coatings12020249>

29. Sawyer-Beaulieu, S.; Tam, E.; Hussein, A. Measuring Corrosion on Vehicles, in Real-Time, Using Digital Imaging and Analysis Techniques. *Materials* 2022, 15, 3053. <https://doi.org/10.3390/ma15093053>

30. Zhi, S.; Liu, H.; Liu, X. Improved Equivalent Strain Method for Fatigue Life of Automobile Aluminum Alloy. *World Electr. Veh. J.* 2024, 15, 200. <https://doi.org/10.3390/wevj15050200>

31. Балицький О.І., Іваськевич Л. М., Колесніков В. О., Ріпей І. В. Дослідження циклічної тріщиностійкості сталі 38ХНЗМФА після наводнювання. І-ша Всеукраїнська наук.-практ. інтернет-конф. «Сучасна наука: стан, проблеми, перспективи». Матеріали. м. Старобільськ, 14-15 квітня 2020 р. С. 112 – 114.

32. Chen, F.; Fu, Z.; Qiu, B.; Si, C.; Zhu, Q.; Feng, C.; Sun, X.; Liang, H.; Yang, L. Predicting the Fatigue Life of a Commercial Vehicle X-EPS Steering Gear with a Rigid–Flexible Coupling Dynamics Method. *Machines* 2025, 13, 218. <https://doi.org/10.3390/machines13030218>

33. Балицький Олександр, Колесніков Валерій, Іваськевич Любомир. Дослідження циклічної тріщиностійкості сталі 38ХНЗМФА за умов зміни параметрів мікроструктур. Сучасна наука: стан, проблеми, перспективи. Міжн. наук.-практичн. конф., 14-15 квітня 2021 р.: матеріали. Старобільськ, ДЗ «ЛНУ ім. Тараса Шевченка», 2021. С. 120–122.

34. Бурдун В. В., Ревякіна О. О., Колеснікова Є. Б. Деякі приклади застосування інформаційних технологій в автомобільній галузі та освіті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 30–34.

35. Бикадорова Н.О., Бурдун В.В., Балицька В.О. Комп'ютерне моделювання як засіб для підвищення безпеки на автомобільному транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 44–47.

36. Ning, X.; Chen, M.; Zhou, Z.; Shu, Y.; Xiong, W.; Cao, Y.; Shang, X.; Wang, Z. Thermal Analysis of Automobile Drive Axles by the Thermal Network Method. World Electr. Veh. J. 2022, 13, 75. <https://doi.org/10.3390/wevj13050075>

37. Балицький О.І., Колесніков В.О., Бикадорова Н. О., Рожкова А.Ю. Комп'ютерне моделювання ортогонального точіння жароміцного нікелевого сплаву. Нові сталі та сплави і методи їх оброблення для підвищення надійності та довговічності виробів: XV-та міжн. науково-практичн. конф., 8–9 листопада 2022 р.: зб. наук. праць. Запоріжжя: Національний університет Запорізька політехніка з УкрНДІСпецСталь, 2022. С. 84–86.

38. Н.О. Бикадорова, В.О. Колесніков, В.В. Бурдун, В.О. Балицька. Застосування комп'ютерного моделювання як метод підвищення безпеки на транспорті. XVI Міжнар. наук.-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 60-62.

39. García-León, R.A.; Afanador-García, N.; Gómez-Camperos, J.A. Numerical Study of Heat Transfer and Speed Air Flow on Performance of an Auto-Ventilated Disc Brake. Fluids 2021, 6, 160. <https://doi.org/10.3390/fluids6040160>

40. Колесніков Валерій, Гаврилук Марія, Балицький Олександр. Застосування методів комп'ютерного зору для ідентифікації продуктів різання та зношування з урахуванням матеріалознавчих засад. «Сучасна наука та освіта». Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. м. Старобільськ, 14-15 квітня 2021 р.С. 140 – 142.

41. Колесніков В. О., Гаврилук М. Р., Бикадорова Н. О., Колеснікова Єл. Б. Розпізнавання зображень частинок зношування як інструменту для технічної діагностики в транспортній галузі та енергомашинобудуванні. Актуальні питання, проблеми та перспективи розвитку науки та освіти: I Всеукраїнська міждисциплінарна науково-практичн. конф., 27-28 квітня 2022 р. Полтава: матеріали. Вид-во ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», 2022. С. 205–208.

42. Moinard, J.; Ceccarelli, M.; Russo, M. Design and Testing of a Wearable System for Monitoring Car Drivers. Appl. Sci. 2025, 15, 1930. <https://doi.org/10.3390/app15041930>

43. Калембет М. В.; Слободенюк С. М.; Бикадорова Н. О. Розгляд деяких причин виходу з ладу двигунів у автомобілів Volkswagen Passat B5. Стислий приклад ремонтних робіт. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 139–144.

44. Бурдун В.В., Рожкова А.Ю., Бикадорова Н.О., Ревякіна О.О. Деякі підходи щодо проведення та оцінювання якості ремонтних робіт автомобілів. «Актуальні питання експертної та оціночної діяльності»: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Полтава, 26–27 вересня 2024 року). Харків: Вид-во Іванченка І. С., 2024. С. 96 – 101.

45. Колесніков В.О., Бурдун В.В., Бикадорова Н.О., Рожкова А.Ю. Застосування комп'ютерного моделювання з урахуванням впливу структурно-фазового стану сплавів на механічну оброблюваність виробів з метою отримання якісної продукції в

енергомашинобудуванні. «Актуальні питання експертної та оціночної діяльності»: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Полтава, 26–27 вересня 2024 року). Харків: Вид-во Іванченка І. С., 2024. С. 133 – 138

46. Колесніков В.О., Еліаш Я., Гаврилюк М.Р., Ревякіна О.О. Застосування методів комп'ютерного зору для оцінки стану поверхневих та підповерхневих шарів заготовок під час механічної обробки з метою отримання більш якісної та безпечної продукції для енергомашинобудування. Актуальні питання експертної та оціночної діяльності. II-га міжн. науково-практичн. конф., 25–26 листопада 2021 р., м. Старобільськ – м. Полтава, ДЗ «ЛНУ ім. Тараса Шевченка», 2021 – Харків: Вид-во Іванченка І. С. С. 100–102.

47. Бурдун В. В., Бикадорова Н. О.; Хорошевський О. О. Приклад заміни ременя ГРМ на автомобілі Fofd Escort. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 58–62. ISBN 978-966-641-929-6.

48. Perka, A.K.; John, M.; Kuruveri, U.B.; Menezes, P.L. Advanced High-Strength Steels for Automotive Applications: Arc and Laser Welding Process, Properties, and Challenges. Metals 2022, 12, 1051. <https://doi.org/10.3390/met12061051>

Ревякіна Ольга Олександрівна – к.т.н., доцент, кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни.

Бурдун Віктор Васильович – к.пед.н., доцент, кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни.

Бикадорова Наталія Олексіївна – ст. викладач кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни.

Reviakina Olga Olexandrivna - PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava.

Burdun Viktor Vasilovich – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Commerce, Serving Technologies and Tourism, State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", Poltava, Lubny.

Bykadorova Natalia Oleksiivna - Senior Lecturer, Department of the Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Commerce, Serving Technologies and Tourism, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny.

УДК 656.052.8

Рогозін І.В., Родюков А.О.

ПЕРЕСУВНИЙ ТРЕНАЖЕРНИЙ КОМПЛЕКС ПІДГОТОВКИ ВІЙСЬКОВИХ ВОДІЇВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ С

Для забезпечення якісної підготовки військових водіїв транспортних засобів категорії С в умовах військового стану в Україні запропоновано варіант пересувного тренажерного комплексу підготовки водіїв транспортних засобів категорії С.

Представлена структурна схема пересувного тренажерного комплексу.

Ключові слова: *автомобіль, водії, матеріально-технічна база, пересувний тренажерний комплекс.*

To ensure high-quality training of military drivers of category C vehicles under martial law in Ukraine, a variant of a mobile training complex for training drivers of category C vehicles has been proposed.

A structural diagram of a mobile training complex is presented.

Key words: *car, drivers, material and technical base, mobile training complex.*

Безпека дорожнього руху при одночасному забезпеченні швидкого та вчасного, прихованого переміщення підрозділів сил оборони у великій мірі залежить від підготовки (навченості) військових водіїв транспортного засобу. Вони повинні вміти постійно оцінювати дорожню обстановку, контролювати технічний стан автомобіля, приймати правильні рішення і відповідним чином впливати на його органи керування. Точність виконання процесів та дій, щодо керування військовим транспортним засобом, а відповідно й майстерність військового водія залежать, у першу чергу, від його особистих якостей та навичок, які набуваються під час навчання професії водія транспортного засобу та у наступному вдосконалюються у ході виконання завдань за призначенням [1; 2].

Підготовка водіїв (теоретична та практична) здійснюється відповідно до навчальної програми, що розробляється закладом, акредитованим у встановленому законодавством порядку, який здійснює підготовку водіїв транспортних засобів на підставі вимог керівних документів. Для забезпечення того, хто навчається, навчальною інформацією, управління процесами запам'ятовування, вмілого застосування і розуміння знань, управління пізнавальною діяльністю та контролю результатів навчання у процесі їх підготовки використовується матеріально-технічна бази (далі - МТБ), схема складових якої надана на рис. 1 [3].

Досвід підготовки військових водіїв транспортних засобів провідних держав світу вказує на те, що одним з розповсюджених варіантів підвищення рівня практичної навченості водіїв, що експлуатують транспортний засіб, є широке використання нових методів та підходів до організації та проведення занять, які базуються на використанні сучасних тренажерів. Широкі можливості для цього відкривають технічні засоби навчання, зокрема пересувні тренажерні комплекси підготовки військових водіїв транспортних засобів [4].

Враховуючі досвід триваючої війни з російською федерацією, підготування військових водіїв повинно здійснюватися в умовах розосередження та в деяких випадках поза межами розташування стаціонарної МТБ. Тому, застосування сучасних пересувних тренажерних комплексів може дозволити якісно навчати тих, хто навчається, за програмою підготовки військових водіїв транспортних засобів в умовах військового стану в Україні, забезпечуючи пересування складових МТБ по дорогам з твердим покриттям та поза їх межами до автодрому або іншого місця проведення занять.

На цей час відомі декілька варіантів побудови пересувних тренажерних комплексів підготовки водіїв транспортних засобів на базі:

- автомобіля зі встановленим навантажувально-розвантажувальним механізмом типу “мультиліфт”, на якому розташований спеціальний контейнер з МТБ;
- автомобіля та причепа з МТБ;
- автомобіля-тягача та напівпричіпа з МТБ та ін.

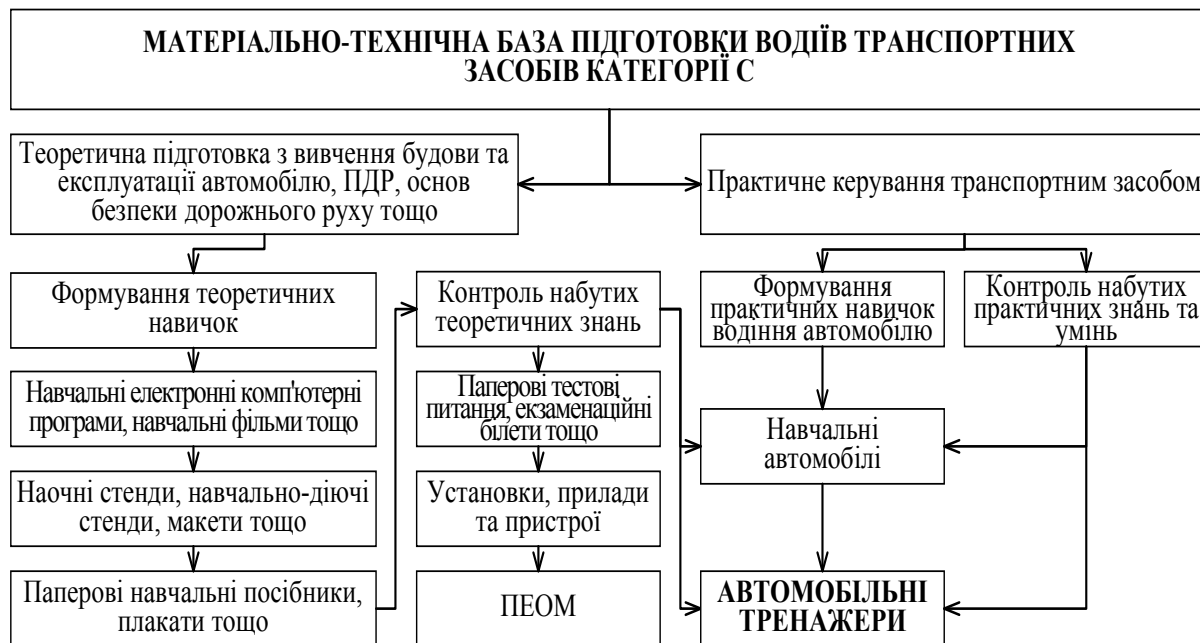


Рисунок 1 – Матеріально-технічна база підготовки водіїв транспортних засобів категорії С

У доповіді розглянуто варіант структурної схеми перспективного пересувного тренажерного комплексу підготовки військових водіїв транспортних засобів категорії С для якісного забезпечення практичного водіння автомобільної і спеціальної техніки (рис. 2).

Наданий перспективний пересувний тренажерний комплекс на базі автомобіля та причепа (рис. 2) має наступні складові елементи, що забезпечують:

а) автомобіль, який обладнаний відповідно вимог до навчального транспортного засобу категорії С:

1) пересування тренажерного комплексу;

2) формування практичних вмінь та навичок тих, хто навчається, за відповідними блоками змістових модулів;

б) обладнання для з'єднання причепа з автомобілем:

1) з'єднання автомобіля та причепа для пересування тренажерного комплексу;

2) формування практичних вмінь та навичок тих, хто навчається, за відповідним блоком змістових модулів;

в) причеп:

1) пересування фургона (приміщення) тренажерного комплексу з його обладнанням та складовими.

Фургон (приміщення) тренажерного комплексу з його обладнанням та складовими забезпечує:

а) обладнання приміщення та життєзабезпечення:

1) створення комфортних умов для проведення навчальних занять;

б) автомобільний тренажер:

1) формування теоретичних знань за відповідними блоками змістових модулів;

2) формування вміння та навиків курсантів за блоком змістових модулів „Практичне керування транспортними засобами категорії С (сприйняття габаритів автомобіля, швидкості руху, відповідальності за створення небезпечної дорожньої обстановки та ситуації, тощо)”;
в) МТБ, до якої входять технічні засоби, навчальні посібники, наочне приладдя.

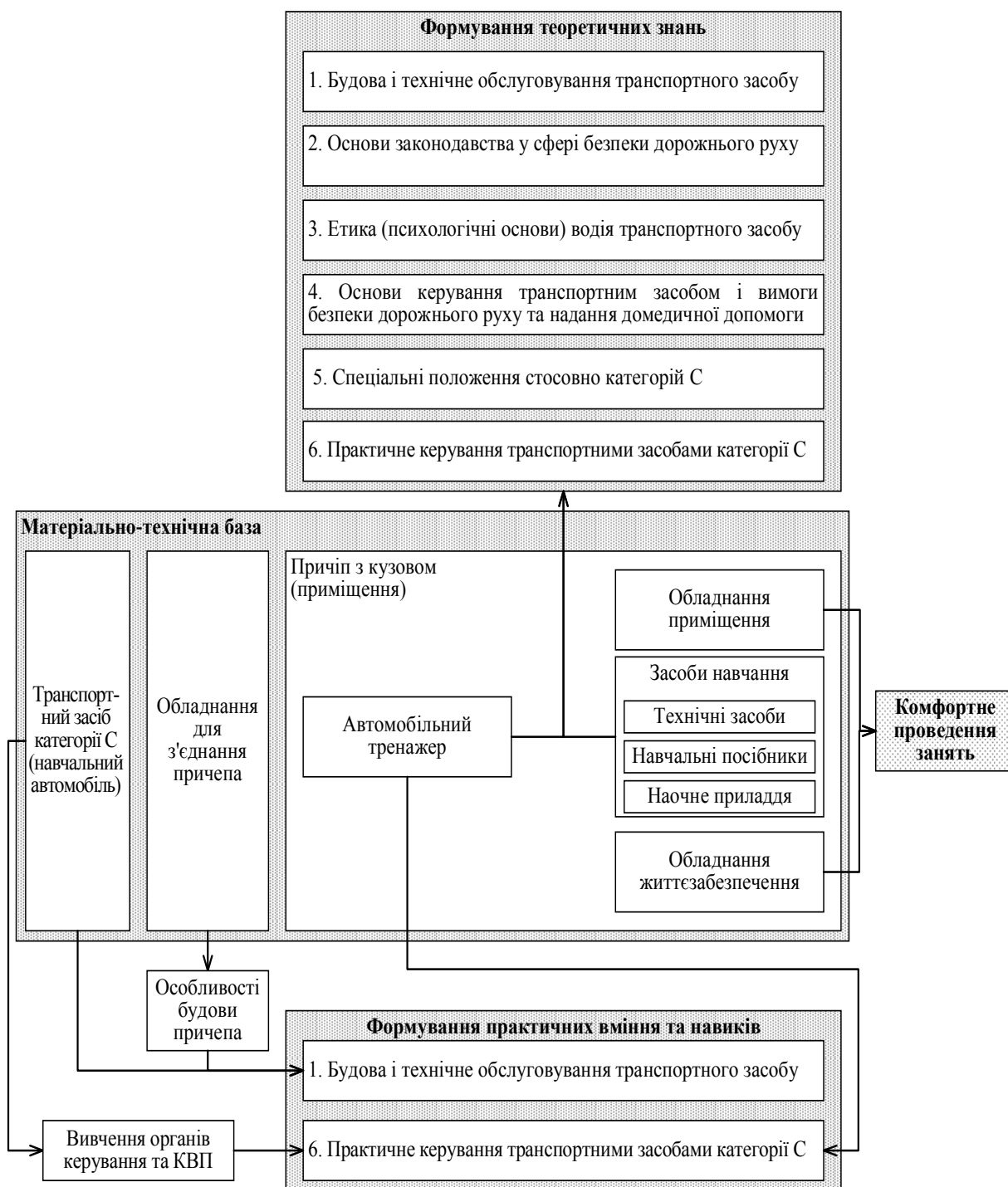


Рисунок 2 – Структурна схема перспективного пересувного тренажерного комплексу підготовки військових водіїв транспортних засобів категорії С

Слід відзначити, що у запропонованого перспективного пересувного тренажерного комплексу підготовки військових водіїв транспортних засобів категорії С є деякі недоліки. Відносно низька прохідність автопотягу по ґрунтовим дорогам при русі до місця проведення

занять, неможливість використання кузова причепа для перевезення тих, хто навчається, до місця проведення навчальних занять, а також неможливість експлуатації базового шасі причепа у час коли за розкладом занять не сплановані.

До переваг перспективного пересувного тренажерного комплексу підготовки військових водіїв транспортних засобів категорії С належить відносно великий об'єм приміщення, яке монтується на причепі. У цьому приміщенні можливо вільно розташувати потрібну МТБ та тих, хто навчається. Автомобіль, що буксирує причеп з кузовом до місця проведення навчальних занять може використовуватися у якості навчального транспортного засобу категорії С, а у час коли за розкладом немає навчальних занять, може експлуатуватися за іншим прямим призначенням.

Таким чином запропонована структурна схема перспективного пересувного тренажерного комплексу підготовки може забезпечити якісну підготовку військових водіїв транспортних засобів категорії С в умовах військового стану в Україні з застосовуванням комплексного підходу, що передбачає можливість пересування практично всіх складових матеріально-технічної бази по дорогам з твердим покриттям та поза їх межами до автодрому або іншого місця проведення навчальних занять у будь-яку пору року незалежно від впливу навколишнього середовища (атмосферних опадів, перепадів температури тощо).

Список використаних джерел

1. Воєнно-історичний опис російсько-української війни: Вип. 23: січень 2024 року / Міністерство оборони України, Апарат Головнокомандувача Збройних Сил України, Генеральний штаб Збройних Сил України та Центр досліджень воєнної історії Збройних Сил України. – Київ, 2024. – 205 с.2. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: технологія: підручник. Київ : Вища школа, 2007. 527 с.
2. Дуфанець І.Б., Зеленюх О.М., Тимко А.Ю., Канчуга М.К. Тренувальні засоби навчання та методики їх використання під час курсу водіння автомобільної техніки. Інноваційна педагогіка. 2023. № 58. Том 1. С. 135-140. URL: DOI <https://doi.org/10.32782/26636085/2023/58.1.28>
3. Про затвердження Переліку вимог до закладів, що проводять підготовку, перепідготовку і підвищення кваліфікації водіїв транспортних засобів, та кваліфікаційних вимог до спеціалістів, які здійснюють таку підготовку. Наказ МВС України, від 24.11.2023 № 954 режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z2161-23#Text>
4. Шляхи організації якісної підготовки водіїв військових транспортних засобів категорії С в сучасних умовах. Системи озброєння і військова техніка І.В. Рогозін, А.О. Родюков, К.Г. Яценко. - Х., 2024. - №2 (78). - С. 21 – 29. DOI: 10.30748/soivt.2024.78.03

Рогозін Ігор Віталійович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри теорії та конструкції автомобільної та спеціальної техніки Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Родюков Анатолій Олексійович – доцент кафедри теорії та конструкції автомобільної та спеціальної техніки Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба

Ihor Rohozin – PhD in Engineering, Senior Researcher, Associate Professor of the Department of Theory and Construction of Automotive and Special Equipment, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

Anatolii Rodiukov – Associate Professor of the Department of Theory and Construction of Automotive and Special Equipment, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University

УДК 656.11:004.94

Рудь М.П.

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИНХРОНІЗАЦІЇ СВІТЛОФОРІВ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЗАТОРІВ

Проведено імітаційне моделювання синхронізації світлофорів для зменшення заторів на вулиці з одностороннім рухом у центрі міста (вул. Благовісна м. Черкаси). Розроблено модель транспортного потоку, досліджено вплив узгодженого регулювання світлофорів на показники руху. Визначено ефективність запропонованих змін для покращення трафіку.

Ключові слова: транспортне моделювання, синхронізація світлофорів, узгоджене регулювання, транспортні потоки, PTV Vissim, затори, пропускна здатність..

A simulation modeling of traffic signal synchronization was carried out to reduce congestion on a one-way street in the city center (Blahovisna St., Cherkasy). A traffic flow model was developed, and the impact of coordinated traffic signal control on traffic indicators was investigated. The effectiveness of the proposed changes for traffic improvement was determined.

Keywords: traffic modeling, traffic signal synchronization, coordinated control, traffic flows, PTV Vissim, congestion, traffic capacity.

Проблема заторів у міських умовах залишається однією з найгостріших в сучасних містах. Дана проблема є комплексною і на практиці застосовуються різні підходи до її вирішення. В умовах України однією з основних причинами затримок на транспортних магістралях є низька ефективність управління світлофорним регулюванням та відсутність координації сигналів між сусідніми перехрестями. У світовій практиці для вирішення цієї проблеми активно застосовують синхронізацію світлофорних об'єктів, що дозволяє зменшити кількість зупинок транспорту, скоротити час у дорозі, витрати палива і відповідно шкідливі викиди [1]. Інноваційні технології управління, такі як адаптивне регулювання світлофорів з використанням цифрових двійників [2], а також інтегровані підходи, які враховують пріоритет громадського транспорту [3], демонструють значний потенціал для покращення дорожнього руху та зменшення заторів.

Вулиця Благовісна у Черкасах є типовим прикладом магістралі з одностороннім рухом у центральній частині міста, яка регулярно потерпає від транспортних затримок та заторів у години пік. Несинхронізовані світлофорні об'єкти, різна тривалість циклів світлофорів на суміжних перехрестях призводять до того, що транспортний потік часто зупиняється, спричиняючи накопичення автомобілів та утворення заторів. Це зумовлює необхідність детального дослідження і розробки оптимальних рішень щодо узгодження світлофорних сигналів.

Враховуючи зазначену проблематику, актуальним є дослідження ефективності синхронізації світлофорного регулювання з метою зменшення заторів та підвищення пропускної здатності вулиці Благовісної. Дослідження проводилось шляхом розробки імітаційної моделі з використанням програмного комплексу PTV Vissim для оцінки впливу узгодженого режиму світлофорів на транспортні затримки та характеристики руху транспорту.

За допомогою програмного комплексу PTV Vissim, розроблено імітаційну модель (рис. 1) вул. Благовісна з 4-ма послідовними регульованими перехрестями з вулицями Небесної сотні, Смілянська, Остафія Дашкевича та Байди Вишневецького (вулиці вказано в порядку в якому їх перетинає ТЗ, що рухається по вул. Благовісній). Серед особливостей модельованої ділянки міста слід відзначити наступне. Вул. Благовісна має односторонній рух по трьом смугам. Рух тролейбусів по ній відсутній. Період рух рейсових автобусів навіть в години пік

складає не менше 2-3 хвилини. Тобто громадський транспорт на завантаженість вулиці практично не впливає. Вул. Небесної сотні також одностороння з двома смугами руху. Вул. Смілянська є магістральною двосторонньою, має тролейбусний рух та інтенсивний рух автобусів. Вулиці Остафія Дашкевича та Байди Вишневецького зазвичай мало завантажені. Для побудови моделі було проведено наступні дослідження: розташування елементів дорожньої розмітки, дорожніх знаків, визначення параметрів світлофорного циклу, визначення напрямку руху та інтенсивності потоків ТЗ в ранкову годину пік.

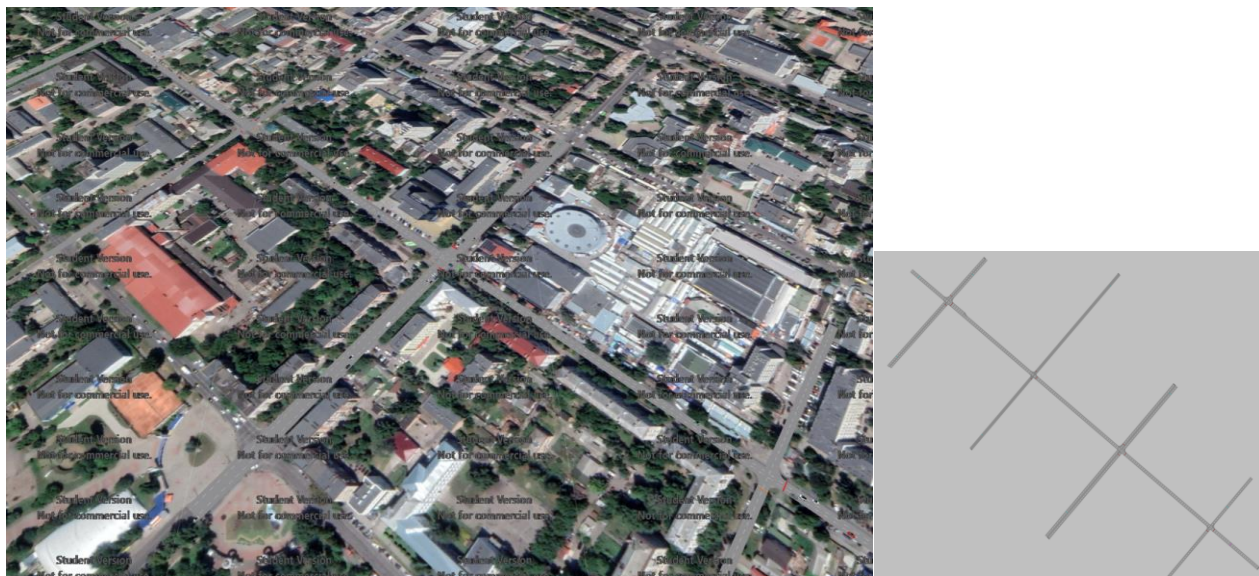


Рисунок 1 – Модель вул. Благівісна з 4-ма послідовними регульованими перехрестями, розроблена в програмному комплексі PTV Vissim

В результаті визначення параметрів світлофорних циклів на всіх досліджуваних перехрестях встановлено, що всі вони мають різні періоди циклу (72 с, 90 с, 63 с, 70 с відповідно), а також різні тривалості зеленого сигналу (по вул. Благівісна) (рис. 2).

Наслідком такого налаштування світлофорних циклів є фактично випадкова залежність моментів ввімкнення зеленого світла для кожного наступного автомобіля, який рухається вулицею Благівісна. А враховуючи невелику відстань між світлофорами (складає близько 270 м) в години пік, автомобілі досить швидко накопичуються між перехрестями блокуючи одразу веж перший квартал між вулицями Небесної сотні і Смілянською.

В цьому дослідженні проведено імітаційне моделювання режиму «зелена хвиля» для випадку руху автомобілів з середньою швидкістю 45 км/год. Для цього обрано для всіх світлофорів однаковий період циклу (75 секунд), та зсув між фазами у 21 секунду. Значення середніх часу затримки в мережі, кількості зупинок ТЗ, швидкості всіх ТЗ для діючого режиму світлофорів і режиму «зелена хвиля» представлено в табл. 1. В результаті моделювання показано суттєве зростання пропускної спроможності змодельованої ділянки вулично-дорожньої мережі (враховувалась пропускна здатність як вулиці Благівісна так і перпендикулярних до неї вулиць. При цьому різниця значень між діючим режимом і вдосконаленим є вищою ніж середньоквадратичне відхилення цих величин при прогоні моделі з різними випадковими початковими умовами.

Проведене імітаційне моделювання демонструє значний позитивний вплив синхронізації світлофорних об'єктів на транспортну ситуацію на вул. Благівісна в м. Черкаси. Встановлено, що введення узгодженого режиму роботи світлофорів («зелена хвиля») дозволяє суттєво зменшити середній час затримки транспортних засобів, скоротити кількість зупинок та підвищити середню швидкість руху на досліджуваній ділянці.

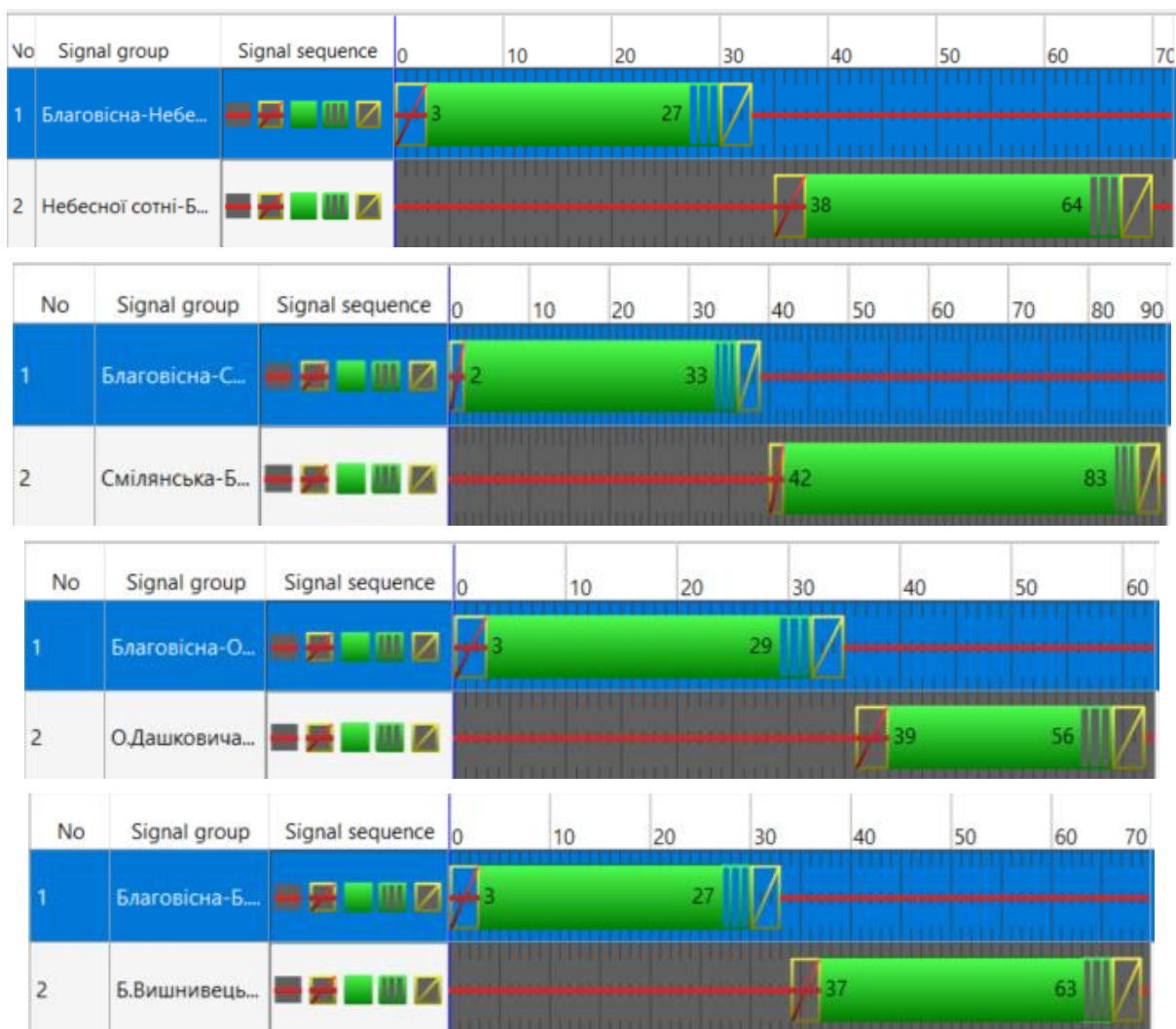


Рисунок 2 – Програми світлосигнальних пристроїв

Таблиця 1 – Результати аналізу імітації перехрестя для різних режимів світлофорів (в дужках вказано середньоквадратичне відхилення)

Назва показника	Діючий режим	Режим «Зелена хвиля»
Час затримки в мережі, с	41,55 (3,66)	33,23 (3,3)
Середня кількість зупинок ТЗ	1,44 (0,11)	1,12 (0,12)
Середня швидкість всіх ТЗ, км/год	25,9 (0,94)	28,63 (1,33)

Отримані результати підтверджують, що синхронізація світлофорів є ефективним рішенням для підвищення пропускної здатності та зниження рівня заторів, що особливо актуально для вулиць з інтенсивним рухом у години пік. Впровадження запропонованих заходів може сприяти не лише поліпшенню дорожньо-транспортної ситуації, але й зниженню шкідливих викидів за рахунок зменшення кількості прискорень та зупинок автомобілів.

Список використаних джерел

1. Adacher L., Gemma A., Oliva G. Decentralized Spatial Decomposition for Traffic Signal Synchronization. Transportation Research Procedia. 2014. Vol. 3. P. 992–1001. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.079>.

2. Dasgupta S., Rahman M., Jones S. Harnessing Digital Twin Technology for Adaptive Traffic Signal Control: Improving Signalized Intersection Performance and User Satisfaction. IEEE Internet of Things Journal. 2024. P. 1. URL: <https://doi.org/10.1109/jiot.2024.3420439>.
3. Colombaroni C., Fusco G., Isaenko N. A Simulation-Optimization Method for Signal Synchronization with Bus Priority and Driver Speed Advisory to Connected Vehicles. Transportation Research Procedia. 2020. Vol. 45. P. 890–897. URL: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.079>.

Рудь Максим Петрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та технології їх експлуатації факультету електронних технологій, автотранспорту та машинобудування, Черкаського державного технологічного університету

Rud Maksym – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobiles and Technologies of Their Operation, Faculty of Electronic Technologies, Motor Vehicles and Mechanical Engineering, Cherkasy State Technological University

УДК 629.3:378

Самостян В.Р., Дембіцький В.М.

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВИКЛАДАННЯ ОСВІТНІХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ СПЕЦІАЛЬНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ

У роботі розглядаються інноваційні методи викладання освітніх компонентів для здобувачів освіти спеціальності «Автомобільний транспорт». Проаналізовано сучасні підходи до навчання, зокрема інтерактивні методи, цифрові технології, STEM-освіту, мейкерство та проблемно-орієнтоване навчання. Особлива увага приділяється впровадженню віртуальних симуляторів, 3D-моделювання та онлайн-платформ для підвищення якості професійної підготовки. Використання цих методів сприяє формуванню практичних навичок, критичного мислення та готовності студентів до викликів сучасної автомобільної галузі.

Ключові слова: *автомобільний транспорт, інтерактивні методи, цифрові технології, професійна підготовка.*

The paper examines innovative methods of teaching educational components for students majoring in "Motor Transport". Modern approaches to learning are analyzed, including interactive methods, digital technologies, STEM education, makerspace, and problem-based learning. Particular attention is paid to the introduction of virtual simulators, 3D modeling, and online platforms to improve the quality of professional training. The use of these methods contributes to the formation of practical skills, critical thinking, and students' readiness for the challenges of the modern automotive industry.

Keywords: *motor transport, interactive methods, digital technologies, professional training.*

Сучасна автомобільна промисловість зазнає стрімких змін, викликаних впровадженням новітніх технологій, автоматизацією процесів та зростаючими вимогами до екологічності й безпеки транспортних засобів. У зв'язку з цим підготовка фахівців у сфері автомобільного транспорту потребує використання інноваційних методів навчання, що забезпечують формування у студентів не лише теоретичних знань, а й практичних навичок, критичного мислення та здатності до швидкої адаптації в умовах динамічного ринку праці.

Інтерактивні методи, цифрові технології, STEM-підходи, мейкерство та проблемно-орієнтоване навчання є ключовими інструментами у процесі викладання освітніх компонентів для здобувачів освіти спеціальності «Автомобільний транспорт». Вони сприяють підвищенню мотивації студентів, дозволяють їм зануритися у реальні виробничі ситуації та забезпечують ефективне засвоєння матеріалу. Даний підхід дає можливість майбутнім фахівцям розвивати професійні компетентності та бути конкурентоспроможними у сфері автомобільного транспорту. Далі більш детально розглянемо інноваційні підходи до викладання освітніх компонентів.

Інтерактивні методи навчання включають в себе: метод кейсів, ділові ігри та метод проєктів. Отже, **Метод кейсів (case study):** передбачає аналіз реальних або наближених до реальності ситуацій у сфері автомобільного транспорту. Викладач презентує студентам кейс (сценарій) із проблемною ситуацією, після чого студенти вивчають причини виникнення проблеми, аналізують можливі шляхи її вирішення, розробляють рекомендації та презентують їх перед групою. Наприклад, розбір ситуації, де вантажний автомобіль вийшов з ладу через несправність гальмівної системи. Студенти досліджують умови експлуатації, технічне

обслуговування та приймають рішення щодо оптимізації сервісного плану для уникнення подібних випадків.

Ділові ігри: імітація реальних виробничих процесів у сфері автомобільного транспорту, студенти беруть на себе ролі керівників автопідприємств, працівників СТО, клієнтів тощо. В ході гри вони: планують робочі процеси (ремонт, технічне обслуговування), розподіляють обов'язки та визначають пріоритетні завдання, приймають рішення у відповідь на несподівані ситуації. Як приклад можна навести сценарій, де студенти організовують роботу станції техобслуговування з обмеженими ресурсами, визначають терміновість ремонту та координують команду працівників.

Метод проєктів: студенти створюють власні навчальні проєкти на основі отриманих знань. Процес передбачає планування, дослідження, створення технічної документації та презентацію результатів. Наприклад: студенти працюють над створенням системи контролю тиску в шинах з використанням сучасних електронних датчиків і презентують функціонуючий прототип.

Використання *цифрових технологій* досить популярний метод у багатьох європейських країнах та набуває поширення у нас, однак вимагає спеціалізованого дороговартісного обладнання.

Віртуальні симулятори дозволяють імітувати реальні умови роботи автомобільних систем у безпечному середовищі. Використовуються для тренування в діагностиці несправностей, ремонту та оптимізації систем автомобіля. Наприклад, симулятор для роботи зі складними паливними системами, де студенти виконують діагностику, тестують параметри і налаштовують оптимальні характеристики роботи.

3D-моделювання забезпечує детальну візуалізацію складних механізмів та вузлів автомобіля. Студенти досліджують внутрішню будову систем, їх принципи роботи та можливі несправності. Наприклад, використання 3D-моделі коробки передач для демонстрації її роботи при різних швидкісних режимах та механізмів синхронізації.

Онлайн-платформи та додатки використовуються для створення інтерактивних навчальних матеріалів, тестування знань та відстеження навчального прогресу. Платформи на зразок Moodle чи Google Classroom дозволяють організувати дистанційне навчання, обмінюватися матеріалами, перевіряти завдання та проводити відеолекції.

STEM-підходи інтегрують природничі науки, техніку та математику для рішення практичних задач. Підходять для розробки екологічних технологій транспорту, підвищення ефективності двигунів або дослідження аеродинамічних властивостей автомобілів. Наприклад, створення прототипу електромобіля на основі вивчення законів фізики та електроніки.

Мейкерство – студенти створюють фізичні моделі автомобільних систем. Залучає практичну роботу зі схемами, сенсорами та мікроконтролерами. Як приклад, можна навести створення системи автоматичного освітлення в автомобілі на базі Arduino.

Проблемно-орієнтоване навчання (PBL) орієнтоване на дослідження практичних задач через пошук рішень. Викладач ставить перед студентами складну ситуацію, яку вони аналізують і пропонують методи її розв'язання. Наприклад, аналіз реальної ДТП з метою визначення причин аварії та розробки рекомендацій для запобігання подібним інцидентам у майбутньому.

Використання інноваційних методів викладання освітніх компонентів у підготовці фахівців автомобільного транспорту сприяє підвищенню рівня засвоєння знань, розвитку практичних навичок та формуванню професійних компетенцій. Інтерактивні методи, цифрові технології, STEM-підходи, мейкерство та проблемно-орієнтоване навчання створюють умови для активного навчального процесу, який відповідає сучасним вимогам ринку праці.

Застосування цих підходів дозволяє студентам не лише отримувати знання, а й розвивати критичне мислення, творчий підхід та вміння працювати в команді. Інноваційні методи навчання забезпечують глибше розуміння теоретичних основ, сприяють їх практичному

застосуванню та формують висококваліфікованих фахівців, здатних адаптуватися до викликів автомобільної галузі.

Список використаних джерел

1. Сидоренко В.В. Інноваційні методи навчання у професійній освіті. – Київ: Освіта України, 2020.
2. Петров А.М. Використання цифрових технологій у навчанні інженерних спеціальностей. – Львів: Техніка, 2019.
3. Іваненко О.В. STEM-освіта в Україні: тенденції та перспективи. – Харків: Наука і техніка, 2021.
4. Коваленко М.П. Проблемно-орієнтоване навчання як основа підготовки фахівців. – Одеса: Педагогічна думка, 2022.
5. Журнал «Автомобільний транспорт і освіта», випуск №4, 2023.

Самостян Віктор Русланович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортних технологій факультету транспорту та механічної інженерії Луцького національного технічного університету

Дембіцький Валерій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортних технологій факультету транспорту та механічної інженерії Луцького національного технічного університету

Samostian Viktor – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Faculty of Transport and Mechanical Engineering, Lutsk National Technical University

Dembitskyi Valerii – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Faculty of Transport and Mechanical Engineering, Lutsk National Technical University

УДК 629.113

Сахно В.П., Марчук Р.М., Бишевич В.В.

ДО ВИЗНАЧЕННЯ МАНЕВРЕНОСТІ ТРИЛАНКОВИХ АВТОПОЇЗДІВ ТИПУ В-TRIPLE З КЕРОВАНИМИ ОСЯМИ ВОЗИКІВ НАПІВПРИЧЕПІВ

Автомобільні вантажні перевезення постійно демонструють свою пріоритетність. Особливої уваги заслуговують перевезення вантажів у контейнерах, що є потужним імпульсом для збільшення довжини автомобільних транспортних засобів та може бути забезпечено триланковими автопоїздами. Відтак визначення маневреності та відповідних приводів управління напівпричепами є актуальним науковим завданням.

Ключові слова: автопоїзд, маневреність, напівпричеп, возтик, привід управління, кут складання, габаритна смуга руху.

Road freight transportation constantly demonstrates its priority. Special attention deserves the freight transportation in containers, which is a powerful impetus for increasing the length of road vehicles and can be provided by three-link road trains. Therefore, determining the maneuverability and corresponding drives for controlling semi-trailers is an urgent scientific task.

Key words: road train, maneuverability, semi-trailer, dolly, drive control, folding angle, overall traffic lane width.

За останні роки потужним імпульсом для збільшення довжини автомобільних транспортних засобів, особливо автопоїздів, послужив розвиток перевезень вантажів у контейнерах, що змусило ці довжини погоджувати з розмірами універсальних контейнерів ISO. Контейнерні вантажоперевезення дволанковими, а в останні роки і триланковими автопоїздами є найбільш популярними, що пов'язано з відомими перевагами триланкових автопоїздів у порівнянні з дволанковими [1]. Серед триланкових автопоїздів перспективними можуть стати 35-метрові автопоїзди з двома причепами або напівпричепами, здатними перевозити три контейнери, рис. 1.



Рисунок 1 – Автопоїзд з двома причепами

Зазначимо, що повні маси, габарити і допустимі навантаження для вантажних транспортних засобів у Європі регламентуються DIRECTIVE 2002/7/EC, у якій максимальна повна маса дволанкового автопоїзда з напівпричепом на пневматичній підвісці не може перевищувати 44 т. У разі застосування триланкових автопоїздів загальна маса автопоїзда G_{ap} збільшується до 60 т, а багатоланкових – до 100 т [2].

На сьогодні у конструкціях багатоланкових автопоїздів використовують, як правило, дві основні компоновальні схеми – причіпні (автомобіль + n причепів) і напівпричіпні

(автомобіль-тягач + n напівпричепів). Причіпні триланкові автопоїзди розглянуті в роботі [3]. Тому представляється доцільним розглянути і напівпричіпні автопоїзди (типу B-triple) при перевезенні трьох контейнерів. Така організація перевезень призведе до економії енергії та зниження рівня забруднення навколишнього середовища за рахунок зменшення кількості транспортних засобів. Однак, при цьому виникає проблема, пов'язана з маневреністю і стійкістю таких транспортних засобів.

Розробка компактних і простих у використанні математичних моделей сприятиме розв'язку проблеми щодо надійних прогнозів руху багатоланкових транспортних засобів різної кінематичної конструкції. Успіх у рішенні подібних задач залежить від того, наскільки вдало обрана математична модель і її істотні параметри, що описують поведінку динамічної системи у різних режимах руху. Для маневреності – це рівняння у плоскопаралельному русі, зважаючи на невеликі швидкості, для стійкості – у просторовому русі. В зв'язку з цим визначення показників маневреності триланкових автопоїздів типу B-triple з керованими осями возиків напівпричепів являється актуальним науковим завданням.

Проведеними раніше дослідженнями доведено, що автопоїзди типу B-triple за некерованих причіпних ланок, а також за керованих причіпних ланок з прямим приводом управління на керовані осі напівпричепів не задовольняють вимогам нормативних документів. Одним із можливих шляхів поліпшення таких автопоїздів може бути застосування подвійного приводу управління на керовані осі візків напівпричепів [3]. При цьому доцільно розглядати дві принципово різні системи управління:

- автопоїзд з передніми керованими осями візків напівпричепів;
- автопоїзд з задніми керованими осями візків напівпричепів.

Зазначимо, що тривісний візок напівпричепа з двома задніми неповоротними осями завжди можна звести до двовісного, зважаючи на те, що кінематика повороту багатовісного візка еквівалентна двовісному.

Попередніми дослідженнями [3] доведено, що маневреність триланкового автопоїзда типу B-double визначається, в основному, зміщеннями траєкторій другого напівпричепа щодо траєкторії тягача. Можна передбачити, що і для автопоїзда типу B-triple маневреність буде визначатися зміщеннями траєкторії третього напівпричепа щодо траєкторії автомобіля. У такому випадку при визначенні кутів складання триланкового автопоїзда типу B-triple розглядаємо послідовно системи, що складаються із автомобіля-тягача і першого напівпричепа, першого напівпричепа з другим напівпричепом, а потім другого і третього напівпричепа. Приймаючи до уваги відомі із кінематики залежності, а також результати роботи [3], отримаємо рівняння, що визначають кути складання ланок автопоїзда.

З проведених досліджень слідує, що зі збільшенням кута повороту керованих коліс тягача збільшуються усі кути складання автопоїзда, проте найбільша зміна має місце для третього (кут складання між першим і другим напівпричепом) і п'ятого (кут складання між другим і третім напівпричепом) кутів складання. Кути складання, в свою чергу, визначають передаточне відношення приводу управління. Характерною властивістю подвійного приводу управління є те, що передаточне відношення не залишається постійним, а змінюється зі зміною відповідного кута складання автопоїзда.

Кути складання і передаточне відношення приводу управління визначають величину і напрям кута повороту керованих осей (колес) возика напівпричепа. Відтак, при вході в поворот за незначних усіх кутів складання має місце від'ємне значення кута повороту керованих осей возиків напівпричепів (поворот в сторону протилежну куту повороту керованих колес автомобіля-тягача). При подальшому зростанні кутів складання напрям кутів повороту керованих осей возиків напівпричепів буде співпадати з напрямом повороту керованих колес автомобіля-тягача, що призведе до зменшення зміщення траєкторій напівпричепів і габаритної смуги руху автопоїзда.

За визначеними кутами складання ланок автопоїзда і передаточними відношеннями приводу управління, а відповідно і кутами повороту керованих осей напівпричепів,

(приймаємо задні керовані осі, що забезпечують менші зміщення траєкторій і габаритну смугу руху у порівнянні з передніми керованими осями) визначаємо зміщення траєкторій ланок і габаритну смугу руху автопоїзда. Відтак, встановлено, що при вході в поворот усі напівпричепи зміщуються щодо траєкторії автомобіля-тягача у протилежну сторону. Пояснюється це роботою подвійного приводу управління. При незначних відмінностях на початку руху у кутах складання автопоїзда за передаточного відношення приводу управління керованою віссю напівпричепів меншого одиниці, кути повороту керованих осей набувають від'ємного значення, тобто керовані осі возиків напівпричепів повертаються в сторону протилежну напрямку повороту, зменшуючи тим самим габаритну смугу руху.

Результатами досліджень встановлено, що габаритна смуга руху автопоїзда з керованими напівпричепами зменшується майже на 2 м, проте такий автопоїзд не задовольняє вимогам DIRECTIVE 2002/7/EC щодо маневреності. Пошук шляхів поліпшення маневреності триланкових автопоїздів слід шукати у конструкціях триланкових причіпних автопоїздів.

Список використаних джерел

1. Lovska A., Gerlici J., Dižo J., Kravchenko O. Analysis of the strength of a hopper-type container when transported by a semi-trailer. Applied Sciences. 2023. Vol. 13, Iss. 2. P. 859. DOI: 10.3390/app13020859
2. DIRECTIVE 2002/7/EC of European parliament and of the council of 18 February 2002 amending Council Directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // Official Journal of the European Communities. 2002. No L67/47-49.
3. Поляков В. М., Сахно В. П. Триланкові автопоїзди. Маневреність. Київ : Національний транспортний університет, 2013. 200 с.

Сахно Володимир Прохорович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілів Національного транспортного університету

Марчук Роман Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства Національного університету водного господарства та природокористування

Бишевич Василь Васильович – магістрант кафедри автомобілів та автомобільного господарства Національного університету водного господарства та природокористування

Volodymyr Sakhno – Doctor of technical sciences, Professor, Head of the Automobile Department, National Transport University

Roman Marchuk – candidate of technical sciences, Associate Professor, Assoc. Prof. of Automotive Engineering Department, National University of Water and Environmental Engineering

Vasyl Byshevych – master's student of Automotive Engineering Department, National University of Water and Environmental Engineering

УДК 629.113

Сахно В.П., Маяк М.М., Мурований І.С., Котенко А.С.

ПОЛПШЕННЯ МАНЕВРНОСТІ ШАРНІРНО-З'ЄДНАНИХ АВТОБУСІВ ЗА
РАХУНОК САМОУСТАНОВЛЮВАЛЬНОЇ ОСІ ПРИЧЕПА

За розробленою математичною моделлю плоскопаралельного руху шарнірно-з'єданого автобуса (ШЗА) встановлено, що ШЗА загальною довжиною 18,75 м з некерованою віссю причепа не задовольняє вимогам нормативних документів щодо маневреності ($B_g = 7,349 \text{ м} > [B_g = 7,2 \text{ м}]$). Разом з тим, ШЗА із самоустановлювальною віссю причепа задовольняє вимогам щодо маневреності тільки за довжини автопоїзда до 20,0 м. При збільшенні довжини ШЗА до 22,0 м, дозволеної в Україні, необхідно використовувати керовані причіпні ланки.

Ключові слова: шарнірно-з'єднаний автобус, причіп, маневреність, радіус повороту, габаритна смуга руху, самоустановлювальна вісь, керована вісь.

According to the refined mathematical model of plane-parallel motion of an articulated bus (ABS), it was established that an ABS with a total length of 18.75 m with an unsteered trailer axle does not meet the requirements of regulatory documents for maneuverability ($B_g = 7.349 \text{ m} > [B_g = 7.2 \text{ m}]$). At the same time, an ABS with a self-aligning trailer axle meets the maneuverability requirements only for a road train length of up to 20.0 m. When increasing the length of the ABS to 22.0 m, which is permitted in Ukraine, it is necessary to use steered trailer.

Key words: articulated bus, trailer, maneuverability, turning radius, clearance lane, self-installing axle, steered axle.

Автобуси відіграють важливу роль у державній транспортній системі та транспортних послугах у всьому світі. Згідно з рекомендованими (на основі національних досліджень) нормами співвідношення між автобусами різних класів, які використовуються у великих містах, три чверті всього автобусного парку міста з населенням понад 1 млн жителів мають бути автобуси великого (тривісні 15 метрів, 45%) та особливо великого класу – шарнірно-зчленовані 30% [1]. Для таких автобусів основними параметрами призначення є пасажиромісткість, швидкість обміну пасажиром, динаміка розганяння, максимальна швидкість, стійкість, керованість, а для особливо великих міст, крім того, маневреність, зокрема необхідністю виконання вимог Приписів ЄЕК ООН №36 п.п.5.9.1. «... коли в русі на повороті праворуч, як ліворуч, автобус повинен бути повністю розміщений на крайній точці кузова або бампера в радіусі кола 12,5 м»; і 5.9.2. «... при русі на повороті праворуч, як і ліворуч, коли найбільш виступають точки тіла або бампер описують коло радіусом 12,5 м, автобус слід розташувати в коридорі 7,2 м» (Правила ISO ООН ECE R 36-03:2002). Виконання нормованих показників маневреності автобусів особливо великого класу може бути досягнуто за рахунок раціональної компоновальної схеми автобуса, а також застосуванням самоустановлювальних або керованих коліс причепа. Тому дослідження маневреності автобусів особливо великого класу є актуальним на сьогодні.

Криволінійний рух автопоїзда характеризується такими режимними параметрами, як швидкість руху, радіус повороту і кути повороту керованих коліс, які в процесі експлуатації автопоїзда не залишаються постійними. Тому для оцінки маневреності АТЗ використовують як кінематичні, так і динамічні показники.

Динамічні показники забезпечуються системою «двигун-трансмсія» тягового автомобіля або автомобіля-тягача.

Кінематичні показники повинні забезпечити [2]:

- габаритну смугу руху (ГСР), рівну різниці зовнішнього і внутрішнього габаритних радіусів повороту. Зважаючи на те, що габаритні радіуси повороту нормовані ($R_{зг}=12,5$ м, $R_{вг}=5,3$ м), нормованою буде і габаритна смуга руху ($B_r=7,2$ м);

- можливість рухатися заднім ходом.

Найменш вивченим на-сьогодні є питання можливості руху автопоїзда заднім ходом, яка для багатоланкових автопоїздів теоретично майже не розглядалася. Проте для шарнірно-з'єднаних автобусів (ШЗА), що працюють на виділених маршрутах питання руху заднім ходом не є актуальним.

Характеристики маневреності і стійкості руху АТЗ, як відомо, визначаються комбінацією експлуатаційних, масово-геометричних і конструктивних параметрів його модулів і систем їх управління [2]. В загальному випадку бажані сполучення вказаних параметрів з точки зору маневреності і стійкості навіть для одного і того ж транспортного засобу в діапазоні експлуатаційних навантажень і швидкостей руху бувають різними. Як, наслідок, є складність отримання на ранніх стадіях створення АТЗ точних конструктивних параметрів і кількісних показників за критеріями маневреності і стійкості його руху [3]. Успіх у рішенні подібних задач залежить від того, наскільки вдало обрана математична модель і її істотні параметри, що описують поведінку динамічної системи у різних режимах руху. Для маневреності – це рівняння у плоскопаралельному русі, зважаючи на невеликі швидкості, для стійкості – просторовому русі. Такі рівняння для визначення показників маневреності ШЗА із самоустановлювальними колесами причепа отримані на основі рівнянь маневреності і стійкості руху дволанкових автопоїздів з некерованими причіпними ланками [4].

Отримана система рівнянь, що описує плоскопаралельний рух автопоїзда, суттєво нелінійна і її інтегрування навіть із залученням сучасної обчислювальної техніки визиває певні труднощі. Тому на першому етапі спростимо ці рівняння і приймемо, що ШЗА рухається рівномірно ($\dot{v} = \text{const}$), кути повороту зовнішнього і внутрішнього коліс автомобіля однакові ($\theta_i = \theta'_i$) і поздовжніми силами на осях ШЗА можна знехтувати $X_i = 0$, ($i = 1, 2, 3$).

За цих система рівнянь руху ШЗА прийме вигляд:

$$\begin{aligned}(m + m_1)\omega u + m_1\omega^2 c \sin \phi &= Y_1 \cos \theta + Y_{12} + Y_2 \cos \phi; \\ -\dot{u}m_1c + m_1\omega^2 cd_1 \sin \phi &= aY_1 \cos \theta - bY_{12} - Y_2 d_1 \cos \phi; \\ um_1\omega d_1 \cos \phi - um_1\omega d \sin \phi + m_1\omega^2 d_1 \sin \phi &= Y_2 d_1,\end{aligned}\quad (1)$$

де m і m_1 – маса автобуса і причепа;

c – відстань від центру мас автобуса до точки зчіпки з причепом;

d_1 – відстань від центру мас причепа до точки зчіпки з автобусом;

u, ω – бічна і кутова швидкість автобуса;

ϕ – кут складання ланок ШЗА;

Y_1, Y_{12}, Y_2 – бічні реакції на колесах керованої, ведучої осі автомобіля і причепа.

Бічні реакції на осях автопоїзда визначимо як:

$$Y_i = \frac{k_i \delta_i}{\sqrt{1 + \chi_i^2 \delta_i^2}}, \quad \chi_i = \frac{k_i}{\phi Z_i} \quad (i=1,2,3) \quad (2)$$

Вирази для визначення кутів відведення запишемо у вигляді:

$$\delta_1 = \theta_1 - \frac{u + \omega a}{v}, \quad \delta_2 = \frac{-u + \omega b}{v}, \quad \delta_3 = \frac{-u_1 + \omega c_1}{v_1}. \quad (3)$$

Інтегрування системи рівнянь (1) виконаємо для автобуса Urbino 18. [5]

Для інтегрування системи рівнянь (1) до масових і компоновальних параметрів ШЗА додамо параметри, що визначають бічні сили на осях ШЗА, а саме коефіцієнти опору бічному відведенню і коефіцієнт зчеплення. Для коліс з шинами 275/70 R 22,5 коефіцієнт опору бічному відведенню складає:

- для передньої осі автобуса $k_1=160000$ Н/град;
- для задньої осі автобуса $k_2=252000$ Н/град;
- для осі причепа $k_3=165000$ Н/град.

Коефіцієнт зчеплення для усіх коліс приймаємо $\varphi=0,8$.

Початковими умовами інтегрування прийmemo:

- кут повороту керованих коліс автобуса $\theta=\theta_0+k_\theta\times\theta_0$,

де θ_0 – початковий кут повороту керованих коліс автобуса, $\theta_0=0,1$ рад;

k_θ – коефіцієнт, що враховує зміну початково значення кута повороту керованих коліс автобуса, $k_\theta=0; 1; 2; \dots; 7$;

- швидкість руху автобусного поїзда, $v=5$ м/с.

У результаті інтегрування рівнянь руху ШЗА отримані значення кутової і бічної швидкості центру мас автобуса, а також його радіус повороту. Нижче, у якості прикладу, наведені результати розрахунку названих параметрів для ШЗА з некерованою і самоустановлювальною віссю причепа за швидкості $v=5$ м/с і кута повороту керованих коліс автобуса θ (theta)=0.6.

$v=5$; theta=0.6 {u = -5.752830037, theta = .6307735814, omega = .6508509666}.

eigv := -1.133853950-12.11522985*I, -1.133853950+12.11522985*I, -.3806388315-

1.299168602*I, -.3806388315+1.299168602*I; (USTOJCH.).

R=10.36450050

$v=5$; theta=0.6; (3-axes, 3-ja samoustanav.). {theta = .4331926751, omega = .4626343881, u = -1.050027716}.

eigv := -20.36562839, -1.086527265-12.21346008*I, -1.086527265+12.21346008*I, -

.2947570752; -.4626343881; (USTOJCH.).

R=9.10766915

Аналогічні розрахунки були виконані для усього діапазону кута повороту керованих коліс автобуса, зокрема визначався радіус повороту автобуса за некерованою осі причепа, а також із самоустановлювальною віссю причепа.

Результатами розрахунку радіуса повороту автобуса були покладені у визначення максимального і мінімального радіусів повороту, а також габаритної смуги руху. При цьому встановлено, що для ШЗА з некерованою віссю причепа мінімальний зовнішній радіус повороту складає $R_{зг}=12,783$ м за кута повороту керованих коліс автобуса $\theta=0,8$ рад і внутрішнього габаритного радіусу повороту $R_{вг}=5,434$ м. Габаритна смуга руху автобуса склала $B_r=7,349$ м, що виходить за межі допустимої [$B_r=7,2$ м]. Разом з тим, для ШЗА із самоустановлювальною віссю причепа мінімальний зовнішній радіус повороту складає $R_{зг}=12,196$ м за кута повороту керованих коліс автобуса $\theta=0,6$ рад і внутрішнього габаритного радіусу повороту $R_{вг}=5,532$ м. При цьому габаритна смуга руху автобуса склала $B_r=6,664$ м, що значно краще у порівнянні із ШЗА з некерованою віссю причепа. Використання самоустановлювальної осі причепа може забезпечити необхідні показники маневреності ШЗА значно більшої габаритної довжини.

У подальшому було прийнято збільшувати довжину ШЗА з кроком 0,5 м і визначати показники маневреності. Проведеними розрахунками встановлено, що навіть із застосуванням самоустановлювальних коліс осі причепа вимоги нормативних документів щодо маневреності забезпечує тільки автобус загальною довжиною до 20,0 м. Якщо ж орієнтуватися на загальну довжину автопоїзда на рівні 22,0 м, то ШЗА повинен мати не самоустановлювальні, а керовані колеса осі причепа.

Якщо ж орієнтуватися на загальну довжину автопоїзда на рівні 22,0 м, що дозволено в Україні, то ШЗА повинен мати не самоустановлювальні, а керовані колеса осі причепа. За прямого приводу управління на колеса осі причепа і передаточному відношенні приводу 0,5 за внутрішнього габаритного радіусу повороту ШЗА на рівні $R_{вг} = 5,3$ м зовнішній габаритний склав $R_{зг}=12,394$ і ГСР $B_r=7,094$ м, тобто такий автобус уже задовольняє вимогам нормативних документів щодо маневреності.

Висновки. За доопрацьованою математичною моделлю плоскопаралельного руху шарнірно-з'єднаного автобуса встановлено:

- ШЗА загальною довжиною 18,75 м з некерованою віссю причепа не задовольняє вимогам нормативних документів щодо маневреності ($B_r=7,349 \text{ м} > [B_r=7,2 \text{ м}]$);
- ШЗА із самоустановлювальною віссю причепа задовольняє вимогам щодо маневреності тільки за довжини автопоїзда до 20,0 м;
- ШЗА з керованою віссю причепа за прямого приводу управління на його колеса задовольняє вимогам щодо маневреності для автопоїзда загальною довжиною до 22 м, що дозволені для експлуатації в Україні. Такі автобуси можуть бути конкурентоспроможними у порівнянні з триланковими шарнірно-з'єднаними автобусами.

Список використаних джерел

1. Sakhno V., Polyakov V., Murowanyi I., Stelmashchuk V. Determination of movement stability of especially large class hybrid bus with active trailer // inmatch - Agricultural Engineering. 2016. Vol. 49, No.2. Pp. 107-118.
2. Поляков В.М., Сахно В.П. Триланкові Автопоїзди. Маневреність. Київ. Національний Транспортний Університет. 2013. – 200 С.: Іл.
3. Leduc G. Longer And Heavier Vehicles. An Overview Of Technical Aspects. Technical Report EUR 23949 EN, Joint Research Centre, Institute For Prospective Technological Studies, Luxembourg, 2009.
4. Sakhno V., Kravchenko O., Poljakov V., Chovcha I., Dižo J., Blatnický M. Maneuverability and stability of an articulated bus for bus rapid transit system. AIP Conf. Proc. 22 February 2024; 3129 (1): 030002. <https://doi.org/10.1063/5.0201443>
5. <https://avtek.ua/ua/p-urbino-18>

Сахно Володимир Прохорович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілів Національного транспортного університету

Маяк Микола Михайлович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету

Мурований Ігор Сергійович – кандидат технічних наук, доцент, декан факультету транспорту та механічної інженерії Луцького національного технічного університету

Котенко Андрій Степанович – аспірант 2 року навчання кафедри автомобілів і транспортних технологій Луцького національного технічного університету

Volodymyr SAKHNO, Doctor of Technical Science, Professor, Head of Automobiles Department, National Transport University

Mykola MAIAK, Doctor of Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Luts'k National Technical University

Igor MUROVANYI, PhD. in Engineering, Assoc. Professor, Dean of the Faculty of Transport and Mechanical Engineering, Luts'k National Technical University

Andrii KOTENKO, Second-year graduate student of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Luts'k National Technical University

УДК 629.113

Сахно В.П., Онищук В.П., Босенко В.М., Стельмашук С.В.

ДО АНАЛІЗУ ПРОЦЕСУ ГАЛЬМУВАННЯ АВТОМОБІЛЯ З ПРИЧЕПОМ
КАТЕГОРІЇ О2

Для більшості гальмівних систем розподіл сумарної гальмівної сили по осях автопоїзда до початку блокування коліс завжди постійний, що не забезпечує необхідну ефективність гальмування. Розподіл гальмівних сил по осях транспортного засобу необхідно здійснювати відштовхуючись від діючих нормальних навантажень. Оскільки максимальна гальмівна сила реалізується на колесі при доведенні його до межі блокування, визначені умови одночасного доведення коліс автопоїзда до межі блокування. Для забезпечення ефективності гальмування автопоїзда необхідно узгоджувати не тільки масові параметри тягового автомобіля і причепа, а і параметри їх гальмівних систем.

Ключові слова: *автомобіль, причіп, автопоїзд, гальмівна сила, рівняння руху, нормальна реакція опорної поверхні, коефіцієнт розподілу гальмівних сил, коефіцієнт зчеплення.*

For most braking systems, the distribution of the total braking force along the axles of the road train until the wheels begin to lock is always constant, which does not ensure the necessary efficiency of the galvanization. The division of the braking forces along the axes of the transport system must be done in accordance with all normal requirements. Therefore, the maximum braking force is realized on the wheel when the blocking limit is reached, meaning that the wheels of the road train are brought to the blocking limit for one hour. To ensure the effectiveness of braking of a road train, it is necessary to maintain not only the mass parameters of the traction vehicle and trailer, but also the parameters of their braking systems.

Key words: *car, motive, road train, galmic force, equal to the roc, normal reaction of the supporting surface, coefficient of division of galmic forces, coefficient of consolidation.*

В умовах збільшення швидкостей руху і щільності транспортного потоку важливого значення набувають конструктивні параметри і експлуатаційні властивості автотранспортних засобів /автопоїздів, зокрема/, що забезпечують безпеку руху. З погляду практичних цілей при розробці нових АТЗ, а також модернізації існуючих важливим стає не тільки причина порушення стійкості у будь якому режимі руху, а реакція АТЗ на неї і управляючі дії водія, що є неоднозначними і нестабільними. Тому передбачається, що стійкість і керованість руху АТЗ повинні забезпечуватися конструктивними параметрами самої машини [1]

Вибір конструктивних параметрів АТЗ, що забезпечують саме ці властивості, підвищує активну безпеку експлуатації і знижує вірогідність дорожньо-транспортних пригод (ДТП) на транспортних операціях. Стійкість і керованість АТЗ в сукупності, у тому числі і в процесі гальмування, повинні забезпечити упевненість водія в реалізації режиму руху, що задається, виключити мимовільне виникнення небезпечного відхилення від нього і зберегти можливість швидкого коректування з подальшою стабілізацією того ж режиму [2].

Ефективність використання автопоїздів у значній мірі залежить від їх швидкісного режиму. При цьому рух з великими швидкостями повинен бути стійким як у тяговому, так і гальмівному режимі, за якого транспортний засіб буде залишатися в межах смуги безпеки [3]. Згідно із нормативним документом [4] основними критеріями стійкості та ефективності гальмування транспортних засобів є: лінійне відхилення від коридору руху, шириною 3,5 м; загальна питома гальмівна сила γ_r ; коефіцієнт нерівномірності гальмівних сил осі; тривалість спрацювання гальмівної системи; усталене сповільнення $j_{уст}$; гальмівний шлях S_r ; початкова швидкість гальмування V_0 .

При русі автопоїзда в режимі гальмування на нього діють різні по характеру, величині і напрямку зовнішні сили. Це приводить до перерозподілу вертикальних навантажень в подовжній і поперечній площинах на колесах осей як тягового автомобіля, так і причепа. Успіх у рішенні подібних задач залежить від того, наскільки вдало обрана математична модель і її істотні параметри, що описують поведінку динамічної системи у різних режимах руху. Теоретично модель автомобіля повинна якнайбільш повно відображати реальний АТЗ. Проте ускладнення математичної моделі не завжди дає позитивний ефект, оскільки при визначенні масових розмірів (маси, моменти інерції) і характеристик зв'язків неминучі похибки, сполучення яких призводить до неточностей при визначенні кінцевих результатів. Крім того, практичне використання подібних розрахункових схем потребує попереднього аналітичного і, особливо, експериментального визначення великої кількості конструктивних параметрів автомобіля і шин. Тому при дослідженні стійкості руху АТЗ дедалі частіше використовують плоскі моделі з урахуванням нелінійного відведення коліс його осей. Така модель використана у даному дослідженні.

Для більшості гальмівних систем розподіл сумарної гальмівної сили по осях автопоїзда до початку блокування коліс завжди постійний. Проте, дослідження [1-2] підтверджують, що гальмування автопоїзда з розподілом гальмівних сил по осях транспортного засобу зі сталими коефіцієнтами не буде максимально ефективним через постійну зміну умов, в яких відбувається процес гальмування. Зокрема Д. А. Антонов [1] встановив, що розподіл гальмівних сил по осях транспортного засобу необхідно здійснювати відштовхуючись від діючих нормальних навантажень. При цьому величина гальмівної сили має бути пропорційною навантаженню.

Оскільки максимальна гальмівна сила реалізується на колесі при доведенні його до межі блокування, визначимо умови одночасного доведення коліс автопоїзда до межі блокування. Одночасне доведення до межі блокування коліс автомобіля-тягача відбудеться при виконанні таких умов:

$$R_{x1} = \beta_1 R_{\text{халп}} = \varphi R_{z1}, \quad (1)$$

$$R_{x2} = \beta_2 R_{\text{халп}} = \varphi R_{z2}. \quad (2)$$

Колеса причепа перебуватимуть на межі блокування за умови:

$$R_{\text{хлр}} = \beta_{\text{лр}} R_{\text{халп}} = \varphi R_{z\text{лр}}, \quad (3)$$

де R_{x1} , R_{x2} , $R_{\text{хлп}}$, $R_{\text{халп}}$ - гальмівні сили на осях тягового автомобіля, причепа і автопоїзда;
 R_{z1} , R_{z2} , $R_{z\text{лп}}$ - нормальні реакції опорної поверхні на осі тягового автомобіля і причепа;
 β_1 , β_2 , $\beta_{\text{лр}}$ - коефіцієнти розподілу гальмівних сил по осям автомобіля і причепа;
 φ - коефіцієнт зчеплення коліс з опорною поверхнею.

У подальшому було отримано вираз для загальної гальмівної сили автопоїзда, що відповідатиме заданим умовам

$$R_{\text{халп}} = \varphi G_{\text{т}} \frac{\frac{b}{L_{\text{т}}} - \frac{G_{\text{лр}}}{G_{\text{т}}} \frac{d}{L_{\text{лр}}} \frac{l_{\text{с}}}{L_{\text{т}}}}{\beta_1 \left(1 - \varphi \frac{h_{\text{с}} - r_{d1}}{L_{\text{т}}} \right) - \varphi \left[\frac{(h_{\text{т}} - h_{\text{с}})/L_{\text{т}} + \beta_2 \frac{h_{\text{с}} - r_{d2}}{L_{\text{т}}}}{1 + G_{\text{лр}}/G_{\text{т}}} + \frac{l_{\text{с}}}{L_{\text{т}}} \left(\frac{(h_{\text{лр}} - h_{\text{с}})/L_{\text{лр}} + \beta_{\text{лр}} \frac{h_{\text{с}} - r_{d\text{лр}}}{L_{\text{лр}}}}{1 + G_{\text{т}}/G_{\text{лр}}} \right)} \right]}, \quad (4)$$

де G_T, G_{np} – сила тяжіння від маси автомобіля і причепа; L_T – база тягового автомобіля; a, b, h_T – координати центра мас тягового автомобіля; h_s – висота розміщення площини тягово-зчіпного пристрою; l_s – відстань між опорою зчіпного пристрою та задньою віссю тягового автомобіля; r_{d1}, r_{d2} – динамічні радіуси передніх та задніх коліс тягового автомобіля відповідно.

Отримане рівняння виражають умову доведення до межі блокування передніх коліс тягового автомобіля. Аналогічно визначається умова доведення до блокування і задніх коліс. Прирівнявши праві частини даних рівнянь, з'ясуємо значення коефіцієнта зчеплення φ_0 коліс з дорогою, при якому відбувається одночасне доведення до межі блокування всіх коліс тягового автомобіля, у якості якого обрано Mercedes-Benz T1N "Sprinter", параметри якого наведено у роботі [5]. Отримаємо:

$$\varphi_0 = \frac{\beta_1 \left[\frac{a}{L_T} + \frac{G_{np}}{G_T} \frac{d}{L_{np}} \left(1 - \frac{l_s}{L_T} \right) \right] - \beta_2 \left(\frac{b}{L_T} - \frac{G_{np}}{G_T} \frac{d}{L_{np}} \frac{l_s}{L_T} \right)}{\left(1 + \frac{G_{np}}{G_T} \frac{d}{L_{np}} \right) \left(\frac{(h_T - h_s)/L_T}{1 + G_{np}/G_T} + \beta_1 \frac{h_s - r_{d1}}{L_T} + \beta_2 \frac{h_s - r_{d2}}{L_T} \right) - \frac{l_s + d}{L_T} \left(\frac{(h_{np} - h_s)/L_{np}}{1 + G_T/G_{np}} + \beta_{np} \frac{h_s - r_{dnp}}{L_{np}} \right)} = 0,61 \quad (5)$$

При $\varphi < \varphi_0$ першими до межі блокування будуть доведені передні колеса автомобіля, а при $\varphi > \varphi_0$ – задні колеса. Аналізуючи рівняння (5), можна зробити висновок, що його чисельник практично дорівнює нулю, а тому:

$$\beta_1 \left[\frac{a}{L_T} + \frac{G_{np}}{G_T} \frac{d}{L_{np}} \left(1 - \frac{l_s}{L_T} \right) \right] = \beta_2 \left(\frac{b}{L_T} - \frac{G_{np}}{G_T} \frac{d}{L_{np}} \frac{l_s}{L_T} \right). \quad (6)$$

Тоді

$$\frac{\beta_1}{\beta_2} = \frac{\left(\frac{b}{L_T} - \frac{G_{np}}{G_T} \frac{d}{L_{np}} \frac{l_s}{L_T} \right)}{\left[\frac{a}{L_T} + \frac{G_{np}}{G_T} \frac{d}{L_{np}} \left(1 - \frac{l_s}{L_T} \right) \right]} = 0,843 \quad (7)$$

Визначимо коефіцієнт розподілу загальної гальмівної сили на колеса причепа, який забезпечить одночасне доведення всіх коліс автопоїзда до межі блокування, за умови що $\varphi = \varphi_0$. Отримаємо:

$$\beta_{np} = \varphi_0 \frac{\frac{G_{np}}{R_{\text{халп}}} \frac{d}{L_{np}} + \frac{h_{np} - h_s}{L_{np} (1 + G_T/G_{np})}}{1 - \varphi_0 \frac{h_s - r_{dnp}}{L_{np}}} = 0,431 \quad (8)$$

Аналіз розподілу загальної гальмівної сили автопоїзда на осі причепа показує, що зменшення маси причепа призводить до зменшення долі причепа у загальній гальмівній силі автопоїзда. При цьому слід враховувати, що для забезпечення ефективності гальмування автопоїзда необхідно узгоджувати не тільки масові параметри тягового автомобіля і причепа, а і параметри їх гальмівних систем.

Висновки.

1. Встановлено, що за постійного розподілу сумарної гальмівної сили по осях автопоїзда до початку блокування коліс не забезпечується необхідна ефективність його гальмування.

Розподіл гальмівних сил по осях транспортного засобу необхідно здійснювати відштовхуючись від діючих нормальних навантажень.

2. Показано, що гальмівна сила на осях причепа призводить до більш інтенсивної зміни реакцій на колесах задньої осі автомобіля, чим на передній. Це призводить до зменшення коефіцієнта зчеплення, за якого настає блокування коліс задньої осі.

3. Визначені умови одночасного доведення коліс автопоїзда до межі блокування. При цьому встановлено, що зменшення маси причепа призводить до зменшення долі причепа у загальній гальмівній силі автопоїзда, тобто для забезпечення ефективності гальмування автопоїзда необхідно узгоджувати не тільки масові параметри тягового автомобіля і причепа, а і параметри їх гальмівних систем.

Список використаних джерел

1. Сахно В. П., Онищук В. П., Стельмашук С. В. Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на стійкість руху автомобіля з причепом категорії O2 у гальмівному режимі//Науково-виробничий журнал “Автошляховик України” № 2 (279) 2024. С.74-85.

2. Сахно В.П. До питання щодо гальмування шарнірно-зчленованих автобусів /В.П.Сахно, В.М.Поляков, Д.М.Яценко, Д.М.Попелиш //Автошляховик України. – 2021, №2, С.10-17.

3. Сахно В.П., Поляков В.М., Стельмашук В.В., Попелиш Д.М. До визначення стійкості руху триланкового причіпного автопоїзда у гальмівному режимі. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: ЛНТУ, 2022.–№1(18).С.143-154. ISSN 2313-5425.

4. Сахно В.П., Мурований І.С., Онищук В.П., Стельмашук С.В., Вінцюк М.Я. До визначення стійкості руху автомобіля з причепом категорії O2 у гальмівному режимі //Сучасні технології в машинобудуванні і на транспорті, 2024. – С.296 – 306.

5. Сахно В.П. Визначення параметрів стійкості автопоїзда з причепом категорії O2 /В.П.Сахно, В.В.Стельмашук, Р.В.Пазін// Systemy i srodki transportu samochodowego. Wybrane zagadnienia. – Monografia nr 15, Seria: Transport. – Rzeszow, 2018 – С. 93–102.

Сахно Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів.

Онищук Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент, Луцький національний технічний університет, завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій.

Босенко Володимир Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри автомобілів.

Стельмашук Станіслав Валерійович, аспірант, Луцький національний технічний університет, аспірант кафедри автомобілів і транспортних технологій.

Volodymyr Sakhno, Ph.D. in Technical Science, Professor, National Transport University, Head of the Department of Automobiles.

Vasil Onyshchuk, Ph.D. in Technical Science, Associate Professor, Lutsk National Technical University, Head of the Department of Automobiles and transport technologies.

Volodymyr Bosenko, Ph.D. in Technical Science, Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of the Department of Automobiles.

Stanislav Stelmashchuk, postgraduate student, Lutsk National Technical University, Department of Automobiles and transport technologies.

УДК 656.072

Свічинський С.В.

ОГЛЯД ВІДОМИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ У ВІДСТАНЯХ МІСЬКИХ ПЕРЕСУВАНЬ ІНДИВІДУАЛЬНИМ МОТОРИЗОВАНИМ ТРАНСПОРТОМ

Аналіз результатів існуючих обстежень пересувань індивідуальним транспортом у містах та агломераціях дозволив виявити схожість загального вигляду розподілів відстаней цих пересувань, яка полягає у значній правій асиметрії розподілу та відповідному зміщенні його моди. Також встановлено, що для подібного явища немає однозначного пояснення, що потребує подальшого розвитку теоретичних основ його виникнення.

Ключові слова: функція розселення, відстань пересування, розподіл відстаней пересувань, розподіл кореспонденцій, матриця кореспонденцій, транспортна система.

An analysis of the results of existing surveys of private transport trips in urban areas has revealed similarities in the trip length distribution plots. These similarities consist in the significant rightward skewness of the distribution curves and the corresponding shift of modal value. It was also found that there is no unambiguous explanation for this phenomenon, which points to the need to develop the theoretical background of its origin further.

Keywords: trip length, travel distance, trip length distribution, trip distribution, trip matrix, transport system.

Розподіл відстаней пересувань міського населення залишається у фокусі багатьох досліджень, присвячених питанням функціонування громадського та індивідуального транспорту, зв'язку транспорту і землекористування, просторової взаємодії, а також розселення населення [1]. Варто зазначити, що теорія розселення у транспортній науці вивчається саме через розподіл пересувань мешканців міст за дальністю, виміряною в одиницях відстані або часу. Функція, яка пов'язує дальність пересування із ймовірністю його здійснення, називається функцією розселення (ФР) населення [2].

На первинних етапах розподіл дальностей пересувань не диференціювався по видах транспорту, а виявлені закономірності використовувались для поверхневого аналізу планових змін у землекористуванні та заходів щодо розвитку міської транспортної системи (ТС) [3]. Одним із перших досліджень ФР можна назвати роботу Генріха Бляйхера 1892-го року, де він вивчав щільність населення і робочих місць у м. Франкфурт-на-Майні, Німеччина, за даними 1811-1890 р.р. [4]. У цій роботі була представлена модель експоненційного зменшення щільності населення по мірі віддалення від центру міста [4], і згодом вона була використана Коліном Кларком для опису даних 1801-1947 р.р. про щільність населення у дев'ятнадцяти зарубіжних містах. Дана модель мала вид

$$y = A \cdot \exp(-b \cdot l), \quad (1)$$

де y – щільність населення у певній зоні міської території;

A – максимальна щільність, до якої доцільно прагнути при використанні міської території;

b – коефіцієнт, що відбиває ступінь зниження щільності населення і залежить від співвідношення транспортних витрат і доходів мешканців;

l – відстань від міського центру до досліджуваної зони [5].

Приклад графіку цієї функції для м. Сідней 1947 року наведений на рис. 1.



Рисунок 1 – Приклад графіку ФР для м. Сідней 1947 року [5]

До перших залежностей, покликаних описати розподіл відстаней пересувань населення, відноситься модель просторової взаємодії І. Лоурі [6, 7], яка у первинному вигляді передбачала визначення рівня складності пересування між парами міських зон за формулою, аналогічною формулі (1), але без коефіцієнта А. Будучи розробленою ще у 1964 році, модель Лоурі залишається популярною і дотепер. Вона є однією із перших, де була застосована аналогія між інтенсивністю транспортної взаємодії міських зон із законом всесвітнього тяжіння.

У роботі [3] з метою отримання виразу для опису розподілу відстаней пересувань застосовуються наступні припущення:

- розташуванню точок тяжіння навколо міського центру властива кругова симетрія;
- розподіл точок тяжіння по міській території описується функцією, що являє собою ядро узагальненого гама-розподілу;
- ймовірність вибору пункту призначення описується логіт-функцією щільності просторового вибору для кругової області тяжіння;
- для визначення узагальненої вартості пересування, яка використовується як аргумент ФР, пропонується використовувати характеристики поверхні розподілу питомої узагальненої вартості пересування на одиницю відстані [3].

Спираючись на це, був виведений наступний узагальнений вираз щільності розподілу відстаней пересувань:

$$f(l) = \frac{(l + \lambda)^{\gamma-2} (l + c_0)^{-c} l \exp[-(b_1/v)(l + b_0)^v - \delta(l + \lambda)^\xi]}{\int_0^{r^*} (l + \lambda)^{\gamma-2} (l + c_0)^{-c} l \exp[-(b_1/v)(l + b_0)^v - \delta(l + \lambda)^\xi] dl}, \quad (2)$$

де l – відстань пересування між місцями відправлення і призначення;

$\lambda, \gamma, \delta, \xi, c_0, c, b_0, v$ – параметри, характерні для конкретного міста і категорії населення, рішення про виконання пересувань якої розглядаються;

b_1 – питома узагальнена вартість пересування на одиницю відстані;

r^* – радіус розсіювання точок тяжіння [3].

При певних значеннях параметрів щільність (2) приймає вигляд гамма, бета, показникового і нормального розподілів, розподілу Релея, Максвелла і Вейбулла, а також розподілу кореня квадратного показниково розподіленої випадкової величини. Окрім цього, із щільності (2) виводяться експоненціальна функція, функція кореня квадратного експоненціальної функції і ступенева функція [3]. Оцінка параметрів цих розподілів і функцій є складним завданням, у якому використовується доволі великий перелік характеристик міської ТС та категорій населення, пересування яких розглядається. За викладом матеріалу у статті [3] перелічені розподіли придатні для використання для опису відстаней пересувань як ІТ, так і ГТ.

Що стосується прикладів розподілів відстаней пересувань саме на ІТ, то можна навести статтю [8], де досліджений такий розподіл для пересувань на таксі у м. Сеул, Південна Корея, рис. 2. З метою його отримання були використані GPS-дані про 27 млн. пересувань, виконаних протягом 49 днів. Зовнішньо він нагадує відомі теоретичні закони розподілу, але статистична оцінка відповідності цим законам не виконувалась.

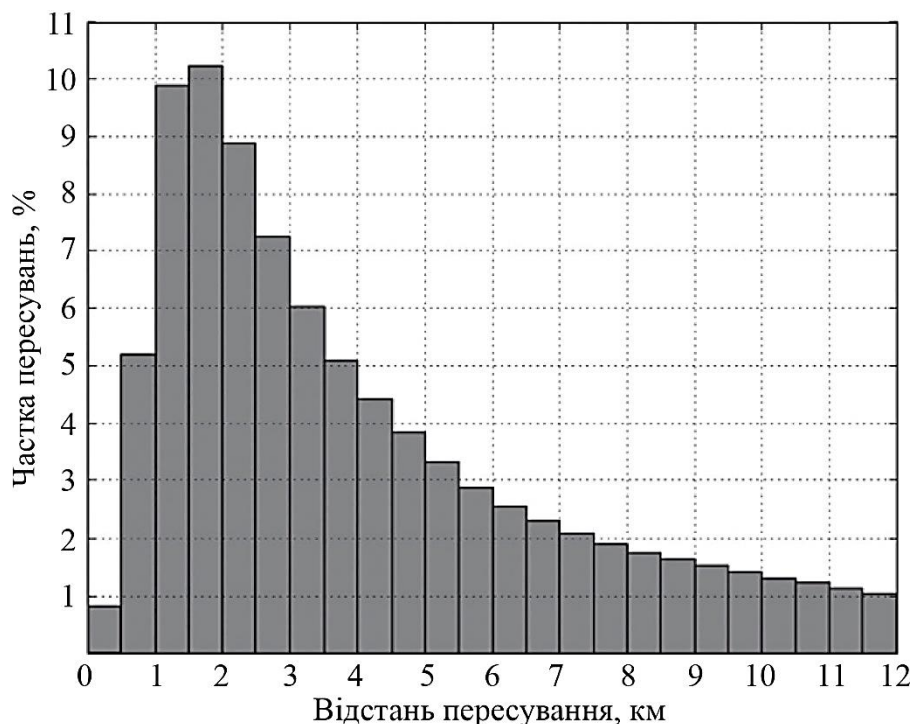


Рисунок 2 – Розподіл відстаней пересувань на таксі у м. Сеул, Південна Корея [8]

Характеристики пересувань легковими автомобілями вивчалися в ході спеціального обстеження у Пекінській агломерації у Китаї, присвяченому оцінці можливих ефектів від розширення використання електро- та гібридних автомобілів [9]. Під час обстеження з червня 2012 р. по березень 2013 р. була зібрана інформація з GPS-трекерів 112-ти залучених на волонтерських засадах особистих автомобілів. Це дало дані про 4892 пересування, розподіл часу яких наведений на рис. 3 [9]. Оцінка відповідності жодному теоретичному закону не виконувалась, однак представлені гістограми вказують на яскраво виражену праву асиметрію розподілу дослідженої величини.

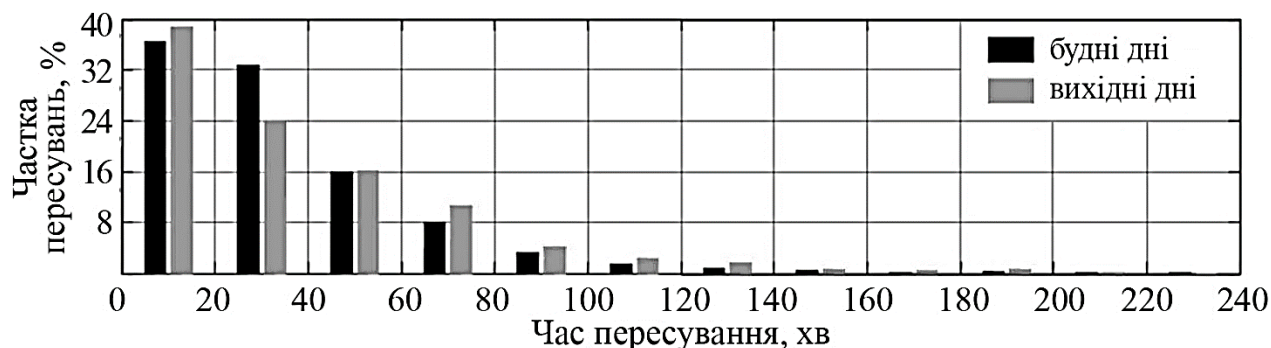


Рисунок 3 – Розподіл часу пересувань на легкових автомобілях у м. Пекін, Китай [9]

В результаті огляду розподілів відстаней пересувань на ІТ можна підсумувати, що вони мають виражену праву асиметрію та зміщене вліво модальне значення. Поясненням цьому можуть бути висока маневреність ІТ та великий набір альтернативних шляхів сполучення між пунктами відправлення і призначення. Не дивлячись на схожість цих розподілів, станом на

сьогодні немає єдиного референтного розподілу, рекомендованого для використання при описі відповідних закономірностей. Це свідчить про актуальність розширення існуючих теоретичних основ, які би давали пояснення загальності наведених закономірностей. Це можна зробити шляхом висування та перевірки нових гіпотез щодо розподілу об'єктів тяжіння по міській території і впливу цього розподілу на відстані пересувань.

Список використаних джерел

1. Haynes K.E., Fotheringham A.S. Gravity and Spatial Interaction models. Beverly Hills: Sage, 1984. 72 p.
2. Свічинський С.В. Формування функцій розселення міського населення для визначення потреб у перевезеннях громадським транспортом: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01. Харків, 2015. 225 с.
3. Ben-Akiva M., Litinas N. Analytic Models of Trip Length Distributions. *Transportation Research Record*. 1982. Vol. 895. P. 38–46. URL: <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1982/895/895-007.pdf> (last accessed 26.02.2025).
4. Bleicher H. Statistische Beschreibung der Stadt Frankfurt am Main und ihrer Bevölkerung : I Theil. Frankfurt am Main: J.D. Sauerländer, 1892. 288 s.
5. Clark C. Urban Population Densities. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*. 1951. Vol. 114, No. 4. P. 490-496. URL: https://educnet.enpc.fr/pluginfile.php/62810/mod_resource/content/1/Colin%20Clark%201951.pdf (last accessed 26.02.2025).
6. Iacono M., Levinson D., El-Geneidy A. Models of Transportation and Land Use Change: A Guide to the Territory. *Journal of Planning Literature*. 2008. Vol. 22(4). P. 323–340.
7. Ravulaparthi S., Goulias K.G. Forecasting with Dynamic Microsimulation: Design, Implementation, and Demonstration : Final Report on Review, Model Guidelines, and a Pilot Test for a Santa Barbara County Application. Santa Barbara: University of California Transportation Center, 2011. 99 p.
8. Nam D., Hyun K., Kim H., Ahn K., Jayakrishnan R. Analysis of Grid Cell-Based Taxi Ridership with Large-Scale GPS Data. *Transportation Research Record*. 2016. Vol. 2544(1). P. 131–140. DOI: <https://doi.org/10.3141/2544-15>.
9. Wang H., Zhang X., Wu L., Hou C., Gong H., Zhang Q., Ouyang M. Beijing passenger car travel survey: implications for alternative fuel vehicle deployment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2015. Vol. 20. P. 817–835. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11027-014-9609-9>.

Свічинський Станіслав Валерійович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних систем і логістики факультету транспортних систем Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Stanislav Svichynskyi – PhD in Transport Systems, Associate Professor at Transport Systems and Logistics Department, Faculty of Transport Systems, Kharkiv National Automobile and Highway University

УДК 629.113.004.6:629.114

Слободенюк С.М., Либа О.С., Колесніков В.О.

ПЕРСПЕКТИВНІ ТА СПЕЦІАЛІЗОВАНІ АВТОМОБІЛІ

У тезах розглядаються перспективи розвитку та класифікація спеціалізованих автомобілів, які відіграють ключову роль у транспортній інфраструктурі. Окреслено сфери застосування таких транспортних засобів – будівництво, сільське господарство, медицина, оборона – та наведено основні вимоги до конструктивних і технічних характеристик. Окрема увага приділена сучасним тенденціям, зокрема впровадженню електромобілів (водневих автомобілів), автономних систем керування, інтелектуальних функцій і екологічних стандартів відповідно до ДСТУ 9030:2020. У дослідженні проаналізовано вплив інноваційних технологій на функціональність спеціалізованих автомобілів, зокрема приклади мобільних транспортних засобів із гібридними системами руху для аграрного сектору. Показано економічну доцільність використання таких автомобілів та потенціал для подальшої автоматизації виробничих і логістичних процесів. Висвітлено важливість подальшого розвитку спеціалізованих автомобілів для забезпечення стійкості, безпеки та ефективності в різних галузях промисловості.

Ключові слова: спеціалізовані автомобілі; перспективні транспортні засоби; автоматизація; електромобілі; водневі автомобілі, сільськогосподарська техніка; інноваційні технології; мобільні машини; мехатронні системи; екологічні стандарти; технічні характеристики; автономне керування; класифікація автомобілів.

The thesis discusses the prospects for the development and classification of specialized vehicles that play a key role in the transport infrastructure. The article outlines the areas of application of such vehicles - construction, agriculture, medicine, defense - and provides the main requirements for design and technical characteristics. Particular attention is paid to current trends, including the introduction of electric vehicles (hydrogen vehicles), autonomous control systems, intelligent functions, and environmental standards in accordance with DSTU 9030:2020. The study analyzes the impact of innovative technologies on the functionality of specialized vehicles, including examples of mobile vehicles with hybrid driving systems for the agricultural sector. The economic feasibility of using such vehicles and the potential for further automation of production and logistics processes are shown. The importance of further development of specialized vehicles to ensure sustainability, safety and efficiency in various industries is highlighted.

Key words: specialized cars; advanced vehicles; automation; electric vehicles; hydrogen cars, agricultural machinery; innovative technologies; mobile machines; mechatronic systems; environmental standards; technical characteristics; autonomous driving; car classification.

Перспективні та спеціалізовані автомобілі відіграють ключову роль у розвитку транспортної галузі. Вони забезпечують ефективне виконання специфічних завдань у різних сферах діяльності, таких як будівництво, сільське господарство, медицина та оборона. Розробка таких автомобілів вимагає врахування особливих умов експлуатації та специфічних технічних вимог [1 – 8].

Спеціалізовані автомобілі класифікуються за призначенням, конструктивними особливостями та умовами експлуатації. До них належать санітарні, пожежні, будівельні, сільськогосподарські, військові та інші типи автомобілів. Кожен тип має унікальні технічні характеристики, що відповідають специфіці виконуваних завдань [9 - 12].

Сучасні тенденції розвитку автомобільної техніки спрямовані на підвищення енергоефективності, екологічності та автоматизації. Зокрема, активно розробляються

електромобілі (водневі автомобілі), гібридні транспортні засоби та автономні автомобілі, здатні функціонувати без участі водія [13 -25].

Важливим напрямом є зменшення негативного впливу автомобілів на навколишнє середовище. Згідно з ДСТУ 9030:2020, при проектуванні автомобільних доріг необхідно враховувати оцінку впливів на навколишнє середовище, що включає викиди забруднюючих речовин та рівень шуму [26].

Розробка спеціалізованих автомобілів передбачає дотримання технічних вимог, що забезпечують їх надійність, безпеку та ефективність. Зокрема, враховуються параметри потужності, вантажопідйомності, прохідності та інші характеристики, визначені відповідними стандартами [27].

Впровадження інноваційних технологій, таких як системи автономного керування, телематика та інтелектуальні системи допомоги водієві, сприяє підвищенню функціональності та безпеки спеціалізованих автомобілів. Ці технології дозволяють ефективно виконувати складні завдання в умовах обмеженого людського втручання.

Будівельні спеціалізовані автомобілі, такі як автокрани, бетономішалки та самоскиди, є невід'ємною частиною будівельної індустрії. Вони забезпечують ефективне виконання будівельних робіт та транспортування будівельних матеріалів [1 - 4].

Санітарні автомобілі забезпечують оперативну медичну допомогу та транспортування пацієнтів. Вони оснащені необхідним медичним обладнанням та пристосовані для роботи в різних умовах, включаючи надзвичайні ситуації [12].

Важливим аспектом є економічна доцільність використання спеціалізованих автомобілів. Вони дозволяють зменшити витрати на виконання специфічних завдань, підвищити продуктивність праці та оптимізувати логістичні процеси [14].

У сільському господарстві спеціалізовані автомобілі, такі як трактори, комбайни та обприскувачі, сприяють механізації та автоматизації аграрних процесів. Вони дозволяють підвищити врожайність та ефективність сільськогосподарського виробництва.

Використання інноваційних мобільних транспортних засобів з усе більш досконалими мехатронними аспектами в аграрному секторі стає в останні роки стимулюючим полем для досліджень і порівнянь. Зокрема, проблема, що розглядається в роботі [11], стосується покращення пересування мобільних транспортних засобів на сільськогосподарській місцевості шляхом зменшення пошкодження ґрунту та покращення загальної продуктивності. Сільськогосподарські транспортні засоби зазвичай використовують гусениці та колеса для пересування; основна відмінність між цими двома системами полягає в площі контакту з ґрунтом і, відповідно, в розподілі тиску. У даній роботі представлено новий реконфігурований сільськогосподарський транспортний засіб, який може переключатися з однієї системи руху на іншу, обираючи відповідну конфігурацію відповідно до умов місцевості. Проаналізовано всі механічні та електронні аспекти розробленого прототипу разом з поглибленим аналізом управління інноваційними функціями за допомогою зручного графічного інтерфейсу, здатного керувати транспортним засобом [11].

Перспективні та спеціалізовані автомобілі є важливим елементом сучасної інфраструктури. Їх розвиток сприяє підвищенню ефективності, безпеки та екологічності в різних сферах діяльності. Подальше впровадження інноваційних технологій та дотримання технічних стандартів забезпечить їх успішне функціонування в майбутньому.

Список використаних джерел

1. Кашканов А.А., Ребедайло В.М. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту: конструкція. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 164 с.
2. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей: навчальний посібник В.В. Біліченко, О.Л.Добровольський, В.О. Огневий, Є.В. Смирнов – Вінниця : ВНТУ, 2017. 163 с.
3. Біліченко В. В. Вступ до фаху: навчальний посібник [2-ге вид. перероб. і доп.] / Біліченко В. В., Кужель В. П., Кашканов А. А., Романюк С. О. – Вінниця : ВНТУ, 2015. 116 с.

4. Сирота В. І., Сахно В. П. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту. Арістей, 2009. 288 с.
5. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів: навчальний посібник / Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 118 с.
6. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Організація самостійної та практичної роботи: навчальний посібник / М.В. Митко, О.П. Шиліна, С.В., Цимбал – Вінниця: ВНТУ, 2022. – 98 с.
7. Ярченко Б. В., Стадник Л. Д., Колесніков В. О. Нові технології в сучасних автомобілях // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 216 - 223.
8. Риб'янець С.Р., Субота В.К., Колесніков В.О. Деякі інновації на ринку електромобілів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 286–289.
9. Dong, X.; Shi, P.; Tang, Y.; Yang, L.; Yang, A.; Liang, T. Vehicle Classification Algorithm Based on Improved Vision Transformer. *World Electr. Veh. J.* **2024**, *15*, 344. <https://doi.org/10.3390/wevj15080344>
10. Sarcevic, P.; Pletl, S.; Odry, A. Real-Time Vehicle Classification System Using a Single Magnetometer. *Sensors* **2022**, *22*, 9299. <https://doi.org/10.3390/s22239299>
11. Kamon, S.; di Maria, E.; Giannoccaro, N.I.; Ishii, K. A New Reconfigurable Agricultural Vehicle Controlled by a User Graphical Interface: Mechanical and Electronic Aspects. *Machines* **2023**, *11*, 795. <https://doi.org/10.3390/machines11080795>
12. Риб'янець С.Р., Колесніков В.О. Санітарний броньований автомобіль Reform MLA Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 282–285.
13. Ставицький О. В., Стадник Л. Г., Колесніков В. О. Концепція автомобіля майбутнього // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 181 - 189.
14. Колесніков В.О. Автомобілі спеціального призначення. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 149–152.
15. Жуков В.В., Субота В.К., Колесніков В.О. Прототипи автомобілів для астронавтів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 114–117.
16. . Колесніков В.О. Електромобілі – стан та перспективи. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII -та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 157–160.
17. Василенко О. Є., Безруков В. О., Шуліка С. О., Знова О. І., Іщенко Б. М., Колесніков В. О. Нові технологічні тенденції в автомобільному транспорті // Матеріали VII-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 8 - 10 квітня 2019 р., м. Вінниця. - С. 13 – 24.
18. Субота В.К., Жуков В.В., Колесніков В.О. Деякі інновації на ринку водневих автомобілів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 322–325
19. Смирнов Є.В. Перспективи використання гібридних автомобілів на водневих паливних елементах. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. наук.-прак. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 316 - 318.

20. Колесніков В.О. Водневі автомобілі та водневий транспорт. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 153–156.

21. Жуков В.В., Колесніков В.О., Балицька В.О. Аварійно-рятувальні автомобілі. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 110–113.

22. Балицький О. І., Колесніков В. О., Гаврилюк М. Р., Іваськевич Л. М. Діагностика та розбудова водневої інфраструктури. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 37–40.

23. Сидоренко Р.С., Боркут А.В., Колесніков В.О. Переваги та недоліки електричних автомобілів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 309–312.

24. Балицький О.І., Колесніков В.О., Ревякіна О.О., Абрамек К.Ф., Іваськевич Л.М., Гаврилюк М.Р., Колеснікова Є.Б. Водневий вектор розвитку автомобільного транспорту. Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту. XIV-та міжн. науково-практичн. конф., 25-27 жовтня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 22–25.

25. Бувалець М. Ю., Рулевська Т. Ф., Колесніков В. О. Стан впровадження водневих технологій на сучасному транспорті // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 31 - 36

26. ДСТУ 9030:2020. Автомобільні дороги. Оцінка впливів на навколишнє середовище. Вимоги до проектної документації. Вид. офіц. Київ: УкрНДНЦ, 2020. 42 с.

27. Чернета О. Г., Авер'янов В. С. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» [Електронний ресурс]. Запоріжжя: Запорізький національний технічний університет, 2018. 40 с. Режим доступу: <https://eir.zp.edu.ua/bitstream/123456789/6344/1/M07681.pdf>

Слободенюк Станіслав Миколайович – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» м. Полтава, м. Лубни, Україна

Ліба Олександр Сергійович – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» м. Полтава, м. Лубни, Україна

Колесніков Валерій Олександрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри професійної освіти, ресторанного і туристичного бізнесу НН інституту технологій і торгівлі ДЗ «Луганський національний університет ім. Тараса Шевченка», м. Полтава, м. Лубни, Україна

Slobodenyuk Stanislav Mykolayovich – 4th year student of the first (bachelor's) level of the specialty «Professional education. Transport», the Department of Professional Education, Restaurant and Tourism Business, Institute of Technology and Trade, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny. Ukraine

Liba Oleksandr Sergeyovich is a 4th year student of the first (bachelor's) level of the specialty «Professional education. Transport», the Department of Professional Education, Restaurant and Tourism Business, Institute of Technology and Trade, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny. Ukraine

Kolesnikov Valerii Olexsandrovich - PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Professional Education, Restaurant and Tourism Business, Institute of Technology and Trade, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny. Ukraine

УДК 629.3

Смирнов О.П., Борисенко А.О.

КОНЦЕПЦІЯ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЛІТІЙ-ІОННИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Розглянута концепція повторного використання акумуляторних батарей, проведено оцінку їхньої працездатності для повторного використання, визначено технології швидкого скринінгу та відновлення акумуляторів. Досліджені питання перепрофілювання, повторного використання та переробки акумуляторних батарей.

Ключові слова: акумуляторна батарея, відновлення акумуляторів, електромобіль, перепрофілювання, повторне використання, скринінг акумуляторів.

The concept of reusing batteries was considered, their performance for reusing was assessed, technologies for rapid screening and battery recovery were identified. The issues of repurposing, reusing and recycling of batteries were investigated.

Key words: battery, battery recovery, electric vehicle, repurposing, reuse, battery screening.

Глобальний ринок літій-іонних елементів зростає разом із впровадженням електромобілів. Зазвичай виробники електромобілів надають восьмирічну гарантію на акумуляторну батарею, яка поширюється на елементи, енергоємність яких знижується до 80 % від їх початкової ємності. Пряма переробка виведених з експлуатації літій-іонних батарей призведе до посилення забруднення повітря, води та землі, значних втрат енергії та ресурсів, а також надмірних витрат на переробку [1]. Такий підхід, очевидно, не є розумним вибором як з точки зору навколишнього середовища, так і з економічної точки зору, і тому виникає необхідність повторного використання акумуляторних батарей, наприклад, для стаціонарних систем зберігання електричної енергії.

Концепція повторного використання літій-іонних акумуляторів електромобілів включає скринінг, сортування, перепрофілювання, другий термін експлуатації і тільки потім – переробку. В дослідженні [2] наглядно показано життєвий цикл акумуляторів електромобілів, які отримують повторне використання в інших сферах.



Рисунок 1 – Життєвий цикл акумуляторів електромобілів [2]

Більшість літій-іонних акумуляторних батарей електромобілів, що відробили свій перший термін служби та зняти з експлуатації, ще мають хороші енергетичні та потужні властивості для повторного використання в інших менш вимогливих сферах, таких як розумні електромережі, персональні електричні транспортні засоби (електричні велосипеди, електричні самокати, тощо) та системи зберігання енергії, що інтегровані з відновлюваними енергетичними системами [3].

Термін експлуатації акумуляторних батарей, що зняти з електромобілів, може продовжуватись ще багато років. Зрештою вони переробляються для отримання сировини для виробництва нових акумуляторів. Завдяки повторному використанню акумуляторів виробники електромобілів сподіваються отримати конкурентну перевагу над конкурентами звичайних автомобілів за рахунок зниження високих капітальних витрат на акумуляторні батареї. Водночас весь процес життєвого циклу акумуляторів електромобілів, які отримують повторне використання в інших сферах, можуть стати каталізатором для переходу суспільства до сталого майбутнього за тенденції електрифікації транспорту та інших сфер життя [4].

Перепрофілювання літій-іонних акумуляторних батарей електромобілів, які вичерпали свій перший термін служби, має величезні економічні та екологічні переваги. Це перспективний спосіб продовжити термін експлуатації, відкласти процес переробки та оптимізувати використання ресурсів. Індекси скринінгу відіграють ключову роль в оцінці залишкової вартості літій-іонних акумуляторних батарей електромобілів і визначенні того, чи придатні вони для використання у вторинному житті. Погіршення ефективності літій-іонних акумуляторних батарей електромобілів насамперед пов'язане зі структурними змінами, що відбуваються на молекулярному рівні. Використання електрохімічних параметрів як індексів скринінгу є технічно обґрунтованим вибором, оскільки вони забезпечують чітке та суттєве відображення стану деградації батареї.

Спочатку проводиться перевірка фізичних параметрів акумуляторних батарей, насамперед форми, розмірів і деформації. Цілісність зовнішнього вигляду повинна бути ретельно оцінена шляхом візуального огляду на початковому етапі перевірки. Літій-іонні акумуляторні батареї електромобілів, які мають такі проблеми, як опуклість, витік електроліту або деформації, повинні бути відкладені для розбирання та переробки, тоді як ті, що знаходяться в хорошому стані, можуть перейти до подальшої перевірки.

Однак існує ще багато критичних проблем для повторного використання літій-іонних акумуляторних батарей. Деградація є вирішальним фактором безпеки та ефективності повторного використання акумулятора. Технічний стан елементів, включаючи ємність, внутрішній опір і напругу, є непостійним. Крім того у знятих з експлуатації акумуляторних батарей можливе раптове прискорення деградації при подальшій експлуатації. Прогнозування стратегії для визначення деградації відіграє вирішальну роль у визначенні можливості літій-іонних акумуляторних батарей електромобілів у другому житті. Залежно від характеристик методи оцінки стану працездатності акумуляторної батареї електромобіля у дослідженні [2] розділяють на експериментальний метод, метод адаптивної фільтрації та метод на основі даних.

Загалом процес скринінгу включає три критичні етапи, а саме тестування батареї, визначення індексу скринінгу та класифікацію [1]. Після процесу скринінгу літій-іонні акумулятори з високим залишком ємності перепрофілюються для різних стаціонарних систем зберігання даних, щоб продовжити термін їх служби. Другий термін служби літій-іонних акумуляторних батарей у дослідженні [5] рекомендують завершувати коли їх ємність впала нижче 60 % від номінальної ємності.

Таким чином, дослідження додаткових можливостей повторного використання літій-іонних акумуляторних батарей електромобілів є критичним питанням для реалізації їх повного енергетичного потенціалу. Друге життя є багатообіцяючим шляхом збільшення часу використання акумуляторних систем, тим самим зменшуючи загальні витрати протягом усього терміну служби та збільшуючи використання енергетичних ресурсів.

Оцінка стану працездатності літій-іонних акумуляторних батарей електромобілів для повторного використання свідчить, що їх рекомендується замінювати, коли їх залишкова ємність зменшується до 80 % від початкової ємності. Щоб ефективно та результативно обробляти велику кількість акумуляторних батарей, потрібен багатоіндексний швидкий метод скринінгу. Загалом процес скринінгу включає три етапи, а саме: тестування, визначення індексу скринінгу та класифікацію.

Технологія відновлення літій-іонних акумуляторів відкриває можливість підвищити однорідність, надійність і довговічність систем зберігання енергії, що створені на основі батареї другого терміну служби. Після процесу скринінгу та балансування акумулятори з високим залишком ємності перепрофілюються для різних стаціонарних систем зберігання енергії, щоб продовжити їх термін служби.

Перехід до циклічної економіки та створення системи управління та утилізації знятих з експлуатації літій-іонних акумуляторних батарей електромобілів мають вирішальне значення для підвищення стійкості енергетичної галузі.

Список використаних джерел

1. Managing the surge: a comprehensive review of the entire disposal framework for retired Lithium-ion batteries from electric vehicles / R. Guo et al. Journal of Energy Chemistry. 2024. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2024.01.055> (date of access: 04.04.2025).
2. A Comprehensive Review of Second Life Batteries Towards Sustainable Mechanisms: Potential, Challenges, and Future Prospects / J. Li et al. IEEE Transactions on Transportation Electrification. 2022. P. 1. URL: <https://doi.org/10.1109/tte.2022.3220411> (date of access: 04.04.2025).
3. Debnath U. K., Ahmad I., Habibi D. Gridable vehicles and second life batteries for generation side asset management in the Smart Grid. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2016. Vol. 82. P. 114–123. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2016.03.006> (date of access: 04.04.2025).
4. Sustainable business model archetypes for the electric vehicle battery second use industry: Towards a conceptual framework / R. Reinhardt et al. Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 254. P. 119994. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119994> (date of access: 04.04.2025).
5. Comparative life cycle assessment of LFP and NCM batteries including the secondary use and different recycling technologies / J. Quan et al. Science of The Total Environment. 2022. Vol. 819. P. 153105. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153105> (date of access: 07.04.2025).

Смирнов Олег Петрович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобільної електроніки автомобільного факультету Харківського національний автомобільно-дорожнього університету

Борисенко Анна Олегівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільної електроніки автомобільного факультету Харківського національний автомобільно-дорожнього університету

Smirnov Oleh – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automotive Electronics, Automobile Faculty, Kharkiv National Automobile and Road University

Borysenko Anna – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of Automotive Electronics, Automobile Faculty, Kharkiv National Automobile and Road University

УДК 658.56

Сніжко Л.Л.

ІНФОРМАЦІЙНІ ПОТРЕБИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ СЕРВІСНИХ ПРОДУКТІВ АВОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Розглянуто актуальні питання управління якістю автотранспортних послуг в умовах складного та динамічного зовнішнього середовища. Розроблено підхід до визначення інформаційних потреб підприємства щодо ключових об'єктів управління якістю транспортних послуг. Цей підхід базується на комплексному аналізі операційної діяльності підприємства, зовнішніх умов і внутрішніх ресурсів.

Ключові слова: інформаційне забезпечення, інформація, сервісний продукт, операційна діяльність, автотранспортне підприємство, управління якістю, якість автотранспортних послуг.

The paper addresses current issues in the quality management of motor transport services under complex and dynamic external conditions. An approach has been developed for identifying the informational needs of an enterprise in the context of key quality management objects of motor transport services. This approach is based on a comprehensive analysis of the enterprise's operational activities, external environment, and internal resources.

Keywords: information support, information, service product, operational activities, motor transport enterprise, quality management, quality of motor transport services.

В умовах воєнного стану ефективна робота автотранспортної логістики дозволяє забезпечувати обороноздатність країни за рахунок постачання вантажів, підтримання та забезпечення діяльності виробничих та сервісних підприємств та ін. Крім того, транспорт є основою для швидкого відновлення інфраструктури та регіонів після руйнувань, забезпечуючи зв'язок між регіонами.

Для того, щоб транспортна галузь і автотранспортні підприємства могли ефективно конкурувати на конкретних ринках їхні продукти повинні відповідати вимогам щодо якості [1] та очікуванням споживачів [2]. Незважаючи на воєнний стан, підтримання якості залишається основним фактором для задоволення потреб клієнтів і партнерів.

У таких умовах точна, своєчасна й достовірна інформація є ключовим інструментом для ефективного управління якістю, оскільки дозволяє підвищити стійкість транспортної системи до викликів і загроз завдяки швидкому реагуванню на зміни та мінімізації ризиків, пов'язаних із наслідками воєнних дій.

Систематичне та своєчасне інформаційне забезпечення дозволяє своєчасно приймати рішення, які мінімізують можливі загрози та негативні наслідки в складних та непередбачуваних умовах.

Для ефективного управління якістю автотранспортних послуг необхідно мати доступ до різноманітної інформації, що дозволяє оцінювати та покращувати всі етапи надання автотранспортних послуг. Ось основні категорії інформації, які можуть бути необхідними для управління якістю у цій сфері [3]:

– **інформація про нормативну правову базу**, що включає знання чинних нормативно-правових актів в автотранспортній галузі, міжнародних стандартів сімейства ISO 9000: ISO 9000:2015 [4], ISO 14001, ISO 14001 тощо, європейських стандартів серії EN 29000; ISO 9003, EN 45000 тощо а також національних стандартів таких, як ДСТУ ISO 9000:2015 та ін., що регулюють транспортний процес, безпеку, якість й екологічні аспекти перевезень, трудове законодавство та які є обов'язковим для забезпечення високої якості роботи автотранспортних компаній; інформацію про зміни в законодавстві, нові стандарти та нормативи, яким повинні

відповідати всі операційні процеси автотранспортного підприємства; результати перевірок і аудитів, що проводяться на підприємстві для оцінки відповідності продукції стандартам та вимогам якості;

- **інформація про сертифікацію сервісних продуктів:** впровадження систем менеджменту якості [4]; наявність сертифікатів якості, що підтверджують відповідність підприємства міжнародним та національним стандартам (ISO, HACCP та ін.);

- **інформація про сучасні концепції, методи і практики управління якістю,** які можуть бути застосовані на підприємствах транспортної галузі: загальне управління якістю (TQM); Кайзен (kaizen); розгортання функції якості (QFD); «шість сигм» (six sigma); ощадливе виробництво (lean manufacturing, lean production); Lean Six Sigma (LSS); досвід кращих компаній в галузі щодо якості (best practice); зовнішній бенчмаркінг (external benchmarking) тощо [5];

- **інформація про клієнтів:** їх потреби та вимоги щодо надання автотранспортних послуг, рівень задоволеності автотранспортним обслуговуванням, їх уподобання та очікування щодо компанії та сервісних продуктів, дані про результати опитування та анкетування клієнтів щодо якості сервісних продуктів та ін.;

- **інформація про планування операційних процесів:** вибір оптимального рухомого складу; що відповідає виду вантажу та вимогам щодо перевезень; способу навантаження-розвантаження і відповідних механізмів; підбір кваліфікованого персоналу (в першу чергу водіїв), що можуть здійснювати даний вид перевезень; розробка оптимальних маршрутів: визначення довжини маршруту, часу доставки вантажів, часу на навантаження та розвантаження або перевантаження, часу на митне оформлення (для міжнародних перевезень) або інші критичні етапи тощо;

- **інформація про хід виконання операційних процесів** в реальному часі, тобто дані про всі етапи операційних процесів: про дотримання графіків на маршрутах, про термін та швидкість доставки, вчасність виконання замовлення, транспортні засоби, що залучені до перевізного процесу, кількість повернутих, пошкоджених, зіпсованих і т.п. вантажів, витрати на транспортування; інформація про аварії, нещасні випадки та інциденти при перевезеннях та інші показники, які впливають на якість обслуговування;

- **інформація, яка фіксує відхилення операційних процесів** від запланованих в реальному часі: затримки виконання етапів перевізного процесу, в постачанні пального, паливо-мастильних матеріалів або їх відсутність, погодні умови, політичні чи економічні зміни, людський фактор (неналежний стан здоров'я, порушення правил перевезення та безпеки) та інші, які можуть вплинути на якість операційного процесу;

- **інформація про технічний стан транспортних засобів,** що стосується безпеки та якості перевезень: дані про технічний стан та зберігання транспортних засобів, що безпосередньо залучені до перевізного процесу, регулярність технічного обслуговування і поточних ремонтів транспортних засобів; терміни служби рухомого складу; коефіцієнт технічної готовності тощо;

- **інформація про використання різноманітних показників** для моніторингу якості таких, як індекс задоволеності клієнтів (CSI), індекс якості обслуговування (SQI) [6], **оцінка рівня взаємодії (CES)**, індекс конкурентної якості (CQI), індекс задоволеності співробітників (ESI), індекс досконалості процесів (PEI), якість матеріально-технічних елементів (рухомого складу, пального, паливо-мастильних матеріалів та ін.), дотримання термінів доставки вантажів; повнота надання послуг, ступінь доступності клієнта в операційній системі при виконанні замовлення; стабільність і гнучкість постачання; повнота і зручність розміщення і підтвердження замовлення; ефективність технології вантажопереробки на складах; якість упакування і виконання пакетних і контейнерних перевезень; регулярність інформування про хід автотранспортного обслуговування; кількість позитивних (негативних) відгуків щодо якості сервісних продуктів у соціальних мережах; можливість для замовників вибору певного транспортного засобу для перевезення вантажів, способу доставки; дотриманням вимог щодо

упаковки вантажів на етапі доставки; дотриманням норм зберігання та транспортування вантажів щодо товарного сусідства; кількість втрат, пошкоджень вантажів та транспортних засобів; рейтинги постачальників та інші [5];

– **інформація про партнерів та постачальників:** релевантні відомості щодо постачальників матеріально-технічних ресурсів, в т.ч. транспортних засобів, технічного обладнання, паливо-мастильних матеріалів та їх оцінка за такими критеріями, як надійність, своєчасність поставок, відповідність вимогам якості; відомості про співпрацю з іншими перевізниками та постачальниками послуг: митниці, склади, інші контрагенти, їх надійність і рівень обслуговування;

– **інформація про інфраструктуру підприємства:** а саме дані про рухомий склад (кількісна та якісна його характеристика: вантажопідйомність, пробіг з початку експлуатації, наявність спеціальних та спеціалізованих транспортних засобів, економічність, екологічність тощо), дані про наявність та відповідність матеріально-технічної бази (сервісних центрів, приміщень для технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів, гаражів, мийок, постів діагностики, складських приміщень) вимогам якості; дані щодо управління складуванням та управління запасами та інші;

– **інформація про безпеку перевезень:** відомості про аварії, нещасні випадки, інциденти, пошкодження вантажу або транспортних засобів при перевезеннях, а також відповідні профілактичні заходи для покращення безпеки перевезень та мінімізації можливих негативних наслідків; відомості про страхування вантажів, транспортних засобів, водіїв для зниження ризиків під час перевезень; дані аналізу можливих ризиків (політичні, економічні, природні та ін.) щодо безпеки перевезень, які дозволять своєчасно приймати запобіжні заходи;

- **інформація про екологічні показники:** відомості про знання та дотримання нормативно-правових вимог щодо екології, які є обов'язковими для забезпечення високої якості роботи автотранспортних компаній, а саме дані про викиди вуглекислого газу, використання пального, утилізацію відходів та інші екологічні показники щодо рухомого складу тощо;

- **інформація про персонал, яка** дозволяє оцінити відповідність персоналу вимогам якості: відомості про кваліфікаційні вимоги, відповідність персоналу цим вимогам (рівень освіти, відповідність спеціальності, наявність професійних ліцензій та сертифікатів (наприклад, для водіїв посвідчення відповідної категорії), досвід роботи за фахом і на підприємстві, наявність інших професійних **навичок персоналу**); відповідність медичним вимогам щодо виконання певної роботи (у першу чергу для водіїв); дані про нещасні випадки, пов'язані із працівниками, порушення трудової дисципліни (пунктуальність, наявність скарг або порушень правил і техніки безпеки, порушення правил дорожнього руху (для водіїв)); наявність social skills; дотримання корпоративних норм і політики і т.п.;

- **інформація щодо підготовки та залучення персоналу** до управління якістю: дані про проведені та заплановані тренінги, курси підвищення кваліфікації, навчання новим технологіям управління якістю, вимогам підприємства щодо якості, стандартам безпеки; розробка та впровадження спеціальних програм підготовки для нових працівників; наявність програми щодо залучення усього персоналу до управління якістю, розподіл та закріплення відповідних функціональних обов'язків; наявність системи матеріальної та нематеріальної мотивації працівників за забезпечення якості сервісних продуктів відповідно до вимог компанії, включаючи оплату праці, відповідні бонуси, умови праці, кар'єрне зростання тощо; дані про результати опитування та анкетування персоналу щодо забезпечення якості та інші;

- **інформація про ефективність операційної діяльності:** детальні дані про витрати на різні етапи автотранспортного процесу: пальне; паливно-мастильні матеріали, технічне обслуговування та поточний ремонт транспортних засобів, митні збори, зарплата персоналу та нарахування на оплату праці, страхування, штрафи та інші витрати); дані про використання транспортних засобів (техніко-експлуатаційні показники: коефіцієнт випуску, коефіцієнти використання вантажопідйомності статичний та динамічний, коефіцієнт використання

пробігу та ін.), зон діагностики ТО Р, складських площ, обладнання тощо та їх ефективність; показники результативності та продуктивності транспортної роботи такі, як обсяг перевезених вантажів в тонах, тонно-кілометрах, автомобіле-годинах; кількість виконаних циклів, продуктивність транспортних засобів та персоналу та інші;

- **інформація щодо впровадження змін і нововведень** для покращення якості процесів транспортування і логістики: дані про впровадження конкретних заходів, їх результативність та ефективність (наприклад, **інформація про такі інновації як впровадження** систем для моніторингу транспорту: GPS, моніторинг температури, геоінформаційні системи для оптимізації маршрутів тощо); дані про інтеграцію нововведень з іншими системами, такими як CRM, ERP, WMS; дані про впровадження нових технологій в управління ланцюгами поставок, автоматизації складування, нові методи для управління перевезеннями або зниження витрат та інші.

В залежності від особливостей зовнішнього і внутрішнього середовищ функціонування автотранспортних компаній, наявних матеріально-технічних, фінансових та трудових ресурсів суб'єкт господарювання обирає певну сукупність інформації, яка може бути необхідна для прийняття своєчасних та достовірних рішень щодо забезпечення якості автотранспортних послуг.

Список використаних джерел

1. Концепція державної політики у сфері управління якістю продукції (товарів, робіт, послуг). Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 серпня 2002 р. № 447-р. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/447-2002-p>.

2. Закон України «Про захист прав споживачів». URL: <http://www.rada.gov.ua/laws/show/1023-12>.

3. Сніжко Л.Л. Інформаційне забезпечення управління якістю сервісних продуктів в операційній діяльності транспортно-логістичних підприємств. *Науковий журнал «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. Київ: НТУ, 2024. Вип. 116.2. С. 306-323. DOI:10.33744/0365-8171-2024-116.2-306-323.

4. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів. ДСТУ ISO 9000:2015 (ISO 9000:2005, IDT). Національний стандарт України. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 45 с.

5. Сніжко Л.Л. Управління якістю сервісних продуктів в операційній діяльності транспортно-логістичних підприємств. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. Київ: НТУ, 2023. Вип. 114.2. С. 269-284. URL: <https://doi.org/10.33744/0365-8171-2023-114.2-269-284>.

6. Parasuraman A., Zeithaml B., Berry L. Serqval: A Multiple-Item Scale for Measuring Customer Perceptions of Service Quality. *Journal of Retailing*. Spring, 1988. P. 12—40. URL: https://www.researchgate.net/publication/200827786_SERVQUAL_A_Multiple-item_Scale_for_Measuring_Consumer_Perceptions_of_Service_Quality

Сніжко Лариса Леонідівна - кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри «Менеджмент» Національного транспортного університету, м. Київ

Larisa Snizhko - Ph.D. (Candidate of Economics Sciences), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, National Transport University, Kyiv

УДК 656:51-74

Сніжко Л.Л., Кісільова А.О.

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ НА АТП ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Наведено визначення понять «якість бізнес-процесу» та «управління якістю бізнес-процесів». Розглянуто необхідність впровадження систем управління якістю на основі стандартів сімейства серії ISO для підвищення ефективності транспортно-логістичних процесів. Таке впровадження дозволяє підприємствам задовольняти індивідуальні вимоги клієнтів і підтримувати довгострокову конкурентоспроможність.

Ключові слова: *автотранспортне підприємство, бізнес-процеси, управління якістю, транспортно-логістичні процеси, стандарти ISO, ефективність.*

The definitions of the concepts of "business process quality" and "business process quality management" are defined. The study highlights the necessity of implementing quality management systems based on the ISO standards series to enhance the efficiency of transport and logistics processes. Such implementation enables enterprises to meet individual customer requirements and maintain long-term competitiveness.

Key words: *motor transport company, business processes, quality management, transport and logistics processes, ISO standards, efficiency.*

Аналіз сучасних літературних джерел показав, що на даний час немає єдиного підходу до трактування понять «якість бізнес-процесу» та «управління якістю бізнес-процесів». У більшості випадків, розглядаючи якість бізнес-процесів або її забезпечення, автори не наводять визначення цього поняття. З точки зору управління бізнес-процесами якість є одним з параметрів бізнес-процесу, і поліпшення цього параметра може покращити весь процес. Тому підходи до управління якістю тісно переплітаються з підходами вдосконалення бізнес-процесів.

Якість бізнес-процесу – це сукупність властивостей і характеристик послідовних взаємопов'язаних видів діяльності (дій), що мають певні входи та виходи, перетворюють ресурси для отримання на виході кінцевого результату у вигляді продукту (результату) та створюють цінність для зовнішніх споживачів та їх вимог, що виникають в результаті взаємодії споживача і виробника, а також інших зацікавлених сторін, що дозволяє задовольняти різні соціально-економічні потреби, що постійно змінюються.

Управління якістю бізнес-процесів являє собою цілеспрямований вплив суб'єкта управління на об'єкт (сукупність об'єктивно існуючих властивостей і характеристик послідовних взаємозалежних видів дій, що спрямовані на створення споживчої цінності). Цей вплив реалізується шляхом трансформації «входів» за допомогою операційних ресурсів у результати (продукцію, послуги) для задоволення зовнішніх клієнтів з метою зміни параметрів його функціонування відповідно до встановлених вимог.

Управління якістю бізнес-процесів на автотранспортному підприємстві (АТП) (рис. 1) є ключовим чинником підвищення ефективності його діяльності та конкурентоспроможності на ринку транспортних послуг [2].

Якість транспортно-логістичної діяльності АТП – це сукупність властивостей і характеристик послідовних взаємопов'язаних логістичних бізнес-процесів, рівень виконання яких дозволяє задовольняти різні транспортно-логістичні потреби, що мають характер мінливості в часі та охоплюють постачання, виробництво, транспортування та збут продукції,

що є результатом взаємодії та співпраці учасників логістичного ланцюга (постачальників, перевізників, посередників) [1].

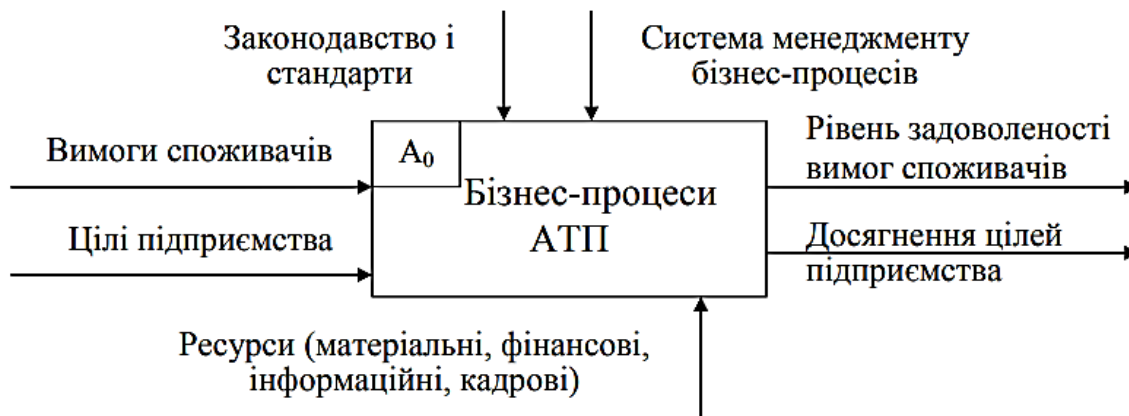


Рисунок 1 – Бізнес-процеси на АТП

Забезпечення управління якістю транспортно-логістичних процесів автотранспортного підприємства має вирішальне значення для безперебійної роботи всіх цих видів діяльності. Важливе значення в управлінні якістю транспортно-логістичних процесів підприємства відіграє ефективне впровадження в практику діяльності та дотримання стандартів сімейства серії ISO.

Відповідно до стандартів сімейства серії ISO підприємства, які впроваджують систему управління якістю для забезпечення якості транспортно-логістичних процесів, демонструють свою здатність відповідати сучасним вимогам ринку автотранспортних послуг. Функція забезпечення якості полягає в підтримці та покращенні якості бізнес-процесів, попередженні ризиків і виявленні можливостей, пов'язаних із місією та цілями підприємства, а також у гарантуванні того, що вимоги клієнтів задовольняються при дотриманні нормативних і правових норм. При цьому основними вимогами, що пред'являються споживачами до послуг автотранспортних підприємств є: захист навколишнього середовища; технічна та експлуатаційна готовність перевізника; можливість здійснення спеціалізованих перевезень; функціональна придатність транспортного засобу; відсутність проміжних перевантажувальних операцій; наявність перевантажувального обладнання в пунктах перевалки; наявність необхідної транспортної тари; можливість отримання достовірної інформації про тарифи, умови перевезення, місце знаходження вантажу тощо; можливість проходження митного кордону; прийнятна вартість послуг; можливість доставки вантажу «від дверей до дверей»; належне супроводження вантажу; належне документальне забезпечення; пристосованість автотранспортного підприємства до індивідуальних вимог клієнтів (гнучкість обслуговування) та ін. [3].

Система управління якістю на основі стандартів серії сімейства ISO формується на основі семи принципів (рис. 2) [4].

Автотранспортні підприємства за допомогою сертифікації впровадженої системи менеджменту якості на основі серії сімейства ISO можуть підтримувати баланс між сталим розвитком транспортно-логістичних процесів і стійкістю навколишнього середовища відповідно до міжнародновизнаних і прийнятих норм.

Управління якістю транспортно-логістичних процесів підприємства на основі стандартів серії сімейства ISO дозволить підприємству отримати такі переваги: підвищення ефективності діяльності, підвищення продуктивності, покращення обслуговування клієнтів, економія коштів, своєчасні поставки, автоматизація забезпечення якості в управлінні транспортно-логістичними процесами та інші [3].



Рисунок 2 – Базові принципи стандартів серії сімейства ISO

Отже, управління якістю бізнес-процесів на автотранспортному підприємстві (АТП) є ключовим чинником підвищення ефективності його діяльності та конкурентоспроможності на ринку транспортних послуг. Застосування сучасних підходів, таких як впровадження стандартів серії сімейства ISO та використання гнучких методологій управління, дозволяє АТП адаптуватися до змін ринкового середовища та забезпечувати високий рівень обслуговування клієнтів. Зокрема, інтеграція системи управління якістю з екологічним менеджментом та соціальною відповідальністю сприяє сталому розвитку підприємства та задоволенню зростаючих вимог споживачів.

Список використаних джерел

1. Моделювання бізнес-процесів АТП. URL: <https://surl.lu/dbffig>
2. Управління якістю бізнес-процесів АТП. URL: <https://surl.li/jzsmui>
3. Основи управління якістю. URL: <https://en.ppt-online.org/222981>
4. Павловський М.В., Корюгін А.В. Управління якістю транспортно-логістичних процесів підприємства. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. 6(06). DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.6-8>

Сніжко Лариса Леонідівна - кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри «Менеджмент» Національного транспортного університету, м. Київ

Кісільова Анастасія Олександрівна – бакалавр кафедри менеджменту Національного транспортного університету, м. Київ

Larisa Snizhko - Ph.D. (Candidate of Economics Sciences), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, National Transport University, Kyiv

Anastasia Kisiliova – Bachelor's degree student at the Department of Management, National Transport University, Kyiv.

УДК 629.113.4:629.331.2(477)

Соколов Є.В., Либа О.С., Ревякіна О.О.

СПЕЦІАЛІЗОВАНІ АВТОМОБІЛІ ЯК

У тезах розглянуто особливості конструкції та функціональності спеціалізованих автомобілів на базі техніки JAC – одного з провідних китайських автовиробників. Проаналізовано застосування таких транспортних засобів у різних галузях національної економіки України, зокрема у комунальному господарстві, енергетиці, будівництві та сільському господарстві. Висвітлено технічні характеристики типових моделей спецавтомобілів: вантажного автомобіля JAC N75 з краном-маніпулятором HC 80 та JAC N56/N75 з автогідропідіймачем. Вказано на широкий модельний ряд JAC, що охоплює вантажо-пасажирські мікроавтобуси, пікапи, повнопривідну техніку та вантажні шасі з можливістю встановлення спеціального обладнання. Окрему увагу приділено діяльності українського підприємства «УкрАвтоКомплект», яке здійснює переобладнання техніки JAC під потреби аварійних, ремонтних і сервісних служб. Наведено приклади реалізованих проектів та окреслено переваги техніки JAC – доступність, надійність, сервісна підтримка та можливість фінансування.

Ключові слова: спеціалізовані автомобілі; техніка JAC; кран-маніпулятор; автогідропідіймач; вантажне шасі; аварійно-ремонтні машини; мобільні лабораторії; вантажо-пасажирські мікроавтобуси; пікапи JAC; УкрАвтоКомплект; переобладнання авто; автоспецтехніка; транспорт для комунальних служб.

The thesis discusses the design and functionality of specialised vehicles based on the equipment of JAC, one of the leading Chinese automakers. The article analyses the use of such vehicles in various sectors of the national economy of Ukraine, in particular in utilities, energy, construction and agriculture. The article highlights the technical characteristics of typical models of special vehicles: JAC N75 truck with HC 80 crane and JAC N56/N75 truck with hydraulic lift. The author points out the wide range of JAC trucks, including vans, pickups, all-wheel drive vehicles and cargo chassis with the ability to install special equipment. Particular attention is paid to the activities of the Ukrainian enterprise UkrAvtoKomplekt, which carries out the conversion of JAC vehicles to meet the needs of emergency, repair and maintenance services. Examples of completed projects are provided and the advantages of JAC equipment are outlined: availability, reliability, service support and financing options.

Key words: specialised vehicles; JAC equipment; crane manipulator; auto hydraulic lift; truck chassis; emergency repair vehicles; mobile laboratories; cargo and passenger vans; JAC pick-ups; UkrAvtoKomplekt; car conversion; specialised vehicles; vehicles for public utilities.

Спецавтомобілі – це транспортні засоби, які розроблені та укомплектовані додатковим обладнанням (стелажами, лабораторним обладнанням, інструментами та пристроями для виконання ремонтних робіт тощо) для виконання виробничих завдань різними службами, підприємствами та організаціями [1 – 10].

JAC (Джак) – це відомий з 1999 року азійський бренд від китайської автомобільної компанії Anhui Jianghuai Automobile Co., Ltd. Торгова марка znana і не тільки в Китаї як провідний виробник різноманітної техніки [11, 12]:

Легкові автомобілі, пікапи, пасажирська техніка.

Вантажні автомобілі та спецтехніка.

Обсяги виробництва Anhui Jianghuai Automobile Co., Ltd сягають півмільйона одиниць техніки щороку, що дає змогу підприємству входити до ТОП-5 найбільших китайських автовиробників.

В онлайн-каталозі УкрАвтоКомплект представлено як готові автомобілі від цієї торгової марки, так і можна ознайомитись з різноманітною фірмовою продукцією компанії під власним брендом UAK (УАК) на базі легкових, вантажно-пасажирських та вантажних автівок JAC (рис. 1).



Рисунок 1 – Принскрин зі сторінки онлайн-каталога «УкрАвтоКомплект» [11]

Автотехніка JAC в Україні – це багатий асортимент різноманітних моделей легкових та вантажних авто, які мають великий попит в багатьох галузях української економіки: будівництво, аграрно-промисловий комплекс, енергетика, житлово-комунальне господарство та ін.

Особливо добре себе зарекомендували такі відомі популярні автомобілі JAC, як: вантажно-пасажирський мікроавтобус JAC Sunray із суцільнометалевим фургоном та повномірні повнопривідні пікапи JAC T, які переобладнаються як аварійно-ремонтні машини, мобільні лабораторії, автомобілі медичної допомоги та ін. Також на таку автотехніку можна встановлювати різноманітні крани-маніпулятори та автогідропідіймачі.

Як приклад можна навести вантажний автомобіль JAC із встановленим маніпулятором (гідрокраном). Це типовий бортовий вантажний автомобіль з краном-маніпулятором, який використовують для перевезення вантажів і їх навантаження/розвантаження без залучення додаткової техніки (рис. 2).

Коротка технічна характеристика (JAC N75 + HC 80):

Повна маса авто: $\approx 7,5$ тонн.

Вантажність: до 4 тонн (залежно від конфігурації).

Кабіна: 2-місна або 3-місна, денна.

Двигун: дизельний, рядний 4-циліндровий, обсяг $\approx 3,8$ – $4,2$ л.

КПП: механічна, 6-ступенева.

Кран-маніпулятор: HC 80 — вантажність до 3 тонн, виліт стріли до 6,6 м.

Вантажні шасі JAC N – потужні транспортно-колісні засоби, на які можна встановлювати різноманітні кузовні надбудови та підйомні механізми. Серія JAC N має різучий діапазон моделей з різними значеннями максимальної повної маси: від 3,5 до 41 тонн.



Рисунок 2 – Вантажний автомобіль JAC (JAC N75 + HC 80) із встановленим маніпулятором (гідрокраном).

Також як приклад можна навести, вантажний автомобіль JAC (JAC N56/N75 з автовежею), але вже у конфігурації з подовженою (подвійною) кабіною та встановленим автогідропідіймачем (АГП) (рис. 3).



Рисунок 3 – Вантажний автомобіль JAC N56/N75 з автовежею.

Характеристики (JAC N56/N75 з автовежею):

Повна маса $\approx$ 5,6–7,5 тонни.

Вантажність платформи $\approx$ 1,5–3 тонн.

Кількість місць у кабіні: 5–6.

Тип підіймача: АГП (автогідропідіймач), висота: 12–18 м.

Двигун: дизель, 4 цил., об'єм 2.8–4.2 л

Колісна формула: 4×2.

Цей автомобіль найчастіше використовується: у комунальному господарстві (ремонт ЛЕП, вуличного освітлення), для будівельно-монтажних робіт, у телекомунікаційних компаніях

До переваг техніки цього китайського автомобільного бренда варто віднести наступні параметри:

Доступна вартість придбання та володіння: демократичні ціни, стислі терміни доставлення в Україну та наявність локального розгалуженого сервісного обслуговування роблять техніку JAC зручною та рентабельною для українського користувача.

Оптимальні технічні характеристики: істотний асортимент базових шасі з широким діапазоном значень GVW, колісних формул, колісних баз, типів кабін; потужні двигуни Cummins; опції, які полегшують користування технікою (центральный замок з пультом ДК, кондиціонер, бортовий комп'ютер, електрообладнання, яке регулює скло в вікнах, рульове колесо, нахил фар).

УкрАвтоКомплект пропонує:

JAC пікапи – сучасні автомобілі з повнопривідною колісною формулою 4x4, яка долає усі перешкоди на складних шляхах. А ще на базі пікапів JAC T6 та T8 можна купити сучасну італійську автовежу ISOLI з робочою висотою 14 м та вантажність 230 кг, або автогідропідіймачі інших торгових марок, що встановлюються на пікапи та позашляховики.

Вантажні та пасажирські мікроавтобуси із суцільнометалевим фургоном JAC Sunray – така вантажно-пасажирська техніка чудово адаптується під мобільні майстерні та пересувні лабораторії, а також використовується для встановлення автогідропідіймачів ISOLI (Італія) з робочими висотами в діапазоні 11-15 м і навантаженням на робочий кошик від 120 до 200 кг, або можна купити монтаж автовеж від інших виробників, які встановлюються на вантажно-пасажирські мікроавтобуси з ЦМФ.

Вантажні автомобілі JAC Motors, які імпортуються повністю зібраними безпосередньо з Китаю: шасі, самоскиди, бортові автомобілі, сидельні тягачі.

На вантажні шасі JAC в Україні монтуються різноманітні кузовні надбудови та підйомні механізми: бензовози, самоскиди, зерновози, бортові платформи, автобетономіксери, сміттевози, вакуумні машини, автовежі, автокрани, крани-маніпулятори та ін.

У 2024 році компанія увійшла до провідних збирачів спецтехніки за такими видами спеціалізованих автомобілів, як автовежі та вантажні автомобілі з кранами-маніпуляторами. Серед тих замовлень, які було виготовлено для українських покупців, на базі JAC виготовлено великі партії автогідропідіймачів Oil & Steel (Італія), ізотермічних фургонів, самоскидів, зерновозів, бортових автомобілів з крано-маніпуляторними установками HC Industrie (Італія) [12].

Зверніть увагу, що в Україні для покупців будь-яких авто JAC діють вигідні програми придбання, до яких входять фінансування (кредит, лізинг), страхування, реєстрація та сертифікація спецтехніки, встановлення GPS-обладнання тощо [11].

Також слід зауважити, що навіть спеціалізовані автомобілі потребують проведення ремонтних робіт, а для цього необхідно враховувати особливості умов експлуатації, структурно-фазового стану деталей та застосовувати сучасне комп'ютерне забезпечення для отримання бажаного результату [13-21].

Список використаних джерел

1. Кашканов А.А., Ребедаило В.М. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту: конструкція. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 164 с.
2. Сирота В. І., Сахно В. П. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту. Арістей, 2009. 288 с.
3. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей: навчальний посібник В.В. Біліченко, О.Л.Добровольський, В. О. Огневий, Є. В. Смирнов – Вінниця: ВНТУ, 2017.– 163 с.
4. Біліченко В. В. Вступ до фаху: навчальний посібник [2-ге вид. перероб. і доп.] / Біліченко В. В., Кужель В. П., Кашканов А. А., Романюк С. О. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 116 с.

5. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Організація самостійної та практичної роботи: навчальний посібник / М.В. Митко, О.П. Шиліна, С.В., Цимбал – Вінниця: ВНТУ, 2022. – 98 с.

6. Колесніков В.О. Автомобілі спеціального призначення. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 149–152.

7. Жуков В.В., Колесніков В.О., Балицька В.О. Аварійно-рятувальні автомобілі. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 110–113.

8. Риб'янець С.Р., Колесніков В.О. Санітарний броньований автомобіль Reform MLA Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 282–285.

9. Жуков В.В., Субота В.К., Колесніков В.О. Прототипи автомобілів для астронавтів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII-та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 114–117.

10. Субота В.К., Колесніков В.О. Броньовані автомобілі. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 326–329.

11. JAC вантажні автомобілі, URL: <https://uak.ua/product-category/jac/>

12. Які цікаві спеціалізовані автомобілі JAC зібрано в Україні? URL: <https://pochemychki.com.ua/yaki-czikavi-speczializovani-avtomobili-jac-zibrano-v-ukrayini/>

13. Ревякіна О.О., Бурдун В.В., Колесніков В.О., Васецька Л.О., Рожкова А.Ю., Бикадорова Н.О. Приклади застосування деяких композиційних матеріалів на автомобільному транспорті. Частина 1. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 274–277.

14. Рожкова А.Ю., Бурдун В.В., Колесніков В.О., Бикадорова Н.О., Ревякіна О.О. Приклади застосування деяких композиційних матеріалів на автомобільному транспорті. Частина 2. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XII - та міжн. науково-практичн. конф., 16–18 квітня 2024 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2024. С. 278–281.

15. Колесніков В. О., Васецька Л. О., Ревякіна О. О., Колеснікова Є. Б. Приклади застосування та впровадження нових технологій в транспортній галузі та енергомашинобудуванні. Частина 2. Застосування програмного комплексу ABAQUS. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: X-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2022 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 132–138.

16. Бурдун В. В., Ревякіна О. О., Колеснікова Є. Б. Деякі приклади застосування інформаційних технологій в автомобільній галузі та освіті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 30–34.

17. Застосування комплексного підходу при оцінці стану деградованого матеріалу деталей та вузлів в енергомашинобудуванні // В.О. Колесніков, К.Ф. Абрамек, Є.Б. Колеснікова, О.О. Ревякіна // II Міжнародна науково-практична конференція. «Актуальні питання експертної та оціночної діяльності», 25–26 листопада 2021 року в м. Полтава, Україна. С.96 - 98.

18. Концепція враховування структурно-фазового стану експлуатованих матеріалів в енергомашинобудуванні при проведенні ремонтів з застосуванням механічної обробки // Колесніков В.О., Балицький О.І., Гаврилюк М.Р., Ревякіна О.О. // Збірник тез доповідей II-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2021»: Збірник тез [Електронний ресурс]. – Вінниця: ВНТУ. – 2021. – с. 310 - 312.

19. Застосування методів комп'ютерного зору для оцінки стану поверхневих та підповерхневих шарів заготовок під час механічної обробки з метою отримання більш якісної та безпечної продукції для енергомашинобудування // В.О. Колесніков, Я. Еліаш, М.Р.

Гаврилюк, О.О. Ревякіна // II Міжнародна науково-практична конференція. «Актуальні питання експертної та оціночної діяльності», 25–26 листопада 2021 року в м. Полтава, Україна. С. 100 - 102.

20. Игнатьев Б.Б., Игнатъева В.Б. Расчет технологических параметров при предварительном формовании полуфабриката стержневого изделия // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ: Вид-во СХУ ім. В. Даля. – 2007. – Частина перша. – № 7 (113). – С. 125-132.

21. Игнатъева В. Аналіз роботи профільних виробів, армованих волокнами композитів у конструкції / В. Игнатъева // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“, 10-11 листопада 2022 року. - Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. - С. 60–61.

22. Бурдун В.В., Рожкова А.Ю., Бикадорова Н.О., Ревякіна О.О. Деякі підходи щодо проведення та оцінювання якості ремонтних робіт автомобілів. «Актуальні питання експертної та оціночної діяльності»: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Полтава, 26–27 вересня 2024 року). Харків: Вид-во Іванченка І. С., 2024. С. 96 – 101.

Соколов Євген Віталійович – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» м. Полтава

Ліба Олександр Сергійович – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» м. Полтава

Ревякіна Ольга Олександрівна – к.т.н., доцент, кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Полтава

Sokolov Yevgeny Vitaliyovych is a 4th year student of the first (bachelor's) level of the specialty «Professional education. Transport», the Department of Professional Education, Restaurant and Tourism Business, Institute of Technology and Trade, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava

Liba Oleksandr Sergeyovich is a 4th year student of the first (bachelor's) level of the specialty «Professional education. Transport», the Department of Professional Education, Restaurant and Tourism Business, Institute of Technology and Trade, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava

Reviakina Olga Olexandrivna - PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Production Technologies and Hotel and Restaurant Business, Educational and Research Institute of Trade, Serving Technologies and Tourism, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava.

УДК 629.33-027.33

Стадник О.С.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ РЕЦИКЛІНГУ ПОВІТРЯНИХ ФІЛЬТРІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

У роботі запропоновано технологічну схему рециклінгу відпрацьованих повітряних фільтрів, що включає повітряну класифікацію та сепарацію за тертям. До легкої фракції повітряної класифікації сконцентровано паперовий фільтрувальний матеріал з чистотою 97,7%; до еластичної фракції сепарації за тертям сконцентровано спінений поліуретан з чистотою 94,4%.

Ключові слова: повітряний фільтр, рециклінг, еластомер, утилізація, сепарація за тертям

The paper proposes a technological scheme for recycling used air filters, which includes air classification and friction separation. Paper filter material with a purity of 97.7% was concentrated in the light fraction of air classification; foamed polyurethane with a purity of 94.4% was concentrated in the elastic fraction of friction separation.

Key words: air filter, recycling, elastomer, utilization, friction separation

Відпрацьовані експлуатаційні матеріали автомобілів, зокрема олива, моторні фільтри накопичуються переважно на станціях технічного обслуговування. Залежно від регламенту технічного обслуговування автомобіля повітряний, паливний, масляний фільтри та моторну оливу замінюють через кожні 15 000 – 90 000 км у ЄС. В Україні цю заміну виконують через кожні 10 000 км пробігу. Направити на рециклінг накопичені використані повітряні фільтри мотивують ряд факторів, зокрема ціль Сталого розвитку № 13 «Відповідальне споживання та виробництво» та Директива 2000/53/ЄС про утилізацію транспортних засобів.



Рисунок 1 – Фото відпрацьованих повітряних фільтрів

У більшості автомобілів повітряні фільтри виготовляють у вигляді целюлозно-паперового фільтрувального матеріалу зігнутого смужками у вигляді зиг-загу, набраного у касету та ущільнення зі спіненого поліуретану. Вершини смужок фіксують пластиковими смужками. Для ефективного рециклінгу усі матеріали потрібно розділити окремо, як правило з чистотою понад 95 %.

Попередній підхід щодо технологічної схеми рециклінгу повітряних фільтрів двигунів внутрішнього згорання автомобілів запропоновано авторами [1], що включав повітряну класифікацію у класифікаторі типу «Зиг-заг», розділення суміші пластику і пористого поліуретану у спиртових розчинах з густиною $0,91 \text{ г см}^{-3}$.

Частинки спіненого поліуретану мають високий коефіцієнт тертя у межах $0,6\text{--}0,8 \text{ г см}^{-3}$, що забезпечить їх ефективне вилучення сепарацією за тертям. Тому, для виділення спіненого поліуретану з суміші подрібнених повітряних фільтрів транспортних засобів доцільно використати сепарацію за тертям, що дозволить отримати більш чистий поліуретановий продукт. Запропонована технологічна схема є більш екологічною, оскільки не потребує використання рідини, що то потрібно очищати та утилізувати.

Метою роботи є удосконалення технологічної схеми рециклінгу використаних повітряних автомобільних фільтрів з використанням сепарації за тертям, що дозволить збільшити чистоту спіненого поліуретану та фільтрувального матеріалу.

Для досліджень були використані повітряні фільтри двигунів автомобілів з паперовою фільтрувальною поверхнею отримані на станціях технічного обслуговування м. Рівне (Україна). Ці фільтри працювали на автомобілях Renault, BMW та Volkswagen. Відпрацьовані повітряні фільтри включали 84% паперового фільтрувального матеріалу, 14% спіненого поліуретану та 2% пластиків (рис. 1).

Відпрацьовані повітряні фільтри були направлені на переробку за технологічною схемою (рис. 2), що включала дроблення на грануляторі, повітряну класифікацію з отриманням легкої фракції і важкої фракції, сепарацію за тертям важкої фракції з отриманням еластичної фракції та твердої фракції.



Рисунок 2 – Технологічна схема переробки повітряних фільтрів автомобілів

Дроблення продуктів було виконано на роторно-ножевому грануляторі MN-300 (Castulik, Словаччина) зі встановленим ситом, що має круглі отвори діаметром 10 мм. Повітряну класифікацію виконано на сепараторі легкої фракції типу «Зиг-заг» SLF-5-15/30 (НВФ «Продекологія», Україна) та сепарацію за тертям було виконано на сепараторі ST-100, (НВФ «Продекологія», Україна) [2, 3].

Відповідно до запропонованої технологічної схеми до легкої фракції повітряної класифікації сконцентровано паперовий фільтрувальний матеріал з чистотою 97,7%; та масовим виходом 74,0%, до еластичної фракції сепарації за тертям – спінений поліуретан з чистотою 94,4% та масовим виходом 11,6%. Масовий вихід твердої фракції сепарації за тертям склала 14,5% у якій зосереджені майже усі пластики та наявний фільтрувальний матеріал. Цей продукт потребує додаткового дроблення та сепарації за такою ж схемою. Фото отриманих продуктів наведено на рис. 3.

Таблиця 1 – Технологічні показники рециклінгу використаних повітряних фільтрів автомобілів

Назва продукту	Масовий вихід, %	Масова частка фільтрувального матеріалу, %	Масова частка спіненого поліуретану, %	Масова частка пластику, %
Вихідний продукт	100,0	83,5	14,4	2,1
Легка фракція	74,0	97,7	2,3	0,0
Важка фракція	26,0	43,2	48,6	8,1
Еластична фракція	11,6	2,0	94,4	3,6
Тверда фракція	14,5	76,2	12,0	11,8



а



б

Рисунок 3 – Продукти рециклінгу відпрацьованих повітряних фільтрів автомобілів:
а – фільтрувальний матеріал; б – спінений поліуретан

Отже, у роботі запропонована більш екологічна технологічна схема рециклінгу відпрацьованих автомобільних фільтрів, яка дозволила отримати фільтрувальний матеріал з чистотою 97,7% і спінений поліуретан з чистотою 94,4%, що придатні для подальшої переробки. Застосовані технологічні операції, на відміну від операції відомої технологічної схеми, не вимагають застосування розчинів які потребують спеціальної утилізації. У наступних дослідженнях доцільно удосконалити схему з метою концентрації більш чистого пластикового продукту.

Список використаних джерел

1. Christian Wilke, Alexandra Kaas, Urs Peuker., 2024. Approaches to Recycling of Engine Air Filters. *Chemie Ingenieur Technik*. 2024, 00, No. 0, 1–8.
2. Стадник О.С. Аналіз ефективності вилучення еластомерів з автомобільних пластиків трибосепарацією. *Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту* : матеріали XII Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції (Вінниця, 16–18 квітня 2024 року). Вінниця : ВНТУ, 2024. С 319–321.
3. O.S. Stadnyk. Analysis of the elastomers extraction efficiency from automobile plastics by triboseparation. *The current state of the organization of scientific activity in the world* : book of abstracts of XXIII International Scientific and Practical Conference (Madrid, Spain, June 10-12, 2024). Madrid, Spain, 2024. P. 505-507.

Стадник Олександр Святославович – к.т.н., доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, провідний інженер-технолог НВФ «Продекологія», o.s.stadnyk@nuwm.edu.ua.

Oleksandr Stadnyk – PhD in technics, associate professor of Automobile and Automobile Industry Department, Institute of Mechanics, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, leading technological engineer, SMF "Prodecologia", o.s.stadnyk@nuwm.edu.ua

УДК 629.33

Стефанишин В.Б., Стоцько З.І.

ОГЛЯД СИСТЕМ ТУРБОНАДДУВУ З ДВИГУН-ГЕНЕРАТОРОМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

Розглянуто теоретичне підґрунтя використання систем примусової індукції в двигунах внутрішнього згорання з використанням двигун-генератора задля покращення економічних показників та покращення силових характеристик. Проаналізовано наявні системи турбонаддуву з двигун-генератором та їх принципові схеми. Визначено переваги застосування таких систем для підвищення енергоефективності турбонаддуву.

Ключові слова: турбокомпресор, турбокомпресор-генератор, системи примусової індукції, гібридні електричні системи.

Study the theoretical basis for the use of forced induction systems in internal combustion engines with the use of an engine-generator to enhance fuel economy and improve power characteristics. Existing turbocharging systems with an engine-generator and their principal schemes have been analyzed. The advantages of applying such systems to enhance the energy efficiency of turbocharging have been identified.

Keywords: turbocharger, turbocharger-generator, forced induction systems, hybrid electric systems.

Постійне посилення вимог до екологічних параметрів двигунів внутрішнього згорання змушує автовиробників шукати нові шляхи підвищення їх енергоефективності. Одним з поширених шляхів є використання систем примусової індукції, зокрема використання систем турбонаддуву, що використовують енергію відпрацьованих газів двигуна. У контексті екологічних норм та енергоефективності найперспективнішим є використання цих систем на двигунах з невеликим робочим об'ємом [1].

Однією з проблем двигунів малого об'єму з системами турбонаддуву є низька потужність на низьких обертах, через недостатній об'єм відпрацьованих газів для забезпечення ефективної роботи турбокомпресора. Ця проблема має кілька варіантів вирішення [2]:

- застосування менших турбокомпресорів. Це компроміс між максимальною потужністю та ефективністю двигуна в широкому діапазоні обертів;
- використання систем змінної геометрії турбокомпресора. Ця система дозволяє змінювати параметри турбокомпресора для забезпечення кращих параметрів в ширшому діапазоні обертів двигуна;
- використання додаткових компресорів з механічним чи електричним приводом;
- застосування гібридних електричних систем турбонаддуву, що об'єднують традиційний турбокомпресор та компресор з електроприводом.

Увага дослідження приділена останньому варіанту. Загальна схема цієї системи представлена на рис. 1.

Система має 3 стабільні режими роботи [2]:

1. Активний режим, коли двигун-генератор працює в режимі двигуна, та обертає турбіну, використовуючи накопичену в акумуляторі енергію, або енергію з електричної системи авто. Система перебуває в цьому режимі в ті моменти, коли тиску випускних газів не достатньо для забезпечення необхідного тиску наддуву.

2. Режим генерації — стан, коли тиск випускних газів достатній для ефективної роботи турбіни та генератора, а поточний режим роботи двигуна дозволяє роботу без примусової індукції, наприклад, гальмування, пересування авто на стабільній швидкості.

3. Нейтральний режим — це режим, коли тиск випускних газів достатній, для ефективної роботи турбіни, але умови роботи двигуна не дозволяють використати частину їх енергій для генерації.

4.

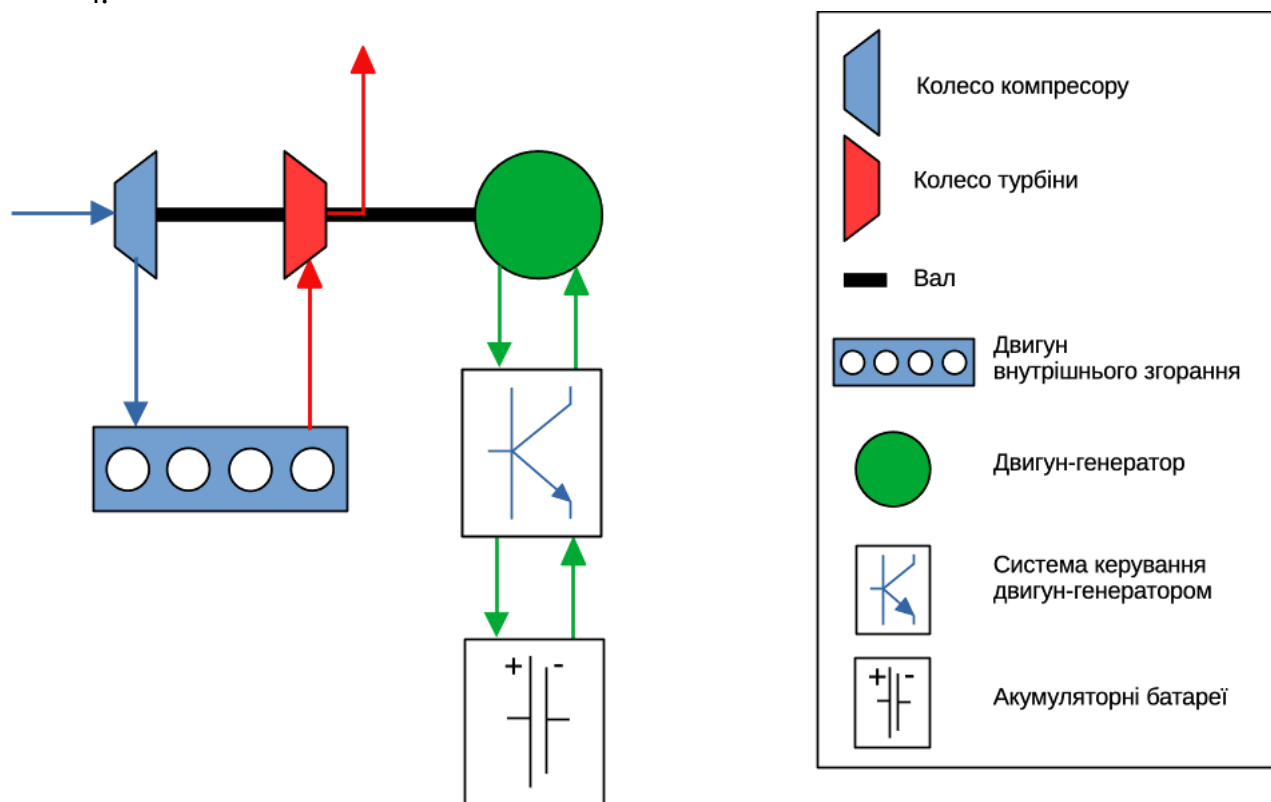


Рисунок 1 – Спрощена загальна схема турбонаддуву з двигуном-генератором

Таким чином дана система може працювати в гібридному енергоефективному режимі, коли енергія для електричного асистування турбонаддуву може бути згенерована самою системою з мінімальним використання енергії з основної електричної системи авто.

Дані системи були успішно реалізовані деякими компаніями, що спеціалізуються на виготовленні систем турбонаддуву, наприклад Gatrrett та BorgWarner [3, 4].

Особливістю реалізації системи в обох компаній є використання високовольтних двигунів, що працюють при високих обертах. Ці системи використовують 48-вольтну систему замість стандартної 12-вольтової, що підвищує ефективність системи, та зменшує робочі струми. Для приведення двигунів в дію використовують контролери та інвертори, що піднімають напругу до 400 або 800 (у деяких варіаціях системи від BorgWarner) вольт, що в свою чергу дозволяє значно зменшити робочі струми та зменшити габарити двигуна [3].

У режимі генерації дані системи виконують зворотнє перетворення напруги та її стабілізації для заряджання акумуляторних батарей.

Список використаних джерел

1. S. Chu and A. Majumdar, "Opportunities and challenges for a sustainable energy future," *nature*, vol. 488, no. 7411, pp. 294–303, 2012.
2. W. Lee, E. Schubert, Y. Li, S. Li, D. Bobba and B. Sarlioglu, "Overview of Electric Turbocharger and Supercharger for Downsized Internal Combustion Engines," in *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 3, no. 1, pp. 36-47, March 2017
3. Breitbach, H., Metz, D., Weiske, S. et al. Application and Design of the Electrically Driven Compressor from BorgWarner. *MTZ Worldw* 76, 16–21 (2015).
4. Schneider, T. "E-turbos are Providers and not Consumers of Electricity". *MTZ Worldw* 82, 24–27 (2021).

Стефанишин Володимир Богданович — аспірант кафедри Проектування машин та автомобільного інжинірингу Національного університету «Львівська політехніка», e-mail: volodymyr.b.stefanyshyn@lpnu.ua

Стоцько Зіновій Антонович — доктор технічних наук, професор кафедри Проектування машин та автомобільного інжинірингу Національного університету «Львівська політехніка», e-mail: zinoviy.a.stotsko@lpnu.ua

Volodymyr Stefanyshyn — postgraduate student of the Department of Design Machine and Automotive Engineering, Lviv Polytechnic National University, e-mail: volodymyr.b.stefanyshyn@lpnu.ua

Zinovii Stotsko — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Design Machine and Automotive Engineering, Lviv Polytechnic National University, e-mail: zinoviy.a.stotsko@lpnu.ua

УДК 656.078

Тарасенко О.В., Качанська Д.А.

АВТОМАТИЗОВАНІ ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ ТА ЗАСОБИ ІНФРАСТРУКТУРИ: ПРОБЛЕМАТИКА КІБЕРБЕЗПЕКИ

Автоматизовані транспортні засоби (AV) підвищують безпеку та ефективність руху, але їхня цифрова інфраструктура (V2X, хмарні платформи) вразлива до кіберзагроз. У роботі аналізуються ключові ризики, методи захисту та перспективи кібербезпеки AV в Україні. Новизна полягає у пропозиції адаптованих рішень для місцевих умов із низьким рівнем впровадження AV. Очікується підвищення безпеки транспортних систем.

Ключові слова: автоматизація, кібербезпека, V2X, транспортна інфраструктура, захист даних, Україна.

Automated vehicles (AVs) enhance safety and efficiency but their digital infrastructure (V2X, cloud platforms) is vulnerable to cyber threats. The study analyzes key risks, protection methods, and cybersecurity prospects for AVs in Ukraine. Its novelty lies in proposing solutions tailored to local conditions with low AV adoption. Improved transport system security is expected.

Keywords: automation, cybersecurity, V2X, transport infrastructure, data protection, Ukraine.

Зростаюча цифровізація транспортної галузі призводить до появи автоматизованих транспортних засобів (AV), які обіцяють підвищити безпеку та ефективність дорожнього руху. Однак інтеграція технологій V2X (Vehicle-to-Everything), штучного інтелекту та хмарних платформ створює нові кіберризики, що загрожують функціонуванню AV та інфраструктури. В Україні, де впровадження AV перебуває на початковій стадії (менше 1% транспорту має функції рівня 2+ за SAE [1]), кібербезпека є критичною для майбутнього розвитку транспортних систем. Метою роботи є аналіз кіберзагроз для AV, розробка методів захисту та їх адаптація до українських умов.

Технологічні аспекти автоматизованих транспортних засобів

AV використовують сенсори (лідари, радары, камери), штучний інтелект і V2X-комунікації для автономного керування. За стандартами SAE [2], рівні автономності варіюються від 0 (без автоматизації) до 5 (повна автономія). Наприклад, Tesla Autopilot (рівень 2) контролює швидкість і смугу руху, але потребує нагляду водія, тоді як Waymo (рівень 4) перевозить пасажирів без людини в межах певних зон. В Україні переважають транспортні засоби рівня 0-1 через застарілу інфраструктуру та відсутність нормативної бази для вищих рівнів.

Основні кіберзагрози для AV та інфраструктури

1. Атаки на бортові системи AV:

- У 2015 році хакери дистанційно зламали Jeep Cherokee через уразливість у системі Uconnect, отримавши контроль над гальмами та двигуном [3]. Подібні атаки можуть дезактивувати AV чи спровокувати аварії.

- Маніпуляція сенсорами (спуфінг GPS чи LIDAR) здатна змінити траєкторію руху, наприклад, спрямувавши автомобіль на перешкоду.

2. Загрози для V2X-комунікацій:

- Підміна повідомлень може імітувати фальшиві сигнали світлофорів чи дорожні затори. У 2022 році дослідники виявили вразливість у протоколі DSRC, що дозволила змінити V2X-дані на відстані 300 м [4].

- DDoS-атаки на інфраструктуру (світлофори, камери) здатні паралізувати міський рух.

3. Ризики для хмарних платформ:

- Злом дата-центрів може вивести з ладу централізоване управління AV. У 2023 році атака на хмарну платформу Nissan у Японії призвела до витоку даних 1,2 млн користувачів [5].

- В Україні зарядні станції для електромобілів (потенційна база для AV) часто мають слабкий захист, що робить їх легкою мішенню.

В українських умовах кіберризик посилюється через застарілу інфраструктуру (90% доріг потребують ремонту [6]) і низький рівень цифрової готовності.

Методи забезпечення кібербезпеки

1. Шифрування та автентифікація:

- Асиметричне шифрування (RSA-2048) для V2X захищає від перехоплення даних. У США протокол IEEE 1609.2 уже застосовується для V2X [2].

- Блокчейн може верифікувати повідомлення між AV та інфраструктурою, забезпечуючи їхню цілісність (наприклад, система Hyperledger Fabric).

2. Моніторинг і виявлення загроз:

- Системи аналізу аномалій на базі ШІ (наприклад, Darktrace) виявляють підозрілу активність у реальному часі.

- В Україні можна адаптувати honeypot-системи для моніторингу атак на зарядні станції чи світлофори.

3. Оновлення та тестування:

- Регулярні патчі для бортових систем AV (ОТА-оновлення, як у Tesla) зменшують вразливості.

- Тестування на проникнення (penetration testing) перед впровадженням AV в Україні може виявити слабкі місця V2X-протоколів.

Регулювання та стандарти

Міжнародні стандарти, як-от ISO/SAE 21434 [7], визначають вимоги до кібербезпеки AV, включаючи аналіз ризиків і захист від атак. Директиви ЄС (наприклад, Regulation 2019/2144) зобов'язують тестувати AV на кіберстійкість. В Україні відсутня аналогічна нормативна база, що стримує впровадження AV. Пропонується адаптувати ISO 21434 до місцевих умов, додавши вимоги до захисту застарілої інфраструктури.

Наукова новизна та практична значущість

Новизна:

- Пропозиція комбінованого підходу до кіберзахисту V2X в Україні (шифрування + блокчейн) з урахуванням низького рівня цифровізації.

- Аналіз кіберзагроз для AV у контексті застарілої дорожньої інфраструктури України.

Значущість:

- Підвищення безпеки AV і довіри до технологій в Україні.

- Зменшення ризиків аварій через кібератаки (потенційно до 20% за оцінками SAE [2]).

- Основа для розробки національних стандартів кібербезпеки транспорту.

Висновки

Кібербезпека AV є ключовим фактором їхньої інтеграції в транспортні системи. В Україні низький рівень впровадження AV і слабка інфраструктура ускладнюють захист, але адаптація шифрування, моніторингу та стандартів (ISO 21434) може мінімізувати ризики. Міжнародне співробітництво та навчання підвищать стійкість до кіберзагроз, зробивши AV безпечнішими для українських доріг.

Список використаних джерел

1. Хабутдінов Р.А. Теорія автомобільно-транспортної технології: монографія. – Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г.М., 2024. – 192 с.
2. SAE International. Automated vehicles and infrastructure enablers: cybersecurity [Електронний ресурс]. – SAE Technical Paper EPR2024018. – 2024. – Режим доступу:

<https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/epr2024018/>. – Дата звернення: 24.02.2025.

3. Лахно В.А., Грабарєв А.В. Підвищення кібербезпеки транспорту в умовах деструктивного впливу на інформаційно-комунікаційні системи [Електронний ресурс] // Neliti. – 2020. – Режим доступу: <https://media.neliti.com/media/publications/306568-improving-the-transport-cyber-security-u-fd8e44a0.pdf>. – Дата звернення: 24.02.2025.

4. Miller C., Valasek C. Remote exploitation of an unaltered passenger vehicle [Електронний ресурс]. – Black Hat USA, 2015. – Режим доступу: <http://illmatics.com/Remote%20Car%20Hacking.pdf>. – Дата звернення: 04.04.2025.

5. Petit J., Shladover S.E. Potential cyberattacks on automated vehicles // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2015. – Vol. 16, № 2. – P. 546-556. – DOI: <https://doi.org/10.1109/TITS.2014.2342271>.

6. Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України. Звіт про стан автомобільних доріг України за 2023 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://restoration.gov.ua/4489/zvity/59572/59573.pdf>. – Дата звернення: 04.04.2025.

7. ISO/SAE 21434:2021. Road vehicles – Cybersecurity engineering. – Geneva: International Organization for Standardization, 2021. – 50 p. – Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/70918.html> – Дата звернення: 04.04.2025.

Тарасенко Олександр Віталійович – старший викладач кафедри «Транспортні технології» транспортного факультету Національного університету «Запорізька політехніка», e-mail: avt@zp.edu.ua.

Качанська Дарина Андріївна – студентка групи Т-311 кафедри «Транспортні технології» транспортного факультету Національного університету «Запорізька політехніка», e-mail: dasha.kachanskaya@gmail.com.

Tarasenko Oleksandr – senior lecturer of the Department of Transport Technologies, Faculty of Transport, National University «Zaporizhzhia Polytechnic», e-mail: avt@zp.edu.ua.

Kachanska Daryna – student of the Department of Transport Technologies, Faculty of Transport, National University «Zaporizhzhia Polytechnic», e-mail: dasha.kachanskaya@gmail.com.

УДК 629.3.017

Тесля В.О., Гупка А.Б., Сіправська М.Д.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВАРТОСТІ ВОЛОДІННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ PEUGEOT PARTNER ТА PEUGEOT E-PARTNER В УМОВАХ УКРАЇНИ

Проведено порівняльний аналіз вартості придбання та експлуатації автомобіля PEUGEOT Partner з двигуном внутрішнього згоряння та PEUGEOT e-Partner з електричним двигуном. Дослідження охоплює витрати на паливо/енергію, технічне обслуговування та загальні витрати володіння протягом семи років.

Метою даного дослідження визначення, який тип транспортного засобу є фінансово вигіднішим для споживача в умовах сучасного українського ринку.

Ключові слова: експлуатація автомобіля, витрати на паливо/енергію, технічне обслуговування, вартість експлуатації.

A comparative analysis was conducted on the purchase and operating costs of the PEUGEOT Partner with an internal combustion engine and the PEUGEOT e-Partner with an electric motor. The study covers fuel/energy expenses, maintenance, and the total cost of ownership over a seven-year period.

The aim of this research is to determine which type of vehicle is more financially advantageous for the consumer under the conditions of the modern Ukrainian market.

Key words: Vehicle Operation, Fuel/Energy Costs, Maintenance, Operating Cost.

Зі зростанням популярності електромобілів в Україні постає питання їх економічної доцільності порівняно з традиційними автомобілями з двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ). Враховуючи зміну цін на паливо, електроенергію та технічне обслуговування, необхідно оцінити, який тип автомобіля забезпечує менші витрати для споживача протягом тривалого періоду експлуатації.

Peugeot Partner – це компактний комерційний фургон, який широко використовується як малими підприємствами, так і приватними особами для щоденних логістичних завдань. Версія з дизельним двигуном 1.5 BlueHDi потужністю 100 к.с. є економічною, надійною та досить динамічною. Вона має шестиступеневу механічну коробку передач, середню витрату пального – близько 5,5 літрів на 100 км, і вантажний об'єм близько 3,9 м³ (у версії L1). Такий автомобіль зручний для міжміських перевезень і демонструє добрі результати в умовах змішаного циклу.

Peugeot e-Partner – це електрична версія вже відомого фургона, яка оснащена електромотором потужністю 100 кВт (136 к.с.) та батареєю ємністю 54 кВт·год. Запас ходу за циклом WLTP становить до 275 км, що достатньо для щоденного міського використання та доставки на короткі відстані. Вантажний об'єм ідентичний до дизельної версії, що робить його повноцінною заміною. Електромобіль має менше рухомих частин, що значно зменшує витрати на технічне обслуговування.

Для порівняльного аналізу ми розглянули нові автомобілі Peugeot Partner з дизельним двигуном, орієнтовна вартість якого становить від 902 100 грн, та електричний Peugeot e-Partner, ціна якого стартує від 1 346 000 грн.

Крім того, ми проаналізували ринок вживаних автомобілів з пробігом до 5 тис. км. Вартість дизельного Partner на вторинному ринку коливається в межах 700 000 – 800 000 грн. Ціни на вживаний e-Partner з аналогічним пробігом починаються приблизно від 1 100 000 грн.

Проведемо розрахунок витрат на паливо та електроенергію для порівнюваних моделей за середній термін експлуатації у 7 років (105 000 км пробігу).

Для Peugeot Partner з дизельним двигуном середнє споживання пального становить 5,5 л на 100 км. Враховуючи середню ціну дизельного пального у 2025 році на рівні 57 грн/л,

вартість 100 км пробігу складе приблизно 313,5 грн. Таким чином, загальні витрати на паливе за 105 000 км очікуються на рівні 329 950 грн.

Для Peugeot e-Partner на електротязі споживання електроенергії складає 18 кВт·год на 100 км. За середньої вартості електроенергії за нічним тарифом для побутових споживачів у 15 грн/кВт·год, вартість 100 км пробігу становитиме 253 грн. Отже, за 105 000 км пробігу витрати на електроенергію орієнтовно складуть 265 750 грн.

Слід зауважити, що використання домашньої зарядної станції та нічного тарифу може додатково зменшити витрати на заряджання електромобіля.

Розглянемо витрати на технічне обслуговування досліджуваних автомобілів протягом 7 років експлуатації (105 000 км пробігу).

Слід зазначити, що електромобілі вирізняються суттєво простішою конструкцією порівняно з дизельними аналогами. Вони не потребують регулярної заміни мастила, фільтрів двигуна внутрішнього згорання, зчеплення, приводних ременів та інших елементів, характерних для ДВЗ.

Для Peugeot Partner з дизельним двигуном регламентне технічне обслуговування проводиться кожні 15 000 км пробігу. Середня вартість одного такого ТО становить близько 3 500 грн. За 7 років експлуатації автомобіль пройде 7 планових ТО, що призведе до загальних витрат на обслуговування у розмірі 24 500 грн (3 500 грн × 7).

Технічне обслуговування Peugeot e-Partner є значно простішим і включає переважно перевірку стану акумуляторної батареї, гальмівної системи та заміну фільтрів салону. Середня вартість одного ТО для електромобіля становить 1 500 грн. За аналогічний період у 7 років буде проведено 7 ТО, а загальні витрати на обслуговування складуть 10 500 грн (1 500 грн × 7).

Підсумовуючи витрати за 7 років експлуатації, слід врахувати початкову вартість придбання, витрати на паливо/електроенергію та витрати на технічне обслуговування. Для нових та вживаних автомобілів Peugeot Partner із дизельним двигуном та Peugeot e-Partner із електромотором. Порівняння цих сукупних витрат дозволить оцінити повну економічну доцільність вибору кожної моделі як у новому, так і у вживаному стані.

Таблиця 1 – Загальні витрати на експлуатацію автомобілями за 7 років

Показник	PEUGEOT Partner (дизель)		PEUGEOT e-Partner (електро)	
	Новий	Вживаний (до 5 тис. км пробігу)	Новий	Вживаний (до 5 тис. км пробігу)
Вартість автомобіля	902 100 грн	750 000 грн	1 346 000 грн	1 150 000 грн
Експлуатація автомобілів				
Паливо/енергія	329 950 грн	265 734 грн	329 950 грн	265 734 грн
Техобслуговування (ТО)	24 500 грн	10 500 грн	24 500 грн	10 500 грн
Вартість експлуатації за 7 років	354 444 грн	276 234 грн	354 444 грн	276 234 грн
Загальна вартість автомобілів				
Всього за 7 років	1 256 544 грн	1 104 444 грн	1 622 234 грн	1 426 234 грн

Підсумувавши порівняльний аналіз дизельного Peugeot Partner та електричного Peugeot e-Partner показав наступні ключові аспекти. При більшій вартості електромобіля має нижчі витрати на експлуатацію, включаючи витрати на енергію та технічне обслуговування. За 7 років експлуатації економія становить майже 78 000 грн.

При розгляді вживаних автомобілів з малим пробігом, різниця в початковій вартості скорочується. У такому випадку електромобіль все ще дорожчий, але розрив у загальних витратах зменшується до приблизно 320 000 грн.

Електромобіль є вигіднішим варіантом у довгостроковій перспективі за умови подальшого зростання цін на дизельне паливо або доступу до нічного тарифу на електроенергію.

При виборі між електро- та дизельною версією автомобіля, споживач має враховувати не лише витрати, але й особливості щоденного маршруту, можливість заряджання вдома чи на роботі, екологічні міркування та обсяг пробігу. Загалом, у контексті зростання вартості пального та тенденцій до електрифікації автопарку, Peugeot e-Partner поступово набуває переваг для споживачів, які експлуатують автомобіль у межах міста або на середні відстані.

Список використаних джерел

1. Офіційний сайт PEUGEOT Україна – <https://peugeot.ua>
2. Авторинок України AUTO.RIA – <https://auto.ria.com>

Тесля Володимир Олегович – к.т.н., доцент кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, volodymyr_teslya@ukr.net.

Гупка Андрій Богданович – к.т.н., доцент, доцент кафедри «Автомобілів», Тернопільський національний технічний університет, Тернопіль, Gypkab@gmail.com

Сіправська Марія Дмитрівна – старший викладач кафедри «Автомобілів», Тернопільський національний технічний університет, Тернопіль, mariaradyk03@ukr.net

Teslia Volodymyr Olehovych – candidate of technical sciences, associate professor of the “Automobiles” Department, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, volodymyr_teslya@ukr.net.

Gupka Andriy Bogdanovych – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the “Automobiles” Department, Ternopil National Technical University, Ternopil, Gypkab@gmail.com.

Sipravska Mariia Dmitrivna – senior lecturer of the “Automobiles” Department, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, mariaradyk03@ukr.net.

УДК 629.3

Тодоренко Д.В., Смирнов Є.В.

ПАРОВІ АВТОМОБІЛІ: ІСТОРІЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

На сьогоднішній день існує актуальна проблема пошуку альтернативних джерел енергії на заміну нафті, а також глобальна проблема екології. В роботі розглянуто парові автомобілі та паросилові установки, що були розроблені та використовувались у XX столітті та нові перспективні моделі.

Ключові слова: двигун, пар, тепло, автомобіль, пальне.

Today, there is a pressing problem of finding alternative energy sources to replace oil, as well as a global environmental problem. The paper examines steam cars and steam power plants that were developed and used in the 20th century, as well as new promising models.

Keywords: engine, steam, heat, automobile, fuel.

Паровий автомобіль – автомобіль, в якому в ролі двигуна використовується паросилова установка. Парові автомобілі з'явилися раніше, ніж паровози, розроблялися й випускалися до середини XX століття.

Актуальність парових агрегатів зумовлена їхньою значущістю в історичному та технічному розвитку суспільства. Вони стали ключовим елементом промислової революції, сприяючи механізації виробництва, розвитку транспорту та підвищенню ефективності економіки. Сьогодні вивчення парових двигунів залишається важливим, оскільки дає змогу зрозуміти основи термодинаміки, еволюцію інженерної думки та технологічний прогрес. Крім того, принципи роботи парових машин застосовуються в сучасних енергетичних системах, таких як парові турбіни в електростанціях та, зокрема, в конструкції легкових та вантажних автомобілів. Це робить тему актуальною як з історичної, так і з науково-практичної точки зору.

Паросилові установки досить широко використовуються в різних галузях народного господарства і на сьогодні пройшли великий шлях розвитку. Так паровий двигун, який випускає пару у повітря, матиме практичний ККД (враховуючи котел) від 1 до 8 %, однак двигун з конденсатором і розширенням проточної частини може покращити ККД до 25 % і навіть більше. Теплова електростанція з пароперегрівом і регенеративним водопідігрівом може досягти ККД 30...42 %. Парогазові установки з комбінованим циклом, в яких енергія палива спочатку використовується для приводу газової турбіни, а потім для парової турбіни, можуть досягати коефіцієнта корисної дії до 50...60 %. На теплоелектроцентралях ефективність може досягати 90% за рахунок використання частково відпрацьованої пари для опалення та виробничих потреб [1].

Перший двигун, який набув популярності в якості силової установки для транспорту, працював за принципом «подвійної дії» (рис. 1). В машинах одинарної дії поршень переміщався в одну сторону під дією сили тиску пари, але назад він повертався або під дією сил гравітації, або за рахунок моменту інерції обертового маховика, сполученого з паровою машиною. В двигунах подвійної дії, на відміну від двигунів одинарної дії, пара під тиском по черзі подається в обидві сторони робочого циліндра, в той час як відпрацьована пара з протилежного боку циліндра виходить в атмосферу чи в конденсатор. Такий принцип вимагав створення досить складного механізму розподілення пари. Принцип подвійної дії підвищує швидкість роботи машини і покращує плавність ходу та збільшує потужність при тій же масі машини. Це сприяло появі та бурхливому поширенню парової машини на транспорті – з'явилися: пароплав, паровоз, паровий локомотив, паровий трактор, паровий екскаватор тощо.

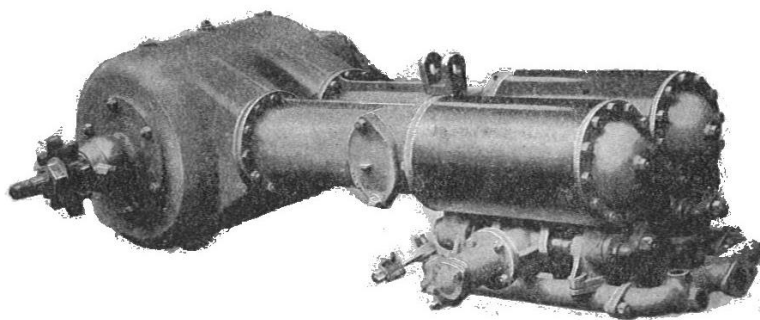


Рисунок 1 – Паровий двигун подвійної дії

Парові двигуни мають ряд особливостей. Так для деяких типів двигунів зниження частоти обертання валу викликає зростання обертового моменту. В силу цієї властивості автомобілям з такими паровими двигунами принципово не потрібні коробки передач.

Час запуску парового двигуна також не є проблемою. Якщо серійні автомобілі фірми Stanley витрачали на запуск двигуна від 10 до 20 хвилин, то удосконалення конструкції котла і впровадження каскадного режиму нагріву дозволило скоротити час готовності до 40-60 секунд.

Рекорд швидкості 1906 року – 205,44 км/год – належить паровому автомобілю фірми Stanley [2]. У ті роки автомобілі на бензинових моторах не були здатні розвивати таку швидкість. У 1985 році паровий автомобіль розігнали до 234,33 км/год, а в 2009 році група британських інженерів сконструювала паротурбінний агрегат з паровим приводом потужністю 360 кінських сил, який дозволив розвинути рекордну середню швидкість в заїзді – 241,7 км/год.

На ринку сімейних авто в 20-30 роках минулого сторіччя користувались популярністю також парові автомобілі фірми Doble (рис. 2).

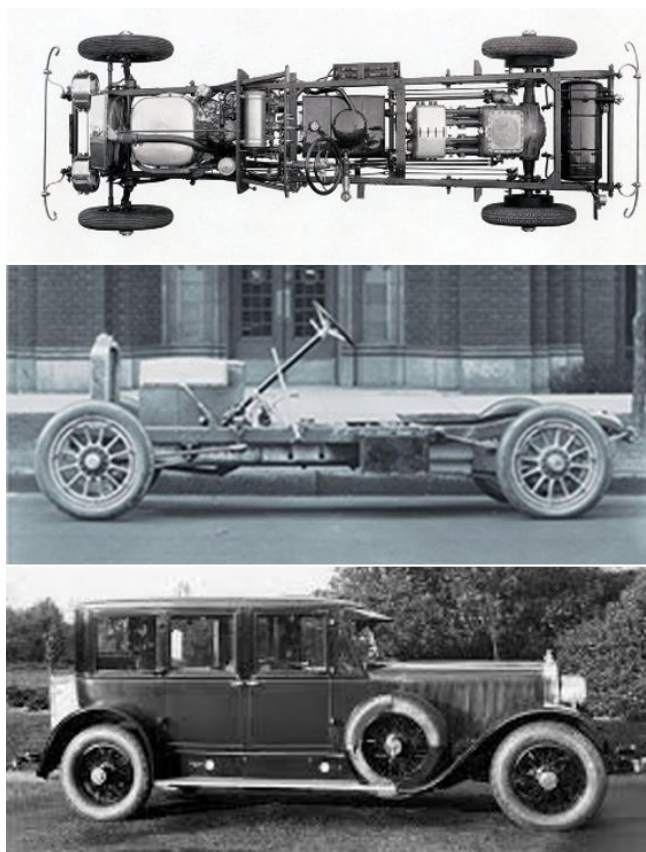


Рисунок 2 – Паровий автомобіль Doble Model E

Паровий двигун використовувався також і на вантажних автомобілях [3]. Перші моделі можна поділити на 2 типи: «Overture» (зовнішнього типу) і «Undertype» (внутрішнього типу) – відмінність полягає в розташуванні двигуна відносно котла. Як правило, виробники вантажних парових автомобілів концентрувалися на одному або іншому типі.

У машинах типу overture парова машина розташована безпосередньо на котлі і така вантажівка нагадує звичайний паротяг, але на безрейковому ходу. Схожі за формою і конструкцією локомотиви використовували як тягачі від кінця XIX століття.

Вантажівки типу overture поділяють на дві основні групи:

- вантажівки без коробки передач;
- вантажівки з коробкою передач.

У машинах типу undertype парова машина змонтована окремо від парового котла на шасі. Така машина схожа на звичайну важку вантажівку (рис. 3).

Вантажівки типу undertype поділяють на три основні групи:

- вантажівки з тихохідними але «сильними» паровими машинами з ланцюговою передачею крутного моменту на вісь;
- вантажівки з менш потужними, але швидкохідними паровими машинами, обладнаними коробкою передач і ланцюговою передачею на ведучу вісь;
- вантажівки зі швидкохідними паровими машинами і карданною передачею.



Рисунок 3 – Парова вантажівка Хеншель 1936 р.

Парові вантажівки були поширеною формою вантажного транспорту для комерційних перевезень на початку XX століття, хоча вони значною мірою були унікально британським явищем, з дуже невеликою кількістю виробників за межами Великої Британії. Внаслідок конкуренції з автомобілями з ДВЗ та через несприятливе для парового транспорту законодавство, дуже мало з них залишилися в комерційному використанні після Другої світової війни.

У СРСР у 50-ті роки минулого століття розробляли спеціальну «всеїдну» модель «Перемоги» [4]. Це було пов'язано з тим, що в післявоєнному Радянському Союзі були проблеми з енергоносіями, і радянські інженери як парогенератор вирішили використовувати

водотрубний котел. Тоді такий котел був найефективнішим паровим двигуном. З його допомогою можна було отримувати високий теплотітломок з робочої поверхні, створюючи при цьому тиск до 170 кг/см^2 , і без небезпеки вибуху цього котла. У цих агрегатах були деякі недоліки. Але радянським фахівцям їх вдалося усунути.

І на початку 1956 року підготували перші чотири такі машини. А навесні того ж року ці автомобілі брали участь у порівняльному автопробігу, мета якого – виявити переваги і недоліки цих моделей. У цьому пробігу брали участь також традиційні моделі «Перемоги». В процесі випробувань паровий двигун показав себе з найкращого боку. Під час автопробігу застосовувалося паливо різних видів. Це горючі сланці, кам'яне вугілля, торф і сира нафта. Також машина чудово працювала на такому паливі як мазут, гас, бензин, березові дрова, відпрацьована машинна олива і спиртові суміші. Щоправда, підготовка до старту такого автомобіля займала до 35 хвилин. Зате вона мала вищу прохідність в умовах бездоріжжя. Ці випробування пройшли досить успішно, але незабаром енергетична криза минула і в серійне виробництво ця розробка не потрапила. В наш час, коли з енергоносіями знову стає туго, можливо доведеться переглядати ставлення до парових двигунів.

В 2000-х роках компанія Cyclone Power Technologies розробила та запатувала (U.S. Patent No. 7,080,512) паровий циклонний двигун (рис. 4) [5].

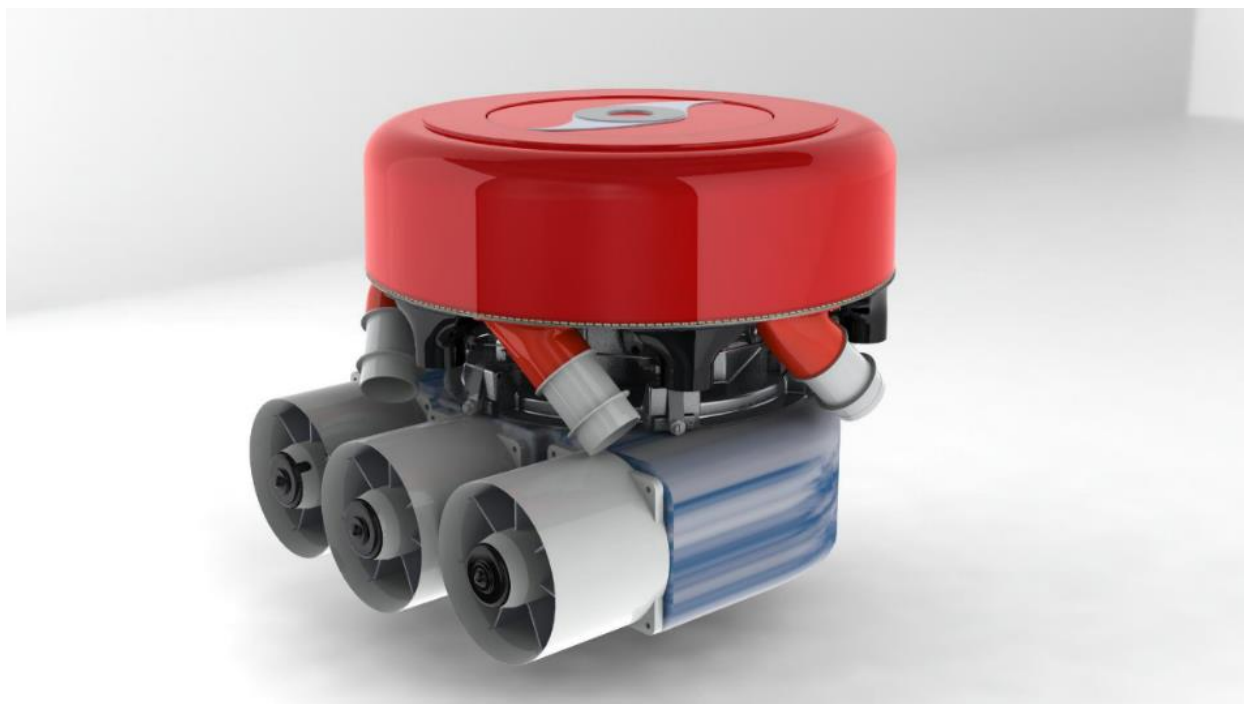


Рисунок 4 – Паровий двигун Cyclone Power

Розроблений паровий двигун – це двигун з регенерацією тепла, який використовує воду як робочу рідину, а також як мастило, і в якому двигун є високоефективним, екологічно чистим і адаптованим для використання на різних видах палива. Циклонний двигун може працювати на будь-якому високотемпературному джерелі тепла, включаючи концентровану сонячну теплову енергію та/або практично будь-яке чисте паливо (або комбінацію палив).

Розроблений паровий двигун є компактным, ефективним, багатопаливним двигуном з низьким викидом шкідливих речовин, який має малу вагу, не має окремої системи водяного охолодження і який не створює вібрації та шуму вихлопу. При використанні на транспорті даний двигун не потребує трансмісії. На сьогоднішній день циклонний двигун досяг теплової ефективності вище 30%.

Сучасні парові двигуни, хоч і менш поширені, мають ряд переваг, які можуть зробити їх конкурентоспроможними у певних сферах автомобільного транспорту. Завдяки підвищеній

ефективності, екологічності та універсальності у використанні палива, вони можуть стати альтернативою традиційним двигунам внутрішнього згоряння та електромоторам.

Оновлені технології дозволяють зменшити недоліки класичних парових установок, зокрема збільшити ККД, зменшити викиди та прискорити запуск двигуна. Таким чином, майбутнє парових двигунів у сфері автотранспорту залежить від подальших інженерних розробок та пошуку оптимальних рішень для поєднання екологічності, ефективності та економічної доцільності.

Список використаних джерел

1. Парова машина. Uk.wikipedia.org. Автомобільні двигуни. 27.07.2024. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0 (дата звернення: 27.03.2025).
2. Романов Ю. 212 років паровому автомобілю. 7 міфів про парову тягу. Espresso.tv. Технології. 24.02.2013. URL: https://espresso.tv/article/2013/12/24/212_rokiv_parovomu_avtomobilyu_7_mifiv_pro_parovu_tyahu (дата звернення: 27.03.2025).
3. Парова вантажівка. Uk.wikipedia.org. Вантажні автомобілі. 11.07.2023. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%B6%D1%96%D0%B2%D0%BA%D0%B0 (дата звернення: 27.03.2025).
4. Паровий двигун - винахід минулого з перспективним майбутнім. Gazette. Навчання. 15.06.2021. URL: <https://gazette.com.ua/edu/parovij-dvigun-vinakhid-minulogo-z-perspektivnim-majbutnim.html> (дата звернення: 27.03.2025).
5. Cyclone Power Technologies. Cyclonepower. URL: <https://cyclonepower.com/> (дата звернення: 27.03.2025).

Тодоренко Дмитро Віталійович — студент групи 1ТТ-23б, факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету.

Смирнов Євгеній Валерійович — к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету.

Todorenko Dmytro – student of group 1TT-23b, faculty of mechanical engineering and transport, Vinnytsia National Technical University.

Smyrnov Yevhenii Valeriiovych — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University.

УДК 656.025.2

Форнальчик Є.Ю., Ройко Ю.Я., Гілевич В.В.

НА ШЛЯХУ ДО ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНОЮ СИСТЕМОЮ МІСТА

Наведено аналіз стану питання з проблемами у функціонуванні транспортних систем міста. Важливим у їх розв'язанні, зважаючи на закордонний і частково вітчизняний досвіди, повинно стати застосування штучного інтелекту в організації та регулюванні дорожнього руху.

Ключові слова: транспортна система, транспортний потік, транспортний засіб, штучний інтелект, вулично-дорожня мережа.

The issue of problems in the functioning of city transportation systems is analyzed. Given the foreign and partly domestic experience, the use of artificial intelligence in traffic organization and control should be important in solving them.

Key words: transport system, traffic flow, vehicle, artificial intelligence, road network.

Спочатку про моду українських науковців і керівників відповідних підрозділів, пов'язаних з транспортними системами (ТС), запозичену у західному науковому світі. Уже упродовж останніх 10-15 років у лексикон ввійшли «стійкий розвиток», «сталий розвиток транспортних систем», «сталий розвиток мобільності», «розумний транспорт», «інтелектуальна логістика» та інші. Фахівці економічного профілю у найбільшій мірі оперують, наприклад, «інтелектуальна логістика», які ще з минулих часів найбільше «знають» суть (основу) фізичних процесів на основі зібраної відповідної статистики, якою можна було «переконати» будь-якого обивателя. Результати їх досліджень на сьогодні уже відомі і ніхто на них не посилається.

Серед проблем у нашому суспільстві найболючішою є тривала війна з росією та найуразливішою – автомобільні транспортні проблеми, зокрема у великих містах. Останні загострилися не лише з воєнними діями, вимушеними переселеннями жителів у безпечні для проживання регіони, але й не достатньо розвиненою міською транспортною інфраструктурою, її вдосконаленням і неналежним постійним моніторингом. Вибірковий моніторинг (правда, не для усіх доступний), який проводиться з метою впливу постійного росту кількості транспортних засобів у «мирних» містах та населення у них, не приносить сподіваних результатів на покращення транспортної ситуації.

Поки що маємо нездоланні затори (у ранкові та вечірні «години пік») на вулично-дорожній мережі (ВДМ), особливо на магістральних напрямках. А це, як відомо, призводить до ситуацій, які можна охарактеризувати виразом «більше стоїмо у заторах, ніж їдемо», що оцінюється часовими та фінансовими витратами. Яким чином можна зменшити (бо позбутися неможливо) вплив цього негативного явища у міських транспортних системах і перетворити його у бажаний вираз «більше їдемо, ніж стоїмо у заторах».

Ще 15-20 років тому вказувалось [1-3 та інші], що вітчизняна методика визначення завантаженості рухом, особливо, для ВДМ не є досконалою. Спроба застосувати методикку США в наших умовах показала, що вітчизняний рівень зручності дещо завищений порівняно з тим, який отриманий за методикою США. «...Тож дане питання потребує ретельного дослідження, оскільки є основою для обґрунтування та прогнозування пропускну здатності вулично-дорожніх мереж» [1].

У 2020 році, була захищена Абрамовою Л.С. докторська дисертація «Теоретичні основи формування розподілених систем управління дорожнім рухом у містах» [4]. Тут розроблено науково-прикладні засади для розв'язання проблеми розвитку теоретико-методологічних

основ розподіленого управління дорожнім рухом із позицій визначення закономірностей взаємодії параметрів транспортного потоку при зміні режимів міського руху. Встановлено [4], що окремі підсистеми «водій-автомобіль-дорога-середовище» є динамічною складовою великої системи та потребує для опису великого обсягу інформації залежно від умов та цілей функціонування. Була сформована концепція розробки розподіленої системи управління у містах, яка має ієрархічну структуру для виконання функцій інтелектуальних систем на підставі формалізації знань у поєднанні із традиційними методами управління дорожнім рухом, що містять дискретні та безперервні елементи методів теорії управління (робастного, адаптивного та інтелектуального). Для тактичного рівня системи управління виконувалось моделювання параметрів транспортного потоку при зміні режимів руху. Визначили, що причиною заторового стану у міських умовах руху є ударна хвиля, що формується за зміни дистанції безпеки між автомобілями. Визначено, що спрямовувати керуючі дії треба на кінець ударної хвилі, а не на її початок, тому динамічне управління, яке полягає у зменшенні швидкості, необхідно реалізовувати на підході до місця утворення ударної хвилі.

Кінцевим результатом стала методика визначення параметрів динамічного управління ТП, де керуючим впливом є швидкість руху транспортного потоку на визначеній відстані від початку перегону. Отримане дало змогу апробувати на практиці регулювання дорожнім рухом м. Харкова, однак не набуло поширення на інші міста з подальшим формуванням відповідного державного документу, наприклад, ДСТУ.

Можна було б навести тут ще безліч (хоча, наприклад, [5]) науково-прикладних досліджень з проблем зменшення заторових ситуацій на ВДМ міст, але реальні ефекти залишаються поза увагою органів державної влади. Опоненти можуть заперечити це, мовляв, уже багато чого зроблено на практиці, сформовано великі обсяги рекомендацій та інструкцій, однак будуть погоджуватись (особливо на науково-прикладних та міжнародних конференціях), що затримки транспорту на ВДМ наносять збитки як власникам автомобілів, так і місцевому чи державному бюджету. Вони формують велику нездоланну проблему (якої не існує у європейських країнах), яка розростається з непомірним ростом кількості ТЗ (а це у нашому «економічному розумінні» ознака росту добробуту населення) й, на жаль, з ростом смертельних ДТП.

Європейські чиновники, які оцінювали прогрес у гармонізації українського транспортного законодавства з європейськими стандартами, виставили Україні за 2024 рік незадовільну оцінку за транспортну складову [6]. Зокрема відзначено, що важливий «Регламент ЄС 1370/2007» [7], який забезпечує прозорі та справедливі правила для міського транспорту, досі не включено до порядку денного Верховної Ради. Наведене повинно спонукати місцеві органи влади до швидкого вдосконалення ВДМ та розроблення і впровадження відповідних інженерних заходів щодо змін в організації дорожнього руху (ОДР).

Зважаючи на національні витрати, пов'язані з війною, різкого росту вкладень на поступ в автомобільній ТС сподіватися не можемо. Хоча, відомо, наприклад, що на 2025 рік на Дорожній фонд в Україні виділено 43,2 млрд. гривень, з яких лише 6602,1 млн. гривень «... для будівництва, реконструкції, ремонту й утримання автодоріг загального користування місцевого значення, вулиць і доріг комунальної власності у населених пунктах» [8]. Це далеко не те, що потрібно, тим більше, зважаючи на воєнні руйнування ВДМ міст сходу України.

Заплановані витрати на якісне утримання ВДМ у Львівській області та обласному центрі до повномасштабного вторгнення (2021 р.) становили 329,3 млн. грн., а уже у 2022 р. були у межах трохи більше 133 млн. грн. (2022 р). Витрати на благоустрій ВДМ (поточний ремонт проїжджих частин та тротуарів, встановлення дорожніх знаків, нанесення розмітки та ін.) за дев'ять місяців попереднього року становили 211,98 млн. грн. У планах на 2025 рік на утримання та розвиток ВДМ за рахунок місцевого бюджету передбачено витрати у розмірі 46,2 млрд. грн. [9].

Важливо уточнити, які кошти держава виділяє на підготовку фахівців зі спеціальності 275 «Транспортні технології» (ТТ) та виконання науково-дослідних і прикладних робіт, над якими працюють вчені університетів та інститутів відповідних профілів. Щорічно в Україні отримують інженерні дипломи автомобільних транспортників орієнтовно 1,5 тисяч бакалаврів і 850 магістрів, захищають дисертації з транспортних систем майже 20 здобувачів [10]. Усе це реалізується у стінах 29 університетів на різних факультетах, що ведуть підготовку з транспортних систем. Серед випускників 40-60% працевлаштовуються за профілем підготовки. Не усі, хто захистив дисертації, продовжують дослідження в обраному науковому напрямку. Приблизно 20-25% переходять на педагогічну роботу у навчальних закладах різних рівнів.

Очевидно, що це не уся докладна інформація (її фактично здобути неможливо) щодо фінансових та людських витрат, які щорічно задіяні на розв'язання транспортних проблем міст, зокрема на подолання транспортних заторів, хоча можна розглянути можливості використання для цього штучного інтелекту (ШІ).

З науково-прикладних публікацій та за результатами поїздок у європейські країни переконуємось, що вираз «штучний інтелект» поширений власне у цих країнах. Там уже упродовж більше ніж 15 років у дослідженнях ТС використовуються і напрацювання із штучного інтелекту. Проаналізовані сучасні закордонні публікації із застосуванням ШІ зосереджені на вдосконаленні транспортних систем взагалі та в організації транспортних потоків (ТП) у містах [11, 12]. На модернізацію транспортної інфраструктури Євросоюз виділяє, наприклад 2,5 млрд. євро до 2050 року. Це призведе до сталої, розумної, сумісної та стійкої мобільності по усій транс'європейській транспортній мережі [13].

В Україні почали використовувати поняття штучного інтелекту (у сучасному розумінні) не на прикладі управління транспортними потоками, а окремими конструктивними одиницями автомобілів чи їх безпекою або рухом [14, 15 та інші]. Сьогодні ці напрацювання почали поширюватися на дослідження ТС. Мова повинна йти про так званий розумний транспорт, перед яким поставлена мета: підвищити безпеку за однозначного підвищення комфорту пасажирів. За словами Ван Ліна [16] (директор групи інтелектуальних мобільних рішень служби IoT (Інтернет речей) Advantech), «...реалізація інтелектуального транспорту включає не тільки розвиток автобусів, метро і залізниць, а й людей, навколишнє середовище та інше пов'язане обладнання». Автор переконує, що оснащення транспортних засобів датчиками і камерами має тенденцію до ускладнення і все ширшого застосування. У дорожньому транспорті ШІ використовують у системах попередження про зіткнення транспортних засобів (ТЗ), виявлення «сліпих зон» та систем моніторингу поведінки водіїв. На міських ВДМ з використанням ШІ і 5G у європейських містах відстежують ТЗ, світлофори та поведінку водіїв з метою зменшення кількості порушень.

Щодо застосування ШІ у вітчизняних науково-практичних джерелах та на практиці. Найбільший доробок у цій царині належить доктору технічних наук Абрамовій Л.С., яка у своїй дисертації окреслила можливості використання ШІ для управління дорожнім рухом [4]. Перед тим, опублікувала наукову статтю «Елементи теорії штучного інтелекту в управлінні дорожнім рухом» [17] та отримала свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір про застосування ШІ [18]. Під кінець вона переконливо стверджує, що «...на сьогодні при проектуванні систем управління дорожнім рухом застосовують комп'ютерні моделі управління для визначення параметрів управляючих дій, але цього недостатньо» [17]. З цим не можна не погодитися, особливо, зважаючи на сучасний стан із всенаростаючими негативами, які спостерігаємо на ВДМ міст, та із європейськими науково-технічними напрацюваннями. В Україні у 2023 році розроблено «Стратегію розвитку штучного інтелекту на період 2023-2030 рр.» [19], у якій сформульована мета «...створення передумов для післявоєнного відновлення економіки держави, насамперед безпеки й оборони, науки та освіти, забезпечення її стійкого розвитку на основі проривних технологій ШІ та відповідного покращення добробуту і якості життя населення. Реалізація зазначеної мети наблизить

Україну до лідерських позицій у світі у сфері штучного інтелекту» [19]. Зокрема у сфері транспорту та інфраструктури передбачено такі заходи:

- впровадження передових технологій ШІ для створення автономних транспортних засобів, а також повністю автоматизованих об'єктів інфраструктури;
- проведення розробок у сфері керування автономними транспортними засобами;
- інтелектуальне керування дорожнім рухом;
- створення системи раннього попередження про необхідність заміни та ремонту інфраструктури;
- прогнозування подорожей;
- оптимізацію транспортних маршрутів.

Отже, наші подальші дослідження з організації та регулювання дорожнього руху на основі сформованого наукового потенціалу з високим рівнем підготовки повинні спрямовуватися на вивчення особливостей функціонування транспортних систем під кутом інтелектуалізації раніше отриманих і отримуваних в майбутньому результатів. Початки вже намітилися, про що засвідчує недавня публікація тез «Огляд можливостей використання штучного інтелекту та нейронних мереж у галузі транспортних технологій» [20]. Поки що можемо припустити, що зараз ми маємо досягнення на 30-40% у застосуванні і використанні ШІ в управлінні дорожнім рухом на ВДМ великих міст.

Список використаних джерел

1. Хом'як А.Я., Назіна М.О. Визначення завантаженості міських вулиць і доріг. Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво», 2013. Випуск 88. С. 54-63.
2. Васильєва Г.Ю. Методи мінімізації затримок транспорту на магістральній вулично-дорожній мережі міст України. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Київ, 2007. 201 с.
3. Абрамова Л.С., Ширін В.В. Моделирование и оптимизация транспортной сети. Східно-Європейський журнал передових технологій, 2006. № 2/2 (20). С. 98-101.
4. Абрамова Л.С. Теоретичні основи формування розподілених систем управління дорожнім рухом у містах. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Харків, 2020. 418 с.
5. Хітров І.О., Цьонь О.П., Кристопчук М.Є., Почужевський О.Д. Аналіз транспортних затримок в центральній частині міста та шляхи їх зниження. Журнал «Вісник машинобудування та транспорту», 2021. №2(14). С.131-137.
6. Мобільність в Україні: підсумки 2024-го року. URL: <https://pro-mobility.org/dumka/mobilnist-v-ukrayini-pidsumky-2024-go-roku/>.
7. Регламент Європейського Парламенту і Ради (ЄС) № 1370/2007 від 23 жовтня 2007 року «Про громадські послуги пасажирських перевезень залізничним і дорожнім транспортом та скасування регламентів Ради (ЄС) № 1191/69 та № 1107/70» (зі змінами № 2016/2338, внесеними 14.12.2016 р.).
8. Кінець ризикової історії: дорожньому фонду бути. URL: <https://trans.info/ua/kinets-ryzykovoyi-istoriyi-dorozhnomu-fondu-buty-398922>.
9. Львівська обласна військова адміністрація. Бюджетний запит на 2024-2026 рр. індивідуальний (Форма 2024-2). URL: <https://loda.gov.ua/useful-info/91590?authorId=17107>.
10. Єдина державна електронна база з питань освіти. URL: <https://info.edbo.gov.ua/>.
11. Rusul Abduljabbar, Hussein Dia, Sohani Liyanage, Saeed Asadi Bagloee. Applications of Artificial Intelligence in Transport: An Overview. Sustainability, 2019. Volume 11, Issue 1. 24 p.
12. Jasmin Praful Bharadiya // Artificial Intelligence in Transportation Systems A Critical Review. American Journal of Computing and Engineering, 2023. Volume 6, Issue 1. P. 35-45.
13. Trans.info. На модернізацію транспортної інфраструктури буде виділено 2,5 мільярда євро. В конкурсі можуть брати участь Україна та Молдова. URL: <https://trans.info/ua/na-modernizatsiyu-transportnoyi-infrastruktury-bude-vydileno-2-5-milyarda-yevro-398938>.

14. Hidropress. Роль штучного інтелекту у розвитку автономних автомобілів.
URL: <https://gidropress.com.ua/rol-shtuchnogo-intelektu-u-rozvytku-avtonomnyh-avtomobiliv/>.
15. Teletype. Стас Беженар. ШІ на колесах: інновації, перспективи та ризики.
URL: <https://teletype.in/@ssstasorri/qD42g-eKblp>.
16. Проксис. Розвиток інтелектуального транспорту за допомогою штучного інтелекту, 5G та граничних обчислень. URL: <https://www.proxis.ua/uk/show-article/531/>.
17. Абрамова Л.С. Елементи теорії штучного інтелекту в управлінні дорожнім рухом. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, 2013. Випуск 61-62. С. 32-36.
18. Абрамова Л.С. Елементи теорії штучного інтелекту в управлінні дорожнім рухом: Свідectvo про реєстрацію авторського права на твір № 53587. Державна служба інтелектуальної власності. 10.02.14.
19. Стратегія розвитку штучного інтелекту в Україні. Монографія. За загальною редакцією Шевченка А.І., 2023. Київ, Видавництво «Наука і освіта». 305 с.
20. Жук М.М., Півторак Г.В., Пруський Є.В., Скиба М.Б. Огляд можливостей використання штучного інтелекту та нейронних мереж у галузі транспортних технологій. Матеріали XII-ої Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (16-18 квітня 2024 року, м. Вінниця). С. 106-109.

Форнальчик Євген Юліанович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри транспортних технологій Інституту механічної інженерії та транспорту Національного університету «Львівська політехніка», e-mail: yevhen.y.fornalchuk@lpnu.ua

Ройко Юрій Ярославович – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри транспортних технологій Інституту механічної інженерії та транспорту Національного університету «Львівська політехніка», e-mail: yurii.y.roiko@lpnu.ua

Гілевич Володимир Васильович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій Інституту механічної інженерії та транспорту Національного університету «Львівська політехніка», e-mail: volodymyr.v.hilevych@lpnu.ua

Fornalchuk Yevhen – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Transport Technologies at the Institute of Mechanical Engineering and Transport of the Lviv Polytechnic National University, e-mail: yevhen.y.fornalchuk@lpnu.ua

Royko Yuriy – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Transport Technologies at the Institute of Mechanical Engineering and Transport of the Lviv Polytechnic National University, e-mail: yurii.y.roiko@lpnu.ua

Hilevych Volodymyr – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transport Technologies at the Institute of Mechanical Engineering and Transport of the Lviv Polytechnic National University, e-mail: volodymyr.v.hilevych@lpnu.ua

УДК 691.175

Хітров І.О.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ: ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ТА ВИКЛИКИ МАЙБУТНЬОГО

Розглядаються сучасні тенденції та перспективи розвитку транспортних засобів. Аналізуються екологічні, економічні та технічні аспекти інновацій у транспортній галузі. Особлива увага приділяється підвищенню ефективності, безпеки та зменшенню впливу на довкілля. Визначено ключові виклики та можливі шляхи їх подолання для створення сталого транспорту майбутнього.

Ключові слова: транспортні засоби, інновації, електромобілі, автономний транспорт, водневі технології, сталий розвиток, екологічна безпека.

Contemporary trends and prospects for the development of vehicles are examined. The ecological, economic, and technical aspects of innovations in the transportation sector are analyzed. Special attention is given to enhancing efficiency, safety, and reducing environmental impact. Key challenges and possible ways to overcome them in order to create sustainable transport for the future are identified.

Key words: vehicles, innovations, electric vehicles, autonomous transport, hydrogen technologies, sustainable development, environmental safety.

Розвиток транспортної галузі зазнає значних змін завдяки впровадженню інноваційних технологій, спрямованих на підвищення ефективності, безпеки та екологічної сталості. Основними сучасними тенденціями є електрифікація транспорту, використання водневих технологій і розвиток автономних транспортних засобів [1-3].

Електрифікація є одним із найперспективніших напрямків розвитку транспортних засобів. Електромобілі стають дедалі популярнішими завдяки зниженню шкідливих викидів, високій енергоефективності та технологічному прогресу. Літій-іонні батареї постійно вдосконалюються, збільшуючи запас ходу електромобілів, а також скорочується час зарядки. Уряди багатьох країн запроваджують стимули для розвитку електротранспорту, що сприяє його масовому впровадженню [4].

Водневий транспорт розглядається як альтернатива електромобілям, особливо для важкого комерційного транспорту, авіації та морських перевезень. Основні переваги водневих паливних елементів – велика дальність пробігу, швидке заправлення та відсутність шкідливих викидів. Використання «зеленого» водню, отриманого з відновлюваних джерел енергії, може зробити цей вид транспорту повністю екологічним [5]. Водночас високі витрати на виробництво, зберігання та транспортування водню залишаються ключовими викликами для широкого поширення цієї технології.

Розвиток штучного інтелекту та систем машинного навчання сприяє появі автономних транспортних засобів. Автопілотні автомобілі, вантажівки та громадський транспорт можуть значно підвищити рівень безпеки на дорогах, знизити затори та зменшити витрати на перевезення [6]. Технології, такі як лідари, радарні системи та V2X-комунікації (обмін інформацією між транспортними засобами та інфраструктурою), розвиваються швидкими темпами. Проте правові, етичні та технічні питання, зокрема забезпечення безпеки та кіберзахисту, поки що стримують повсюдне впровадження автономного транспорту [7].

У найближчі десятиліття транспортні засоби стануть ще більш екологічними, інтелектуальними та автономними. Подальше вдосконалення акумуляторних технологій, зниження вартості водневих рішень і розробка нормативних актів для безпечного використання автономного транспорту сприятимуть розвитку галузі. Інтеграція «розумних»

транспортних систем, які поєднують штучний інтелект, Інтернет речей (IoT) та цифрові технології, дозволить оптимізувати перевезення та зменшити негативний вплив на довкілля.

Інновації у транспортній галузі спрямовані на екологічність, економічну ефективність та технологічний прогрес і направлені на зменшення викидів парникових газів через електрифікацію та водневі технології, зниження вартості виробництва та експлуатації нових транспортних засобів, а також використання штучного інтелекту для автономного керування та оптимізації транспортних потоків. Однак проблема утилізації акумуляторів та високі енергетичні витрати на виробництво водню потребують подальших рішень. Використання відновлюваних джерел енергії та розробка нових екологічних матеріалів можуть мінімізувати негативний вплив на довкілля [8]. Широкомасштабне впровадження цих технологій потребує значних інвестицій, підтримки урядів та розвитку відповідної інфраструктури. Тільки комплексний підхід дозволить створити ефективну, безпечну та екологічно чисту транспортну систему майбутнього.

Економічний аспект впровадження інновацій у транспорті має як переваги, так і виклики. Попри високу вартість виробництва електромобілів, їх експлуатація є значно дешевшою через низькі витрати на обслуговування. Державні субсидії та інвестиції у розвиток інфраструктури сприяють популяризації екологічного транспорту [9]. Водночас автоматизація та автономний транспорт можуть призвести до скорочення робочих місць у сфері перевезень, але водночас створюють нові можливості у високотехнологічних галузях.

З технічної точки зору, розвиток акумуляторних технологій, водневих паливних елементів та автономних систем відкриває нові можливості для транспорту. Поліпшення ємності батарей, впровадження швидкісних зарядних станцій та вдосконалення штучного інтелекту сприяють підвищенню ефективності та безпеки перевезень. Виклики, пов'язані з високою вартістю новітніх технологій, правовим регулюванням автономного транспорту та кібербезпекою, потребують комплексного вирішення. У перспективі подальше вдосконалення технологій дозволить зробити транспорт більш доступним, безпечним та екологічним.

Всі типи транспорту відіграють ключову роль у забезпеченні ефективної транспортної системи, тому важливо зробити їх більш стійкими. Зокрема, першочерговим завданням є посилення домінування транспортних засобів із низькими або нульовими викидами, а також впровадження відновлюваних і низьковуглецевих палив для автомобільного, водного, повітряного та залізничного транспорту. Слід активно підтримувати дослідження та інновації для створення конкурентоспроможних, екологічних і «кругових» продуктів та послуг, що дозволить зменшити негативний вплив на довкілля. Промисловість має забезпечити виробництво необхідних транспортних засобів і палива, створити для них підтримуючу інфраструктуру та стимулювати попит кінцевих користувачів, що в сукупності сприятиме переходу до сталої транспортної системи майбутнього [10].

Важливим є врахування соціальних та правових аспектів: необхідно будувати довіру суспільства до автономних систем, розробляти стандарти безпеки даних та створювати нормативно-правову базу для використання нових технологій.

Нарешті, перспективи розвитку транспорту включають адаптацію ринку праці через перепідготовку фахівців, створення нових професій та сприяння економічному зростанню за рахунок інвестицій у високотехнологічні рішення [11].

Таким чином, розвиток транспортної галузі потребує комплексного підходу, що включає співпрацю урядів, виробників і науковців. Інвестиції в екологічні та інтелектуальні технології дозволять створити стійку транспортну систему майбутнього, що відповідатиме вимогам безпеки, ефективності та екологічної відповідальності.

Список використаних джерел

1. Tiande Mo, Yu Li, Kin-tak Lau, Chi Kin Poon, Yinghong Wu, Yang Luo. Trends and Emerging Technologies for the Development of Electric Vehicles. *Energies*. 2022. Vol. 15(17), 6271; <https://doi.org/10.3390/en15176271>.

2. Миськів Г. В., Іваницький Р. Я. Основні тенденції розвитку водневих технологій на транспорті. *Економіка та суспільство*. 2023. Вип. 55. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-2>.
3. Karki A., Phuyal S., Tuladhar D., Basnet S., Shrestha B. P. Status of Pure Electric Vehicle Power Train Technology and Future Prospects. *Applied System Innovation*. 2020, 3, 35. <https://doi.org/10.3390/asi3030035>.
4. Sheshadri Chatterjee, Ranjan Chaudhuri, Demetris Vrontis, Stefano Bresciani. Exploring the effect of government incentives on electric vehicle purchase intention in smart cities. *Journal of Cleaner Production*. 2024. Vol. 477. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143841>
5. Балицький О. І., Колесніков В. О., Іщенко Б. М. Передумови створення водневої інфраструктури для транспортної галузі. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: матер. VIII Міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 31-45.
6. Майбутнє транспорту з AI – революція автономних автомобілів та перевезення вантажів. Mediacom : веб-сайт. URL : <https://mediacom.com.ua/majbutne-transportu-z-ai-avtonomni-avtomobili-ta-logistika/> (дата звернення 26.03.2025).
7. Dhinesh Kumar R, Rammohan A. Revolutionizing Intelligent Transportation Systems with Cellular Vehicle-To-Everything (C-V2X) Technology: Current Trends, Use Cases, Emerging Technologies, Standardization Bodies, Industry Analytics and Future Directions. *Vehicular Communications*. 2023. Vol. 43. 100638. <https://doi.org/10.1016/j.vehcom.2023.100638>.
8. Що буде зі старими акумуляторами від електромобілів. BBC NEWS Україна : веб-сайт. URL : <https://www.bbc.com/ukrainian/features-56927625> (дата звернення 27.03.2025).
9. Маркевич К. «Зелені» інвестиції у сталому розвитку: світовий досвід та український контекст. Київ : Видавництво «Заповіт». 2019. 316 с. https://razumkov.org.ua/uploads/article/2019_ZELEN_INVEST.pdf
10. Зоя Мельник. Реалізація Європейського зеленого курсу в транспорті та формування сталої мобільності. <https://brdo.com.ua/wp-content/uploads/2024/07/ZK-Realizatsiya-YEvropeyskogo-zelenogo-kursu-v-transporti-ta-formuvannya-staloi-mobilnosti.pdf>
11. Радкевич В. О. та ін. Професійне навчання кваліфікованих робітників в умовах високотехнологічного виробництва: теорія і практика: монографія. Київ : ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2014. 251 с.

Хітров Ігор Олександрович – к.т.н., доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу Національного університету водного господарства та природокористування

Khitrov Ihor – Candidate of Engineering Sciences (Ph. D), Associate Professor of the Transport Technology and Technical Service Department, National University of Water and Environmental Engineering

УДК 691.175

Хомин Н.Я.

ОПТИМІЗАЦІЯ ГРАФІКА РОБОТИ ВОДІЇВ АВТОПІДПРИЄМСТВА З УРАХУВАННЯМ ЇХ ВЗАЄМОДІЇ В ТРАНСПОРТНОМУ ПРОЦЕСІ

Проаналізовано можливі варіанти режимів праці та відпочинку водіїв вантажівок на міжміських і міжнародних маршрутах. Розроблено модель оптимізації плану роботи автопарку для визначення активного та найкоротшого часового розкладу на відміну від відомих методів оптимізації. Отримані результати відповідають правилам Європейської угоди про роботу транспортних екіпажів і вказують на те, що вибір найкращого графіка руху окремого транспортного засобу на єдиному маршруті не є найкращим рішенням для всього автопарку та всього потоку замовлень.

Ключові слова: режим роботи водіїв, маршрутизація, розклад роботи.

Possible options for work and rest regimes of truck drivers on intercity and international routes were analyzed. A model for optimizing the fleet work plan was developed to determine the active and shortest time schedule in contrast to known optimization methods. The results obtained comply with the rules of the European Agreement on the Work of Transport Crews and indicate that choosing the best schedule for a single vehicle on a single route is not the best solution for the entire fleet and the entire order flow.

Key words: drivers' work schedule, routing, work schedule.

Міжміські й міжнародні перевезення вантажів в Європі є складними через суворі обмеження, які накладені на режими роботи й відпочинку екіпажів транспортних засобів. Виконуючи такі поїздки, водії зобов'язані дотримуватись Регламенту Європейського союзу 561/2006. Це приводить до безпеки на автострадах, – з одного боку, але, з іншого ускладнює ефективне використання основних засобів. Простой вантажівок, пов'язані з відпочинком, чи перервою у роботі водіїв, знижують продуктивність транспортних засобів, збільшують затримки в доставці вантажів.

Про проблему узгодження роботи автотранспорту з іншими обслуговуючими ланками при забезпеченні вчасної та якісної доставки вантажів в місце призначення згадується в багатьох сучасних працях, у тому числі [1, 2]. Вчені називають різні шляхи її вирішення, Зокрема, в роботі [1] наголошується, що узгодження роботи рухомого складу та, наприклад, навантажувально-розвантажувальних засобів можливе, якщо застосовувати так звані «плаваючі» розклади руху транспортних засобів, які дають змогу змінювати час подачі рухомого складу в певному діапазоні (наприклад, 2-5 %) внаслідок затримок транспорту або невчасного упорядкування роботи вантажної техніки. Спільним недоліком усіх відомих праць є те, що у них автори намагались формалізувати такі процеси транспортування, які важко формалізуються. Тому використовувалась велика кількість змінних, а алгоритми були складними і не давали точного розв'язку.

Метою наших досліджень було спростити формулювання задачі, але при цьому враховувати, що буде застосована маршрутизація декількох транспортних засобів одночасно і врахована їх ефективна взаємодія. Ми виходили з того, що для виконання більшості замовлень на міжнародні вантажні перевезення перевізник може вибирати один з альтернативних маршрутів, які можуть відрізнятись довжиною, наявністю заторів і перешкод, отже швидкістю руху. Кожен з альтернативних маршрутів також може мати різну кількість транспортних пунктів, де може бути здійснені відпочинок, перерва, заправка, навантаження, чи розвантаження транспортного засобу. Альтернативні маршрути можна урізноманітнити розробкою варіантів допустимих розкладів роботи і відпочинку водіїв. Їх отримано при

застосуванні допустимих можливих опцій, як це зроблено в роботі [3]: поділу часу перерв керування; поділу часу міжзмінного відпочинку; зменшення часу щодобового відпочинку; збільшення щоденного часу керування. Зауважимо, що останні дві опції зменшують час роботи водіїв на наступних транспортних циклах, тому варіанти розкладів відрізняються своїми перевагами і недоліками. Це дає підстави сформулювати і розв'язати задачу, яка полягає в комбінуванні можливих альтернатив, враховуючи такі умови:

- а) наявну кількість вільних транспортних засобів;
- б) допустимий горизонт планування;
- в) наявні замовлення.

Задача формулюється так. На період часу T задана множина замовлень P , кожне p_i з яких можна виконати k альтернативними маршрутами і за розкладами, які побудовані попередньо. Альтернативні варіанти виконання кожного із замовлень є несумісними в часі. Серед усіх альтернативних маршрутів і відповідних розкладів виконання одного і того ж замовлення потрібно вибрати, щонайбільше, один. Загалом потрібно знайти таку послідовність виконання перевезень заданою кількістю автотransпортних засобів m , при якій загальна тривалість проекту в рамках горизонту планування T , буде мінімальною, а усі обмеження режимів праці і відпочинку водіїв, а також щодо терміновості замовлень будуть дотримані. Фактично у цій задачі потрібно комплексно виконати такі дії:

- а) розподілити наявні транспортні засоби по завданнях, при цьому умова обов'язкового залучення усіх m з них не ставиться;
- б) вибрати раціональну послідовність виконання замовлень кожним із залучених автопоїздом; виконання усіх відомих замовлень не вимагається;
- в) вибрати найбільш придатний маршрут і схему організації праці та відпочинку водіїв для даного замовлення.

Усю множину P відомих замовлень можна відобразити з допомогою змішаного графа $A(G, U, U)$, де G – множина вершин, $g_1, g_2, \dots, g_p$, в якій $g_2 \dots g_{p-1}$ символізують моменти початку виконання замовлень (рис.1, а).

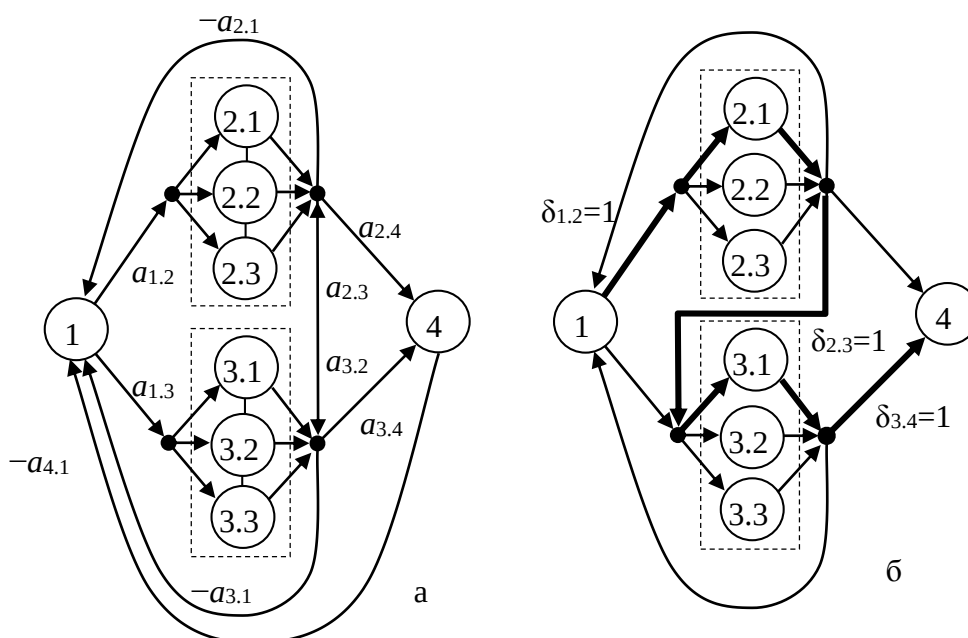


Рисунок 1 – Модель складання розкладу виконання замовлень на перевезення вантажів:
а) змішаний граф з відміченими на ньому вагами a_{ij} відповідних дуг; б) орієнтований граф без циклів і контурів додатної ваги з відміченими змінними δ_{ij}

Вершина g_1 – фіктивна, представляє формальний момент початку усього проекту. Вершина g_p – фіктивна, символізує кінець планового циклу тривалістю T . U – множина дуг, кожна з яких відображає часовий зв'язок $a_{i,j}^k$ між моментами початку виконання i -го та j -го замовлення за k -м варіантом маршруту, одним і тим ж транспортним засобом. Дуги графа A – зважені. Якщо існує замовлення, то воно відображається у графі A дугою ваги $a_{i,j} > 0$. При цьому повинна виконуватись вимога

$$a_{i,j}^k = t_{o,j} - t_{o,i} + t_{i,j}^k, \quad (1)$$

де $t_{o,j}$, $t_{o,i}$ – фактичні моменти початку виконання, відповідно j -го, та i -го замовлень; $t_{i,j}^k$ – математичне сподівання тривалості виконання замовлення за альтернативним розкладом k , $k=1..m$, обчислене з припущенням, що водій, який виконував його, попередньо завершив щотижневий цикл керування, і мав відповідний період відпочинку, тобто $t_{i,j}^k$ не залежить від попередньо виконаної роботи.

З допомогою дуг графа A задаються часові обмеження проекту. Так, дуги $a_{1,i}$ – це найбільш ранні моменти можливого початку виконання кожного i -го замовлення. Дуга з від'ємною вагою $-a_{i,1}$ відображає часове обмеження для виконання i -го замовлення. Наприклад, $-a_{p,1}$ – це дозволений час для виконання усіх відомих замовлень (як правило, він збігається з періодом T). Усі дуги $-a_{p,i}$ відображають директивні моменти найбільш пізнього закінчення i -х замовлень. Усі ж інші неіснуючі, або несуттєві зв'язки відображені дугами з вагою $-\infty$. У моделі графа A задана, також, множина ребер V (зв'язки без стрілок, або з обоюсторонніми стрілками), кожному $[i,j]$ з яких поставлена у відповідність пара ваг $a_{i,j}$, $a_{j,i}$.

До процесу перевезення може бути задіяно m транспортних засобів. Вони повинні працювати синхронно, виконуючи по декілька замовлень послідовно. Це означає, що у графі A потрібно знайти m ланцюгів, які починаються у вершині g_1 , проходять через деякі вершини графа, які стосуються наявних замовлень і закінчуються у вершині g_p . Задача має такі особливості. Період T не є наперед заданою величиною й не шукається найкоротше його числове значення. Кількість заданих транспортних засобів може не дорівнювати кількості реально задіяних до перевезення; крім того, щоб формалізувати дефіцит водіїв, задаються фіктивні транспортні засоби, таким чином, з усіх знайдених формальних шляхів у графі A вибираються найкращі; інші, менш вдалі приписують фіктивним транспортним засобам.

Формальний зміст задачі побудови розкладу полягає у тому, що потрібно знайти шляхи $\mathcal{J}_j$ для усіх, $i,j=1..P$. Ваги цих шляхів визначають моменти найбільш раннього початку виконання кожного i -го замовлення.

Застосовано послідовний аналіз варіантів з перебором усіх похідних графів і пошуком серед них оптимального за критерієм мінімальної тривалості виконання усього проекту. Для організації такого пошуку, з метою уникнути непродуктивного перебору неоптимальних варіантів, використано процедуру послідовного розбивання можливих розв'язків на підмножини.

Між вершинами графа A , які відносяться до однієї підмножини k , встановлені ребра, які означають їх незалежність. Однак фактично ці вершини відображають взамовиключні альтернативи одного і того ж замовлення, хоча й мають різні часові зв'язки. Такі відношення неможливо відобразити в графічній моделі з допомогою дуг, або ребер. Наприклад, на рис. 3 є обведені штриховою лінією вершини, які означають різні маршрути, або різні розклади. Між ними проставлено ребра, хоча має бути встановлений жорсткий взаємовиключний зв'язок. Це означає, що розклад виконання замовлень має будуватись по шляху в графі, який проходить лише через одну з трьох вершин 2.1/2.2/2.3 і, відповідно 3.1/3.2/3.3. Для реалізації цього введено додаткові змінні $\delta_{i,j,k} \in \{0,1\}$. Якщо шлях проходить у графі через вершину $g_{i,k}$, то усі інші вершини підмножини k мають бути ізольовані з використанням змінної $\delta_{i,j}$ так:

$$\sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^s \delta_{1,j,k} = 1, \quad (2)$$

де s – кількість альтернативних шляхів виконання j -го замовлення.

Розроблено алгоритм і комп'ютерну програму розв'язування задачі. Ця задача пов'язана з часовим впорядкуванням робіт (замовлень) і розподілом їх між наявними транспортними засобами. Тому її можна віднести за відомими класифікаційними ознаками до задач складання циклічних унітарних розкладів для потокового виконання операцій проекту декількома засобами [4]. За складністю алгоритму пошуку оптимального розв'язку вона відноситься до поліноміальних задач, тобто для неї існує детермінований алгоритм пошуку успішного, або наближеного розв'язку за поліноміальний час. Враховуючи те, що такі задачі можуть бути сформульовані лише для невеликої кількості замовлень на горизонті планування міжнародних перевезень, то розмір задачі і, відповідно, її складність не будуть значними.

Результат застосованого впорядкування початкового графа – орієнтований граф без циклів. Окремі результати оптимізації за розробленим алгоритмом подано на рис. 1, б. Потовщеними стрілками показані дуги на результуючих графах, які входять до критичного шляху, тобто такі, за якими обчислюються моменти ранніх закінчень виконання замовлень.

Аналіз отриманих розв'язків дав змогу сформулювати такі висновки. Якщо поєднати окремі задачі вибору маршрутів, розподілу транспортних засобів на маршрути і складання послідовності виконання замовлень, оптимізації розкладів в єдину комплексну задачу, то це розширює пошук ефективних рішень.

Використання змішаних графів та бінарних змінних робить задачу розроблення розкладу водіїв сукупності транспортних засобів такою, що дає гарантований точний розв'язок. Це досягається за рахунок інтегративного ефекту і отримання більшої кількості альтернативних рішень.

Формалізація задачі складання розкладу для одиничного маршруту не є успішним, оскільки тут необхідна дуже велика кількість змінних. Якщо враховувати обмеження на режими роботи і відпочинку водіїв, то складання розкладу з прив'язкою до конкретного маршруту є задачею, яка є складною і не має точного розв'язку.

Список використаних джерел

1. Бондарев С. І. Обґрунтування математичної моделі розрахунку тривалості оборотного рейсу при виконанні міжнародних автоперевезень. Scientific Journal «ScienceRise» №3/2(3) 2014. С.7-10. <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2014.27461>.
2. Goel A. The minimum duration truck driver scheduling problem. EURO Journal of Transp. Logist. 2012. 1(4): PP. 285-306. <https://doi.org/10.1007/s13676-012-0014-9>
3. Bernhardt A., Melo T., Bousonville Th., Kopfer H. Scheduling of driver activities with multiple soft time windows considering European regulations on rest periods and breaks, Schriftenreihe Logistik der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der htw saar, 2016. No. 12, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften der htw saar, Saarbrücken
4. Van Woensela T., Kerbacheb L., Peremansc H. and Vandaeled N. Vehicle routing with dynamic travel times: a queueing approach. European Journal of Operational Research. January 2008. No186.3. PP. 990-1007

Хомин Назар Ярквич – аспірант Національного транспортного університету

Nazar Y. Khomin – postgraduate student of the National Transport University

УДК 681.518.5

Худяков І.В., Грицук І.В., Погорлецький Д.С., Черненко В.В.

ОСОБЛИВОСТІ АНАЛІЗУ ГРАФІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МОДЕЛІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Розглянуто побудову реляційної моделі системи моніторингу на основі канонічної структури бази даних і положень, відповідно до множини допустимих значень основних параметрів технічного стану ТЗ. Показано, що в результаті проведеного аналізу інформації достатньо для створення системи управління бази даних реляційного типу

Ключові слова: транспортний засіб, граф, структурний елемент

The article considers the construction of a relational model of the monitoring system based on the canonical structure of the database and provisions, in accordance with the set of permissible values of the main parameters of the technical condition of the vehicle. It is shown that as a result of the analysis, the information is sufficient to create a relational database management system.

Key words: vehicle, graph, structural element.

В ХДМА, НТУ і ХНАДУ проводяться роботи щодо подальшого розвитку інформаційних програмних комплексів моніторингу транспорту для дослідження можливості дистанційного отримання інформації про параметри експлуатації ТЗ в умовах ITS.

Процес формування та аналізу графів інформаційних структур моделі системи «Система управління безпекою експлуатації і працездатності засобів транспорту» («Motor Vehicle Safety and Performance Management» (в подальшому - MVSPM)) включає в себе [1, 2, 3, 4] наступні взаємопов'язані операції: побудову множин структурних елементів на основі моделі предметної області системи; формування матриці семантичної суміжності на множині структурних елементів, побудову орієнтованого графу його інформаційної структури [5, 6]; формування матриці семантичної досяжності на множині структурних елементів [5]; визначення інформаційних і групових елементів структурних множин; упорядкування груп структурних елементів за рівнями ієрархії, виділення і формування множині ключів і атрибутів в групах даних підсистем; побудова канонічних моделей підсистем баз даних системи.

Визначення множини структурних елементів системи моніторингу технічного стану ТЗ виконувалось наступним чином: до елементів множини об'єктів автоматизації (О) (табл. 1), додавали елементи множин інформаційних елементів об'єктів автоматизації (V) (табл. 2) і відповідним чином індексували їх. У результаті отримали множину елементів для системи моніторингу технічного стану ТЗ з встановленим тахографом:

Таблиця 1 – Об'єкти автоматизації тахографу встановленого на транспортному засобі

№	Позначення	Найменування
1	O2.1	Блок збирання і передачі інформації про ідентифікацію ТЗ
2	O2.2	Блок збирання і передачі інформації про стан ТЗ
3	O2.3	Блок збирання і передачі інформації про час роботи ТЗ
4	O2.4	Блок збирання і передачі інформації про швидкість ТЗ
5	O2.5	Блок збирання і передачі інформації про стан причепа (додатковае обладнання) ТЗ

№	Позначення	Найменування
80	v80	Ідентифікація водія.
81	v81	Ідентифікаційний номер карти і країни.
82	v82	Ідентифікаційний номер автомобіля, VIN, VRN/
83	v83	Країна реєстрації та реєстраційний номер автомобіля (VRN).
84	v84	Ідентифікація тахографа.
85	v85	Ідентифікація одометра.
86	v86	Діапазон обертів двигуна і тривалість.
87	v87	Останній контроль, якому піддавався водій.
88	v88	Зведення про діяльність за день, відомості про початок і закінчення (час, місце розташування і одометр).
89	v89	Види діяльності із зазначенням часу початку і закінчення.
90	v90	Дата і час останнього контролю перевищення швидкості. Дата і час першого перевищення швидкості і кількість перевищень швидкості.
91	v91	П'ять найбільш серйозних перевищень швидкості за останні 365 днів. Дата, час і тривалість. Максимальна і середня швидкість.
92	v92	Найбільш серйозні перевищення швидкості за останні десять днів. Дата, час і тривалість. Максимальна і середня швидкість.
93	v93	Зміни стану задніх роз'ємів D1 / D2 і їх тривалість.

[illegible]

390

наявність або відсутність семантичної зв'язності між їх структурними елементами. Зображення орієнтованого орграфа G показано на рис. 1

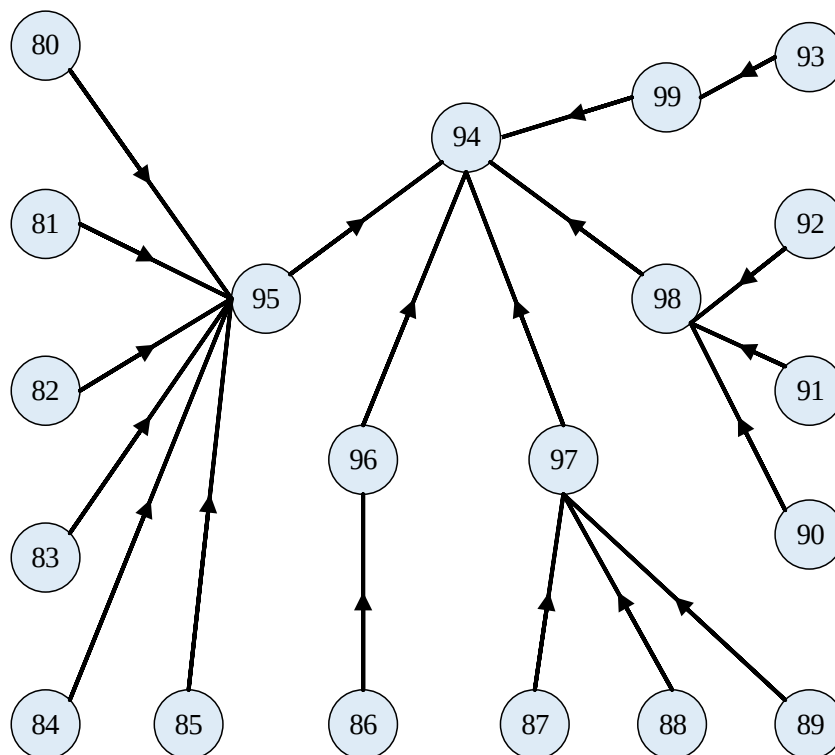


Рисунок 1 – Орграф G інформаційної структури моделі системи дистанційного моніторингу параметрів технічного стану водія і ТЗ з встановленим тахографом

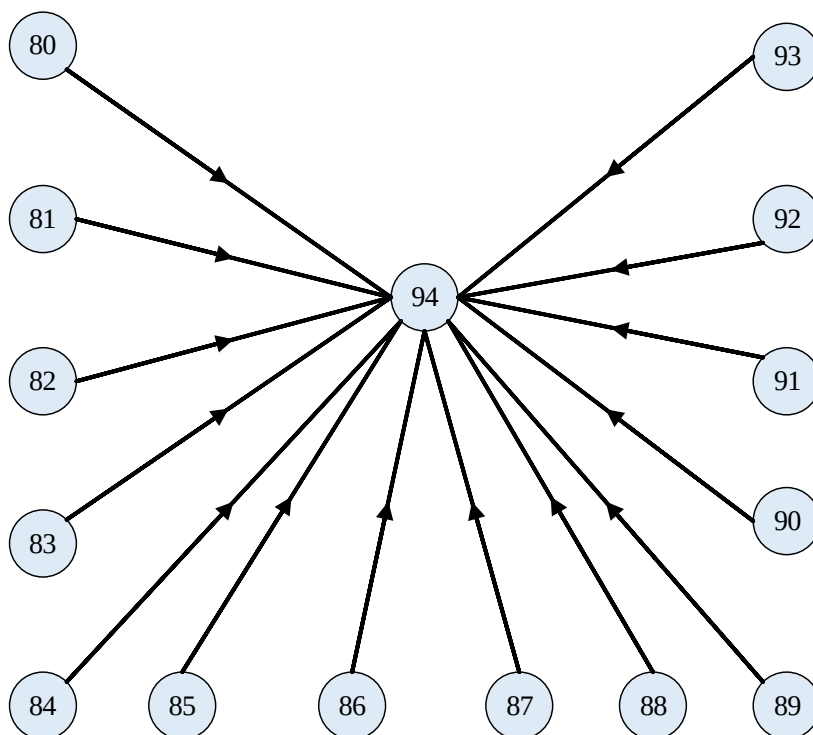


Рисунок 2 – Орграф G канонічної структури моделі підсистеми моніторингу параметрів технічного стану ТЗ з встановленим тахографом

Для предметної області інформаційної системи моніторингу параметрів технічного стану ТЗ з встановленим тахографом визначили існуючий загальний інформаційний елемент для всіх п'яти інформаційних груп. Цей елемент «Час збирання інформації» - v_{94} , який є ключовими з причини семантичної залежності одержуваних даних моніторингу параметрів технічного стану ТЗ від часу збирання інформації. Таким чином, з урахуванням особливостей побудови, розроблена інформаційна система моніторингу параметрів технічного стану ТЗ, має множину ключів:

$$W_{2.1} = \{v_{94}\} \quad (2)$$

Висновки. Приведений до канонічної структури оргграф системи моніторингу параметрів технічного стану ТЗ з встановленим тахографом показаний на рис. 2.

Побудована реляційна модель системи моніторингу на основі канонічної структури бази даних і положень, відповідно до множини допустимих значень основних параметрів технічного стану ТЗ. Таким чином отриманої в результаті проведеного аналізу інформації достатньо для створення системи управління бази даних реляційного типу, в тому числі і в компонентах ІПК «MVSPM».

Список використаних джерел

1. Волков В.П. Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем / В.П. Волков, В.П. Матейчик, П.Б. Комов, О.Б. Комов, І.В. Грицук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2013. – № 29 (1002). с.138-144.
2. Волков В.П. Особливості формування методики застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ITS / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Грицук, Г. К. Шурко, Ю.В. Волков // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 14 (1236). – С. 10–20.
3. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
4. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей / [Н.Я.Говорущенко]. - Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 2084. – 312 с.
5. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем: монография / Волков В.П., Матейчик В.П., Никонов О.Я., и др; под. ред. Волкова В.П. –Донецк: Ноулидж, 2013.– 400 с.
6. Матейчик В. П. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів / В. П. Матейчик, В. П. Волков, П. Б. та ін.// Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. - 2014. - Вип. 13(1). - С. 125-137.
7. Худяков І.В. Моделі бази даних інформаційної системи моніторингу параметрів технічного стану транспортних засобів // Луцький національний технічний університет «Наукові нотатки» випуск 67, – Луцьк ЛНТУ, 2019 – с.141-148.

Худяков Ігор Валентинович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри суднових технічних систем і комплексів, Херсонська державна морська академія

Грицук Ігор Валерійович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри суднових технічних систем і комплексів, Херсонська державна морська академія

Погорлецький Дмитро Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри суднових технічних систем і комплексів, Херсонська державна морська академія

Черненко Валентина Володимирівна, старший викладач. кафедри суднових технічних систем і комплексів, Херсонська державна морська академія

Igor Khudyakov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ship Technical Systems and Complexes, Kherson State Maritime Academy

Igor Hrytsuk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Ship Technical Systems and Complexes, Kherson State Maritime Academy

Dmytro Pogorletskyi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Shipboard Technical Systems and Complexes, Kherson State Maritime Academy

Valentyna Chernenko, Senior Lecturer, Department of Ship Technical Systems and Complexes, Kherson State Maritime Academy

УДК 656.078

Цимбал С.В., Глиняний В.С.

ІННОВАЦІЙНА ЛОГІСТИКА У СИСТЕМІ ОРГАНІЗАЦІЇ І УПРАВЛІННЯ ПАСАЖИРСЬКИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ

Інноваційна логістика є важливою складовою сучасних систем організації та управління пасажирськими перевезеннями, сприяючи підвищенню ефективності, якості та безпеки транспортних послуг. В умовах глобалізації та швидкого розвитку технологій інновації в логістичному управлінні відіграють ключову роль у покращенні мобільності населення, зниженні витрат та забезпеченні стійкого розвитку транспортної галузі. Дане дослідження аналізує концепцію інноваційної логістики, розглядаючи її застосування у сфері пасажирських перевезень. Окрема увага приділяється використанню сучасних інформаційних технологій, інтелектуальних транспортних систем, автоматизації процесів управління рухом, а також інтеграції різних видів транспорту для створення єдиної транспортної мережі. Визначено основні напрямки впровадження інновацій, що дозволяють оптимізувати процеси планування, управління та контролю, підвищити рівень обслуговування пасажирів і сприяти екологічному сталому розвитку транспортної інфраструктури.

Ключові слова: інноваційна логістика, пасажирські перевезення, транспортні послуги, інтелектуальні транспортні системи, управління перевезеннями, автоматизація, мобільність населення, інтеграція видів транспорту, екологічний розвиток, транспортна інфраструктура.

Innovative logistics is an important component of modern passenger transportation organization and management systems, contributing to increasing the efficiency, quality and safety of transport services. In the context of globalization and rapid technological development, innovations in logistics management play a key role in improving population mobility, reducing costs and ensuring sustainable development of the transport industry. This study analyzes the concept of innovative logistics, considering its application in the field of passenger transportation. Special attention is paid to the use of modern information technologies, intelligent transport systems, automation of traffic management processes, as well as the integration of various modes of transport to create a single transport network. The main directions of implementing innovations that allow optimizing planning, management and control processes, improving the level of passenger service and contributing to the environmentally sustainable development of transport infrastructure are identified.

Keywords: innovative logistics, passenger transportation, transport services, intelligent transport systems, transport management, automation, population mobility, integration of transport modes, environmental development, transport infrastructure.

В даний час, в епоху модернізації та інноваційної економіки, виникають певні складнощі в освіті мережевої інфраструктури комплексу пасажирських перевезень в силу зростаючих вимог до управлінської системи пасажирських перевезень по відношенню до маршрутів, обсягів та якості перевезень пасажирів. Варто зазначити, що вітчизняним структурам управління пасажирськими перевезеннями нашого часу необхідна продуктивна та планомірна програма логістики для формування єдиних транспортно-логістичних систем, здатних здійснювати стратегічні завдання. Тим не менш, логістичні модернізації в транспортній області часто призводять до великих витрат і за цим причин потребують методичної реалізації програми заходів, спрямованих на вдосконалення кадрових, правових, організаційно-технічних, соціально-економічних та інших передумов для здійснення комплексного логістичного забезпечення діяльності транспортних систем [1].

Кількість транспорту щорічно збільшується – це реальність, яких живуть люди, здійснюється підприємницька діяльність та реалізуються масштабні логістичні проекти. До цього потрібно додати необхідність пасажирських перевезень усередині міст та за їх межами. Головне завдання полягає в оптимізації руху транспорту для досягнення нормального рівня експлуатації з урахуванням потреб та інтересів усіх учасників. Необхідно знизити витрати транспорту на перевезення та зменшити втрати часу пасажирів, включаючи забезпечення безпеки. Визначення оптимальної моделі міського або заміського руху транспорту – це аналіз завантаженості доріг, інтенсивності руху різних видів транспортних засобів (ТЗ), ефективність використання технічних засобів регулювання [2].

Практика еволюційного формування вітчизняних структур у сфері бізнесу показує, що процес просування вимагає поетапного ускладнення системи взаємозалежних логістичних процесів оперативного та стратегічного характеру. Цього можна досягти удосконаленням процесу логістики за рахунок запозичення досягнень країн Заходу, що дозволить уникнути еволюційно недієвих схем функціонування.

Для досягнення оптимізації транспортних потоків на дорогах необхідно розуміти справжню проблематику ситуації. Аналіз найбільш затребуваних ділянок серед водіїв та пасажирів, пішоходів дає можливість побачити, де є складнощі, через які виникають затори, скільки витрачається часу на їх проходження та природну ліквідацію. Для правильної оптимізації має значення коректність режимів світлофорних об'єктів, які можуть враховувати параметри інтенсивності руху ТЗ у різний час доби. Можливо, для розвантаження знадобиться проектування додаткових об'єктів та розв'язок, перетинів та примикань, створення нової інфраструктури. Процедура погодження у державні органи контролю – підсумкова частина процесу оптимізації для подальшого впровадження створеної моделі руху [3].

Використання інтелектуального управління є однією з ефективних способів оптимізації перевізного процесу автоматизованих систем керування транспортними потоками є комплексними рішеннями, що поєднують між собою технічні, організаційні та програмні заходи. Це дозволяє проводити збір даних та обробляти основну інформацію про рух на дорогах, пробках. Використання інтелектуального управління передбачає використання камер спостереження для обчислення необхідних показників. Серед них: швидкість руху, кількість транспортних засобів у певні проміжки часу, щільність потоків, яка зайнятість смуг, класифікаційні особливості транспортних засобів, якою довжини формуються черги перед перехрестями та ін. Всі ці відомості стають базою для оптимізації транспортних потоків [4].

Система управління пасажирськими перевезеннями також представляє собою логістичну систему, що розвивається, якість діяльності якої в більшості випадків знаходиться в прямій залежності від можливості регулювання логістичними потоками, а також дієвого взаємозв'язку елементів системи, що надає безпосередній вплив на якість роботи системи, витрати та рівень транспортного обслуговування пасажирів. Збільшення обсягів пасажиропотоку та пов'язані з цим проблеми керування вимагають використання сучасних логістичних технологій та введення нововведень у систему управління пасажирськими перевезеннями, використовуючи принципи інноваційної логістики. Новаторська логістика дозволяє розробити продуктивну стратегічну програму розвитку транспортної компанії, спрямовану на дієве об'єднання поточкових процесів та тривалий успіх на ринку. Таким чином, успішне здійснення тактичних та стратегічних цілей транспортної компанії безпосередньо залежить від ухвалених рішень у сфері інноваційної логістики у її інтеграційному варіанті.

Отже, інноваційна логістика є системою теоретичних знань, особливостей та методів доцільної організації новаторської діяльності транспортних організацій та керування поточковими процесами. Сучасна логістика відповідає за процес проектування та включення важливих організаційно-економічних інновацій в управлінську діяльність організацій пасажирського транспорту для здійснення системного аналізу, розумової техніки синтезування наявних та допустимих пасажиропотоків та їх регулювання, сприяючи

скороченню логістичних витрат та збільшення якості транспортного обслуговування пасажирів [5].

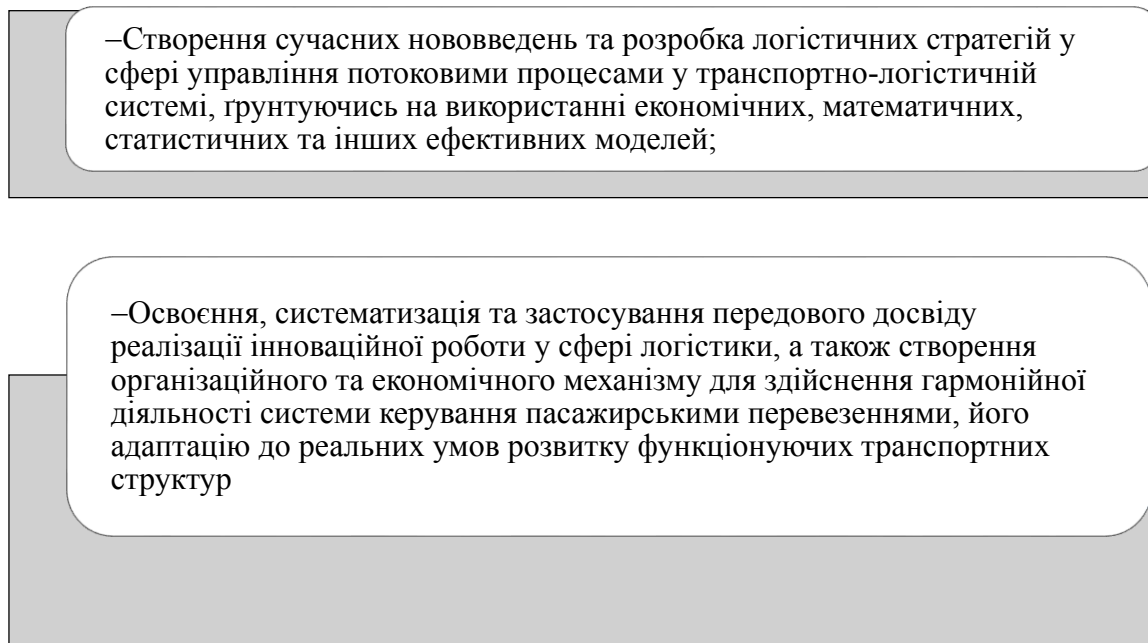


Рисунок 1 – Основні завдання інноваційної логістики

Важливим фактором для організації інноваційної логістики є розвиток логістичної системи керування пасажирськими перевезеннями, здатними здійснити необхідне регулювання провізних та пропускних здібностей автошляхів, з одного боку, та зростаючих обсягів пасажиропотоків, з іншого боку. Дана система має вибудовуватися в єдиному вигляді, інтегруючи все пасажиропотоки, і ґрунтуватися на широкому застосуванні комп'ютерних технологій для керування перевезеннями від конструювання пасажиропотоків до об'єднання процесів перевезень, а також регулювання та організації сервісних послуг пасажирів, нормування, аналізу, обліку, моніторингу, регулювання та оперативної диспетчеризації.

Таким чином, головним напрямком реалізації інноваційної логістики є грамотне забезпечення логістичної підтримки та одночасності пасажиропотоків, тобто виявлення логістичного потенціалу транспортних організацій, ресурсних обмежень, розробка алгоритмів системи управління базами даних та інше, покращення результативності організації пасажирських перевезень.

Список використаних джерел

1. Єфіменко Ю.В. Інноваційна логістика в транспорті: сучасні підходи та перспективи розвитку / Ю.В. Єфіменко. – Одеса: Одеський національний університет, 2017. – 200 с.
2. Кудрявцев А.М. Організація пасажирських перевезень: сучасні технології та інновації / А.М. Кудрявцев, В.В. Шевченко. – Київ: Наукова думка, 2021. – 350 с.
3. Шкарлет С.С. Інтелектуальні транспортні системи в пасажирських перевезеннях / С.С. Шкарлет, І.А. Маляр. – Вінниця: Нова Книга, 2019. – 180 с.
4. Логістика та транспортні системи: теорія, практика, інновації / за ред. В.А. Нестеренко. – Київ: Наукова думка, 2022. – 400 с.
5. International Transport Forum (ITF). Transport and Innovation: Drivers of Change. OECD Publishing, 2020. <https://doi.org/10.1787/5fbc42f8-en>.

Цимбал Сергій Володимирович - кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри Автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: tsymbal_s_v@ukr.net

Глиняний Віктор Сергійович – аспірант, аспірант кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: victorglin9@gmail.com

Tsymbal Serhii - PhD in Engineering, associate professor, head of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: tsymbal_s_v@ukr.net

Glynianyi Viktor – graduate student, graduate student of the Department of Automobile and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: victorglin9@gmail.com

УДК 656.078

Цимбал С.В., Мельник Р.В.

ЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

Розвиток транспортної системи України є одним з необхідних умов подальшої структурної перебудови економіки, підвищення конкурентоспроможності вітчизняних товарів та послуг на світових ринках та інтеграції країни в систему міжнародних відносин, що динамічно змінюється. Глобалізація економічних зв'язків на початку XXI століття дозволяє розглядати транспорт як один з найважливіших інтеграційних важелів.

Розвиток різних процесів поряд із зростаючою внутрішньою та міжнародною конкуренцією пред'являє до транспорту додаткові вимоги щодо прискорення товароруку, підвищення якості транспортних послуг, зниження транспортної складової у кінцевій ціні продукції.

Транспортний комплекс України в даний час забезпечує в цілому потреби національної економіки та населення у транспортних послуг. Практично завершено структурні та інституційні перетворення першого етапу ринкових реформ на транспорт. Йде відпрацювання правових, економічних та адміністративних механізмів, що регулюють транспортну діяльність у нових соціально-економічних умовах. Основною метою державної політики у транспортному комплексі є формування транспортної системи, здатної ефективно та безпечно для людини та навколишнього середовища задовольняти попит на перевезення, що зростає за обсягом та якісно змінюється.

Ключові слова: логістика, перевезення, транспортний комплекс, технологічна сполученість, загальногосподарські фактори

The development of the transport system of Ukraine is one of the necessary conditions for further structural restructuring of the economy, increasing the competitiveness of domestic goods and services in world markets and integrating the country into the dynamically changing system of international relations. The globalization of economic relations at the beginning of the 21st century allows us to consider transport as one of the most important integration levers.

The development of various processes, along with growing domestic and international competition, places additional demands on transport in terms of accelerating the movement of goods, improving the quality of transport services, and reducing the transport component in the final price of products.

The transport complex of Ukraine currently provides the overall needs of the national economy and the population in transport services. The structural and institutional transformations of the first stage of market reforms in transport have been practically completed. Legal, economic and administrative mechanisms that regulate transport activities in new socio-economic conditions are being developed. The main goal of state policy in the transport complex is to form a transport system capable of efficiently and safely satisfying the demand for transportation, which is growing in volume and changing in quality, for humans and the environment.

Keywords: logistics, transportation, transport complex, technological connectivity, general economic factors

У сучасних умовах глобалізації та посиленої конкуренції підприємства змушені постійно шукати шляхи підвищення своєї ефективності. Однією з найважливіших складових успішної діяльності підприємства є ефективна логістика, зокрема транспортна логістика, яка забезпечує безперервний рух матеріальних потоків і сприяє досягненню стратегічних цілей компанії.

Транспортна логістика охоплює організацію, планування, контроль і оптимізацію процесів перевезення товарів від постачальника до споживача. Її правильне функціонування дозволяє мінімізувати витрати, підвищити якість обслуговування клієнтів, зменшити час доставки продукції та забезпечити ефективне використання ресурсів. Саме тому вивчення ролі транспортної логістики в структурі підприємницької діяльності є надзвичайно актуальним і важливим.

До завдань транспортної логістики насамперед відносять завдання, вирішення яких посилює узгодженість дій безпосередніх учасників транспортного процесу

Актуальність у вирішенні таких завдань виникає у разі, коли обсяги транспортної роботи виділяються в великий самостійний масив (наприклад, при функціонуванні транспорту загального користування, а також низці випадків транспорту незагального користування).

Зміст транспортного бізнесу визначається вже не так технічною та комерційною експлуатацією транспортних засобів, скільки здатністю ефективно керувати товарними та інформаційними потоками. Таким чином, поряд з кількісним нарощуванням пропускних та провізних можливостей від транспортної системи потрібна реалізація нових транспортних технологій, заснованих на інтеграції технологічних переваг різних видів транспорту, а також на комплексній інформатизації транспортно-розподільчих процесів.

Застосування логістики в транспорті, так само, як і у виробництві або торгівлі, перетворює контрагентів неконкуруючих сторін на партнерів, взаємодоповнюючих один одного в транспортному процесі [1].

Логістика – це єдина техніка, технологія, економіка та планування. Відповідно до завдань транспортної логістики слідусь віднести забезпечення технічної та технологічної сполученості учасників транспортного процесу, узгодження їх економічних інтересів, а також використання єдиних систем планування.

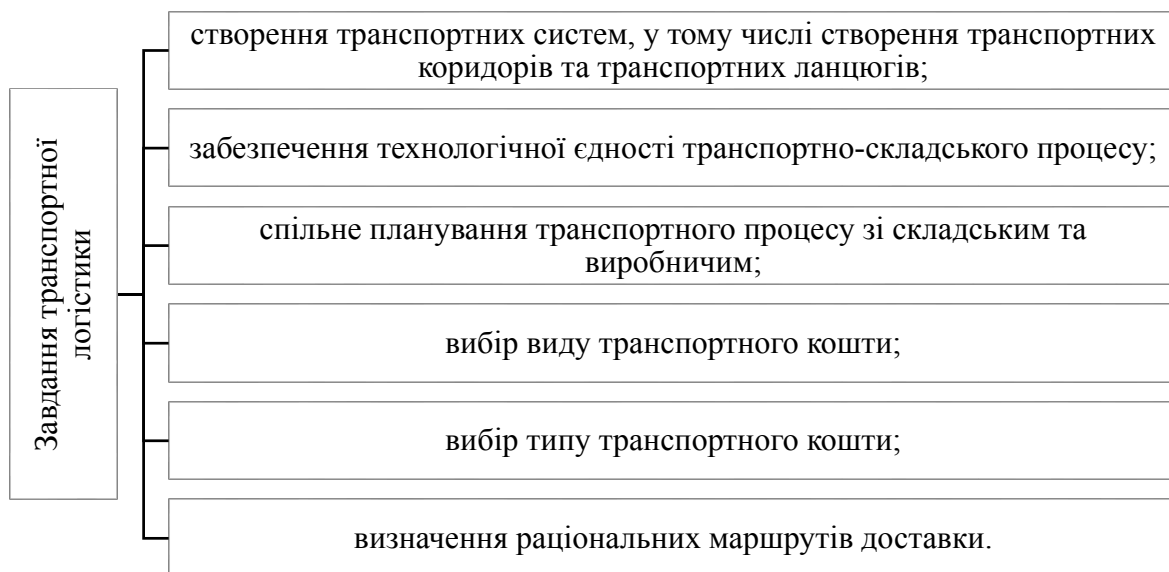


Рисунок 1 – Завдання транспортної логістики

Технічне сполучення в транспортному комплексі означає узгодженість параметрів транспортних засобів як усередині окремих видів, так і в міжвидовому розрізі. Ця узгодженість дозволяє застосовувати модальні перевезення, працювати з контейнерами та вантажними пакетами.

Технологічна сполученість передбачає застосування єдиної технології транспортування, прямі навантаження, без перевантажувальне сполучення.

Економічна сполученість - це загальна методологія дослідження кон'юнктури ринку та побудови тарифної системи. Спільне планування означає розробку та застосування єдиних планів графіків.

Пошуки оптимальних рішень, що дозволяють економіці країни ефективно освоїти необхідні обсяги перевезень за можливо малих витратах коштів, що в даний час відносяться до основних завдань стабілізації та подальшого підйому як промисловості, і сільського господарства. Ступінь задоволення різними видами транспорту потреб суспільства в вантажних та пасажирських перевезеннях неоднакова [2].

Освоєння перевезень, що пред'являються, різними видами транспорту залежить від цілого ряду факторів, основними з яких є наступні:

- характер та рівень розвитку матеріально-технічної бази конкретного виду транспорту, що визначають його можливості освоєння перевезень;
- розміщення транспортних коштів та мережі видів транспорту щодо підприємств та населених пунктів;
- організація перевізного процесу, регулярність перевезень, терміни доставки вантажів та пасажирів.

Кожен вид транспорту має характерні, притаманні тільки йому особливості у розміщенні, технологічному оснащенні, провізних можливостях, різновиді рухомого складу. Для визначення сфер економічно доцільного використання того чи іншого виду транспорту необхідно враховувати як загальногосподарські, і специфічні транспортні чинники.

До загальногосподарських факторів відносяться:

- розміщення та розміри виробництва та споживання, що визначають обсяги та напрямки перевезень та вантажопотоків;
- номенклатура, що випускається продукції, що визначає тип рухомого складу та ритмічність його роботи;
- стан запасів товарно-матеріальних цінностей, що визначає терміновість доставки вантажів.

До специфічних транспортних факторів відносяться:

- розміщення мережі шляхів сполучення;
- умови експлуатаційної роботи, у тому числі сезонність та ритмічність роботи;
- пропускна та провізна здібності;
- технічна та провізна озброєність;
- система організації транспортного процесу.

Розмір цих показників кожному виду транспорту різний. Вона багато в чому залежить від потужності та структури вантажопотоків дальності перевезень, величини відправок, типу рухомого складу, матеріально - технічної бази виду транспорту та інших чинників.

До укладення договору купівлі-продажу необхідно врахувати транспортний фактор і з'ясувати світові ціни на транспортування експортно-імпоротної продукції. Цей фактор характеризує рівень суспільно необхідних витрат на доставку товарів від постачальника до споживача, причому оцінюється ефективність, якісна характеристика транспортного обслуговування по всьому маршруті. У міжнародному товарообміні характеристики можна поділити на кількісні та якісні [3].

Транспортний фактор має значний вплив при встановленні ціни товару. Насамперед — це облік транспортної складової в ціні товару, виходячи з географічного розташування партнерів щодо один одного та центрів міжнародної торгівлі товаром, а також встановлення економічно обґрунтованих тарифів на перевезення вантажів, що відбивають представницький рівень цін у транспортній сфері.

Конкурентний принцип є найбільш характерним, визначаючи величину транспортної складової в експортних та імпорتنих цінах, треба мати на увазі принцип, що діє в товарному обміні, якому транспортні витрати на території постачальника (від місця виробництва товару

до національного кордону експортера) чи покупця (від місця ввезення до місця споживання) впливають на експортні та імпорتنі ціни.

Транспорт органічно вписується у виробничі та торгові процеси. Тому транспортна складова бере участь у багатьох задачах логістики. Водночас існує досить самостійна транспортна область логістики, в якій багатоаспектна узгодженість між учасниками транспортного процесу розглядатися поза прямим зв'язком з пов'язаними виробничо-складськими ділянками руху матеріального потоку.

Транспортна логістика займає провідне місце серед ключових складових логістичної системи підприємства, безпосередньо впливаючи на його конкурентоспроможність та економічну стабільність. Її ефективна організація дозволяє не лише знижувати витрати на транспортування, а й забезпечувати своєчасну доставку товарів, що позитивно впливає на задоволення потреб клієнтів і створення довготривалих партнерських відносин.

Рациональне управління транспортною логістикою забезпечує скорочення витрат на паливо, технічне обслуговування, зниження навантаження на складську інфраструктуру, а також зменшення викидів у навколишнє середовище, що набуває особливого значення в умовах сучасних екологічних викликів.

Отже, транспортна логістика є не лише засобом оптимізації внутрішніх процесів підприємства, а й потужним інструментом стратегічного управління, що сприяє довгостроковому розвитку, підвищенню рентабельності та зміцненню позицій на національному й міжнародному ринку.

Список використаних джерел

1. Connecting to Compete 2016: Trade Logistics in the Global Economy. The Logistics Performance Index and Its Indicators. URL: https://wb-lpi-media.s3.amazonaws.com/LPI_Report_2016.pdf
2. Щербakov В.В. Логістика та управління ланцюгами постачання // Проблеми логістики. 2015. Т. 1, вип. 4. С. 18-126
3. Балан О.С. Моніторинг реалізації продукції в логістичних системах виробничих підприємств: [моногр.] / О.С. Балан, А.А. Балан // Одеса: ОНПУ, ФОП Бондаренко М.О., 2017. – 175 с.

Цимбал Сергій Володимирович — кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: tsymbal_s_v@ukr.net

Мельник Руслана Володимирівна — аспірантка, аспірантка кафедри Автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: ruslaana69@gmail.com

Tsymbal Serhii — PhD in Engeneering, associate professor, head of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: tsymbal_s_v@ukr.net

Melnyk Ruslana — graduate student, graduate student of the Automobile and Transport Management Department, Vinnytsia National Technical University, e-mail: ruslaana69@gmail.com

УДК 656.132

Чуйко С.П.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Енергоефективність перевізного процесу на міських автобусних маршрутах потребує створення універсальної системи управління. Визначені пріоритетні напрямки закономірностей зміни показників транспортної енергоефективності, це технічні і оперативні фактори: довжина перегонів, максимальна потужність двигуна автобуса, коефіцієнт статичного використання пасажиромісткості, дистанційний GPS -моніторинг транспортного процесу, професійні якості водія.

Ключові слова: енергоефективність, автобусний маршрут, моніторинг транспортного процесу.

Energy efficiency of the transport process on city bus routes requires the creation of a universal management system. Priority areas of regularities of changes in transport energy efficiency indicators have been identified, these are technical and operational factors: journey time, maximum bus engine power, static passenger capacity utilization factor, remote GPS monitoring of the transport process, professional qualities of the driver.

Key words: energy efficiency, bus route, monitoring of the transport process.

Ресурсозберігаючі технології та енергоефективність відіграють важливу роль в усіх сферах економіки, знаходяться в центрі уваги суспільства і набули тенденцію до досконалості у підходах з економічних причин.

У Національній транспортній стратегії України на період до 2030 року [1] визначено, що для її впровадження будуть виконані завдання за такими основними напрямками: конкурентоспроможна та ефективна транспортна система; інноваційний розвиток транспортної галузі та глобальні інвестиційні проекти; безпечний для суспільства, екологічно чистий та енергоефективний транспорт; безперешкодна мобільність та міжрегіональна інтеграція.

Ключове повідомлення Четвертого звіту про оцінку (AR4) Міжурядової групи експертів зі зміни клімату полягає в тому, що підвищення енергоефективності є одним із найважливіших інструментів суспільства для боротьби зі зміною клімату.

Транспорт, як один з секторів економіки, що найбільш швидко розвиваються, задовольняє важливу потребу людини в переміщенні і визначає якість життя населення країни. Транспорт є основним споживачем нафтопродуктів (60-70% у структурі світового енергоспоживання) та джерелом глобальних викидів CO₂ (близько 25% загальних викидів).

Основна частка витрати паливно-енергетичних ресурсів приходить на автомобільний транспорт. Автомобільний транспорт є другим за величиною виробником парникових газів у Європейському Союзі. При цьому, пасажирський транспорт складає 63% від загального обсягу споживання палива наземними транспортними засобами. Частка автомобілів у вітчизняній енергетиці споживання транспорту коливається від менш ніж 50% у Норвегії, Іспанії та Греції вище 60% в Австрії, Кіпрі, Данії та Словенії [2].

Отже, на даному етапі актуальним є завдання з підвищення енергоефективності в такій енергоемності, як автомобільний транспорт.

Підвищити енергоефективність можливо досягти шляхом удосконалення дизайну та технологій, що використовуються в нових транспортних засобах, але технологія автомобіля є лише одним із компонентів економії палива. Проведені певні дослідження, які стосуються транспортних засобів малої вантажопідйомності. Це і зрозуміло, оскільки вони становлять найбільшу частку світового транспортного споживання енергії та викидів вуглекислого газу;

також обговорюються екологічні підходи до вантажних автомобілів, джерело парникових викидів, які швидко зростають. Для створення стимулу врахування питання енергоефективності під час купівлі та експлуатації своїх транспортних засобів, необхідні також і політичні критерії розвитку.

Енергетична ефективність на автомобільному транспорті, це певні характеристики, що відображають ставлення корисного ефекту від використання енергетичних ресурсів до витрат енергетичних ресурсів, вироблених з метою отримання такого ефекту стосовно технологічного процесу.

Для того, щоб вирішити проблему енергоємності автобусів на міських маршрутах, необхідно дослідити обсяги споживання паливно-енергетичних ресурсів на виконання транспортної роботи та визначити резерви скорочення споживання палива, можливі напрями інноваційного розвитку та підвищення енергоефективності автобусних міських перевезень. Такий підхід набув особливої гостроти серед автомобільних перевізників через введення в експлуатацію автобусів з кондиціонером. Очевидно, що наявність кондиціонера і його використання в автобусах міських маршрутів все ж підвищує встановлені нормовані витрати палива, і від водія, як оператора управління кондиціонером, також прослідковується залежність дотримання енергоефективної технології перевізного процесу. Управління енергоефективністю при роботі міського автобуса вимагає вивчення факторів енергоефективних ризиків використання кондиціонера, оскільки вони можуть становити значну частину споживання енергії, як з ДВЗ так і у електромобілі [3].

Безперечно, що першочерговим у автомобільних перевезеннях є якість надання послуг, а отже якість підвищує попит. У довгостроковій перспективі хороший рівень обслуговування підвищує завантаженість і, отже, енергоефективність. Управління мобільністю та планування роботи громадського транспорту можуть вплинути на вибір пасажиром безпечнішого виду транспорту [4].

У роботі [5] зазначено, що споживання енергії пов'язане із загальною вагою автомобіля, споживання енергії визначається як функція загальної ваги транспортного засобу, загальної місткості сидінь та рівня зайнятості, які є трьома легко вимірними ключовими характеристиками на основі конструкції та використання автомобіля.

Координація громадського транспорту міста також впливає на енергоефективність автобусів. Це взаємодія, оперативне втручання при завантаженості перегонів, місць підвищеної концентрації пасажирів, регулювання при аварійних ситуаціях.

Рівень економічності енергоспоживання при перевезенні пасажирів міським автобусом доцільно визначати шляхом оцінки енергоємності транспортного процесу - кількість пального, яке витрачається на виконання одиниці транспортної роботи за відомою методикою.

Значні зручності надають програмні забезпечення супутникового GPS моніторингу, які призначені для відстеження та контролю транспортних засобів. З огляду на енергоефективність, такі комплекси дозволяють ефективно контролювати та оптимізувати роботу транспорту. Це місцезнаходження громадського транспортного засобу відповідно до маршруту, інформація про виконання графіка руху, інформація для водія про час тощо.

У вересні місяці 2024 року було проведено інтернет-опитування представників 65% підприємств-перевізників, які обслуговують міські автобусні маршрути в м. Житомирі, щоб дізнатися погляди на енергоефективність. Більшість (60%) підприємств традиційно відстежують витрати палива, записуючи пробіг і кількість палива під час заправки в бак. До 40% підприємств додатково використовують розширений постійний моніторинг за допомогою телематичного обладнання підприємства «Дозор Україна».

Зазвичай споживання палива контролюється на рівні автомобіля, але 45% респондентів також контролюють його на рівні водія та 5% на рівні маршруту. Характерно, що підвищений контроль додаткового застосування програмного продукту здійснюють у тих підприємствах, де використовуються автобуси з більшою пасажиромісткістю. Разом з тим, на окремих

підприємствах (20%) стимулюють екологічне водіння, сприяють у використанні маловагових автобусів і розширений розклад руху в залежності від «пікових» годин.

Енергоємність транспортної роботи залежить, зокрема, від: довжини перегону, пасажиромісткості автобуса, коефіцієнта використання пасажиромісткості, складності маршруту, типу двигуна встановленого на транспортному засобі, узгодження норм витрат пального з технічним станом автотранспортних засобів та умовами їх експлуатації, удосконалення оперативного планування і управління перевезеннями. удосконалення перевізного процесу, підвищення рівня кваліфікації водіїв та обслуговуючого персоналу.

Визначено резерви по оптимізації енергоефективності автобусів на міських маршрутах шляхом інноваційних підходів моніторингу транспортного процесу, опитуванні автобусних операторів, складності маршруту, аналізу статистичних даних. Представлені рекомендації щодо підвищення енергоефективності та посилення провідної ролі державного сектору.

Список використаних джерел

1. Розпорядження Кабінету міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р «Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text>.

2. Чуйко С.П., Кравченко О.П. Спрямування на підвищення енергоефективності міського маршрутного транспорту // Матеріали XII-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 16-18 квітня 2024 р. ВНТУ- м. Вінниця. - С. 352 – 356.

3. Чуйко С.П. Ключові фактори енергоефективності міського автобуса. Збірка тез Третьої міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури», 5-7 грудня 2023 року. ДП «Державний автотранспортний науково-дослідний і проєктний інститут»- м. Київ. С. 346-349.

4. A. Hnatov , Shch. Arhun and S. Ponikarovska. Energy saving technologies for urban bus transport. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. Volume 14, Issue 4 pp. 4649-4664. December 2017. <https://doi.org/10.15282/ijame.14.4.2017.5.0366>.

5. Liu, H., Xu, Y. “., Stockwell, N., Rodgers, M. O., & Guensler, R. (2016). A comparative life-cycle energy and emissions analysis for intercity passenger transportation in the U.S. by aviation, intercity bus, and automobile. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 48, 267-283. doi:10.1016/j.trd.2016.08.02.

Чуйко Сергій Петрович – док. філос., доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка», 10005, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103. e-mail: expertauto@ukr.net

Chuyko Serhiy Petrovych – PhD, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, Zhytomyr, str. Chudnivska, 103. e-mail: expertauto@ukr.net

УДК 656.1 : 658 : 62-5.007

Шарай С.М., Сахно В.П., Рой М.П., Поляков В.М.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ ЗАМОВЛЕНЬ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ

З метою підвищення ефективності виконання замовлень на перевезення вантажів рухомим складом автомобільного транспорту, які надходять автотранспортним підприємствам, розглядаються критерії, що покладені в основу розподілу замовлень при взаємодії автотранспортних підприємств у своїй діяльності.

Ключові слова: замовлення на перевезення, автотранспортне підприємство, взаємодія, коефіцієнт сумісності замовлень, коефіцієнт концентрації замовлень, коефіцієнт нерівномірності, коефіцієнт часової упорядкованості.

In order to increase the efficiency for fulfillment the orders for the transportation of goods by rolling stock of road transport, which are received by road transport enterprises, the criteria that form the basis for the distribution of orders during the interaction of road transport enterprises in their activities are considered.

Key words: order for transportation, road transport enterprise, interaction, order compatibility coefficient, order concentration coefficient, unevenness coefficient, coefficient of orderliness in time.

Для виконання замовлень на перевезення вантажу, які надходять автотранспортному підприємству, необхідною є наявність у підприємства достатньої кількості автотранспортних засобів відповідного типу та вантажопідйомності. Підприємство не завжди має такий ресурс, а якщо воно співпрацює з іншими транспортними підприємствами в межах взаємовигідної кооперації, замовлення може бути передане партнеру по взаємодії для забезпечення його виконання. Взаємодія декількох автотранспортних підприємств передбачає об'єднання замовлень на виконання перевезень з метою більш ефективного їх перерозподілу і виконання [1-3].

Розподіл замовлень на виконання перевезень вантажу між автотранспортними підприємствами, які взаємодіють між собою, можливо здійснити на основі розрахунку критеріїв, якими визначається сумісність замовлень, їх концентрація на певній території, нерівномірність та упорядкованість у виконанні таких замовлень [4].

Сумісність замовлень враховується коефіцієнтом сумісності замовлень, який характеризує сумісність виконання замовлень у певній послідовності. Найвище значення цього коефіцієнту становить 1, що відповідає цілковитій сумісності замовлень. Менше значення цього коефіцієнту буде відповідати меншій або частковій сумісності.

Коефіцієнт концентрації замовлень залежить від тривалості та періоду планування на виконання замовлень, які надійшли до автотранспортного підприємства від декількох вантажовідправників та вантажоодержувачів. Цей коефіцієнт відображає час, необхідний для виконання їздки з вантажем або без нього. Його відхилення від 1 вказує на ступінь сприятливості умов для організації та виконання транспортного процесу.

Замовлення на виконання перевезень вантажу відрізняються часом на їх виконання, який може мати різні часові межі. Часову нерівномірність у виконанні замовлень на перевезення можна оцінити коефіцієнтом нерівномірності, який враховує лише час на виконання замовлення без врахування часу на виконання будь-яких інших операцій. Мінімальне значення цього коефіцієнту становить 1. Його оптимальне значення буде відповідати рівню взаємодії автотранспортних підприємств.

Коефіцієнт часової упорядкованості відтворює взаємозалежність замовлень. Він може бути використаний для визначення пріоритету виконання замовлення, яке заплановане в

певний період часу. Упорядкованість виконання замовлень у часі здійснюється за пріоритетами, якими передбачається, що найвищий пріоритет визначається за коефіцієнтом сумісності. Якщо є декілька замовлень, які не відрізняються за коефіцієнтом сумісності, тоді пріоритет виконання замовлення встановлюється за коефіцієнтом концентрації. Перевагу матиме замовлення, для якого коефіцієнт концентрації наближається до свого максимуму.

Для виконання замовлень на перевезення вантажу автотранспортному підприємству може бути недостатньо власного рухомого складу. Після визначення коефіцієнту сумісності замовлень, підприємство може розглянути можливість передачі певної частки замовлень своєму партнерові по взаємодії або оренди у нього автотранспортних засобів для виконання замовлення. В такому випадку ефективність виконання замовлень буде забезпечена автотранспортними підприємствами, які взаємодіють між собою, а кожне із них отримає прибуток від такої взаємодії. При зменшенні коефіцієнта сумісності замовлень більший прибуток відповідає використанню підприємством власних та орендованих автотранспортних засобів. При взаємодії автотранспортних підприємств високий прибуток буде мати місце для всіх партнерів по кооперації. Визначено, що при значенні коефіцієнту сумісності замовлень на перевезення вантажу, близькому до 1, автотранспортне підприємство може мати максимальний прибуток. При цьому не всі замовлення можуть виконуватись одним підприємством, а частина їх може бути передана в межах взаємодії іншому автотранспортному підприємству. При значенні коефіцієнту сумісності замовлень, близькому до 0,2, автотранспортне підприємство може усі замовлення виконувати власними або орендованими автотранспортними засобами (рис. 1).

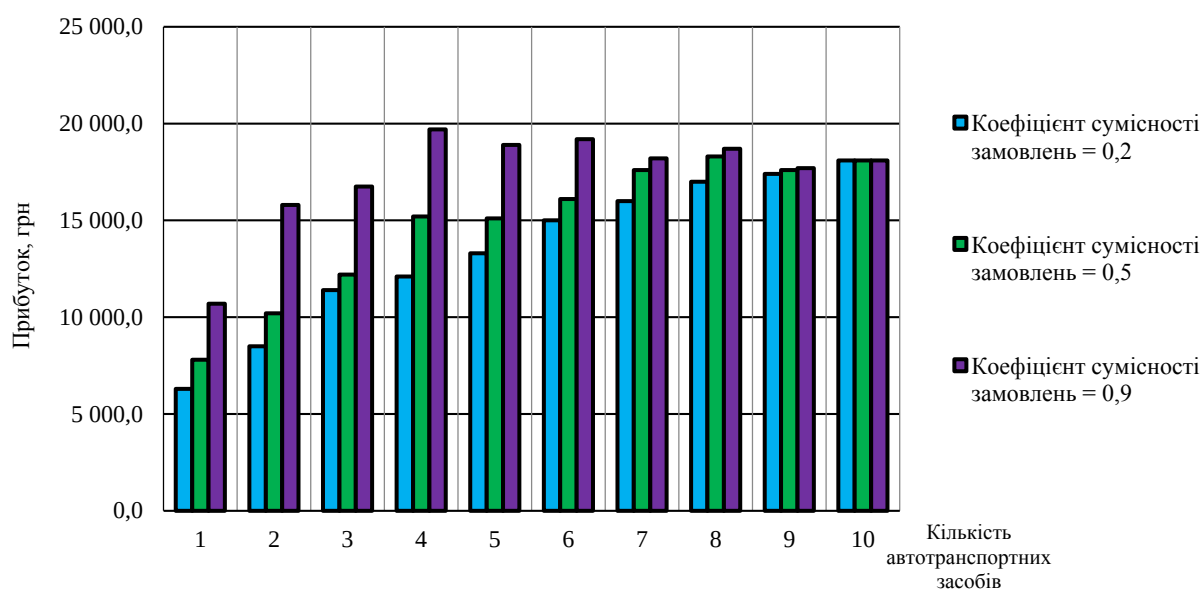


Рисунок 1 – Прибуток автотранспортного підприємства при різних значеннях коефіцієнту сумісності замовлень

Ефективність виконання замовлень на перевезення вантажу залежить від своєчасності їх виконання у повному обсязі, від якості та надійності надаваної послуги, від тривалості виконання замовлення тощо. Сумісність виконання замовлень на перевезення вантажу залежить від упорядкованості їх виконання, від їх концентрації на певній транспортній мережі. Тому можливість взаємодії автотранспортних підприємств при виконанні замовлень послугоуватиме підвищенню ефективності їх виконання та збільшенню прибутку для усіх партнерів по взаємодії. Коефіцієнт сумісності замовлень вказує на доцільність взаємодії автотранспортних підприємств, оскільки прибуток таких підприємств залежать від його чисельного значення.

Список використаних джерел

1. Cruijssen F., Cools M., Dullaert W. Horizontal cooperation in logistics: Opportunities and impediments. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2007. No 43(2). P. 129–142. doi: 10.1016/j.tre.2005.09.007.
2. Gansterer M., Hartl R., Vetschera R. The cost of incentive compatibility in auction-based mechanisms for carrier collaboration. *Networks*. 2019. No 73(4). P. 490–514. doi: 10.1002/net.21828.
3. Ganstererand M., Hartl R.F. Collaborative vehicle routing: A survey, *Eur. J. Operational Research*. 2018. No 268. P. 1–12. doi: 10.1016/j.ejor.2017.10.023.
4. Olishevych M. Dynamic scheduling of highway cargo transportation ICCPT 2019. *Proceedings of 1st Internat. Scientific Conference «Current Problems of Transport 2019»* (Ternopil. May, 2019). Ternopil, Ukraine, 2019. P. 141-151. doi: 10.1007/s10489-006-0033-z.
5. Рой М.П. Метод оптимізації інтегрованого транспортного процесу вантажних автомобільних перевезень. *Вчені записки Таврійського НУ ім. В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*. 2020. № 31 (70). №5. С. 220-227. doi: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.5/36>.

Шарай Світлана Михайлівна – к.т.н., доцент, професор кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: svetasharai@gmail.com

Сахно Володимир Прохорович – д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: svp_40@ukr.net

Рой Максим Петрович – доктор філософії, доцент, доцент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: 7569027@ukr.net

Поляков Віктор Михайлович – к.т.н., доцент, професор кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

Svitlana Sharai – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of International Transport and Customs Control, National Transport University, Kyiv, e-mail: svetasharai@gmail.com

Volodymyr Sakhno – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Automobiles, National Transport University, Kyiv, e-mail: svp_40@ukr.net

Maksym Roi – Doctor of Philosophy, Associate Professor, Associate Professor of the Department of International Transport and Customs Control, National Transport University, Kyiv, e-mail: 7569027@ukr.net

Victor Poliakov – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Department of Automobiles, National Transport University, Kyiv, e-mail: poljakov_2006@ukr.net

УДК 656.13

Шевчук Є.В., Наглюк І.С.

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ВВЕДЕННЯ СВІТЛОФОРНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ НА ПЕРЕХРЕСТІ

В статті обговорюються проблеми визначення необхідних та достатніх умов введення світлофорної сигналізації на перехрестях.

Найбільш важливим заходом з точки зору визначення цих умов є вдосконалення існуючих норм (критеріїв), розробка нових, які б більш точно відповідали місцевим транспортним умовам та враховували всю множинну факторів руху транспортних засобів через перехрестя.

Ключові слова. Світлофорна сигналізація, світлофорне регулювання, перехрестя, інтенсивність, затримки транспортних засобів, вулично-дорожня мережа (ВДМ), пропускна спроможність, критерії введення, дорожньо-транспортна пригода (ДТП).

The paper discusses the problem of determining necessary and sufficient conditions for the introduction of traffic lights signal at the crossroads.

The most important measure to definite of these conditions is to improve the existing standards (criteria) and to develop new ones more closely corresponding to local transportation conditions and taking into account the variety of factors of vehicles movement in the crossroads.

Key words: traffic lights signal, traffic lights control, crossroads, the intensity, the delays of vehicles, urban road network (URN), traffic capacity, the criteria for the introduction, road accident (RA).

Негативні наслідки автомобілізації останнім часом охопили більшість розвинених у промисловому відношенні країн. У зв'язку з цим виникає ряд серйозних проблем економічного, соціального й екологічного характеру. Особливо характерні ці проблеми для великих міст. Одним з шляхів комплексного рішення цих проблем є підвищення ефективності функціонування транспортної системи в цілому за рахунок застосування новітніх технологій, подальша інтелектуалізація систем і методів автоматизованого управління дорожнім рухом. Основним методом такого управління сьогодні є світлофорне регулювання на перехрестях вулично-дорожньої мережі міст.

Необхідність введення світлофорного регулювання на конкретному перехресті визначається за допомогою деяких критеріїв, в основу яких закладені інтенсивності транспортних потоків, що перетинаються та наявності на даному перехресті дорожньо-транспортних пригод (ДТП).

Значення інтенсивностей транспортних потоків, що перетинаються регламентовано відповідними нормативними документами. Крім цього, світлофорне регулювання може бути здійснене при великих інтенсивних пішохідних потоках до місць тяготіння (кінотеатрів, стадіонів, великих торгових і промислових об'єктів і т.д.) чи при перетині дороги школярами в зоні розміщення шкіл.

Доцільність застосування світлофорного регулювання визначається на основі аналізу втрат, пов'язаних з затримками транспортних засобів на перехрестях. Ці втрати залежать як від інтенсивності руху прямому та перетинаючому напрямках, так і від прийнятих режимів роботи світлофорів відповідно вже на регульованому перехресті [1].

В провідних країнах світу (США, Канада, Німеччина, Японія) основним параметром введення світлофорного регулювання вважається величина інтенсивності транспортних потоків що перетинаються на одному рівні (рис. 1) [2].

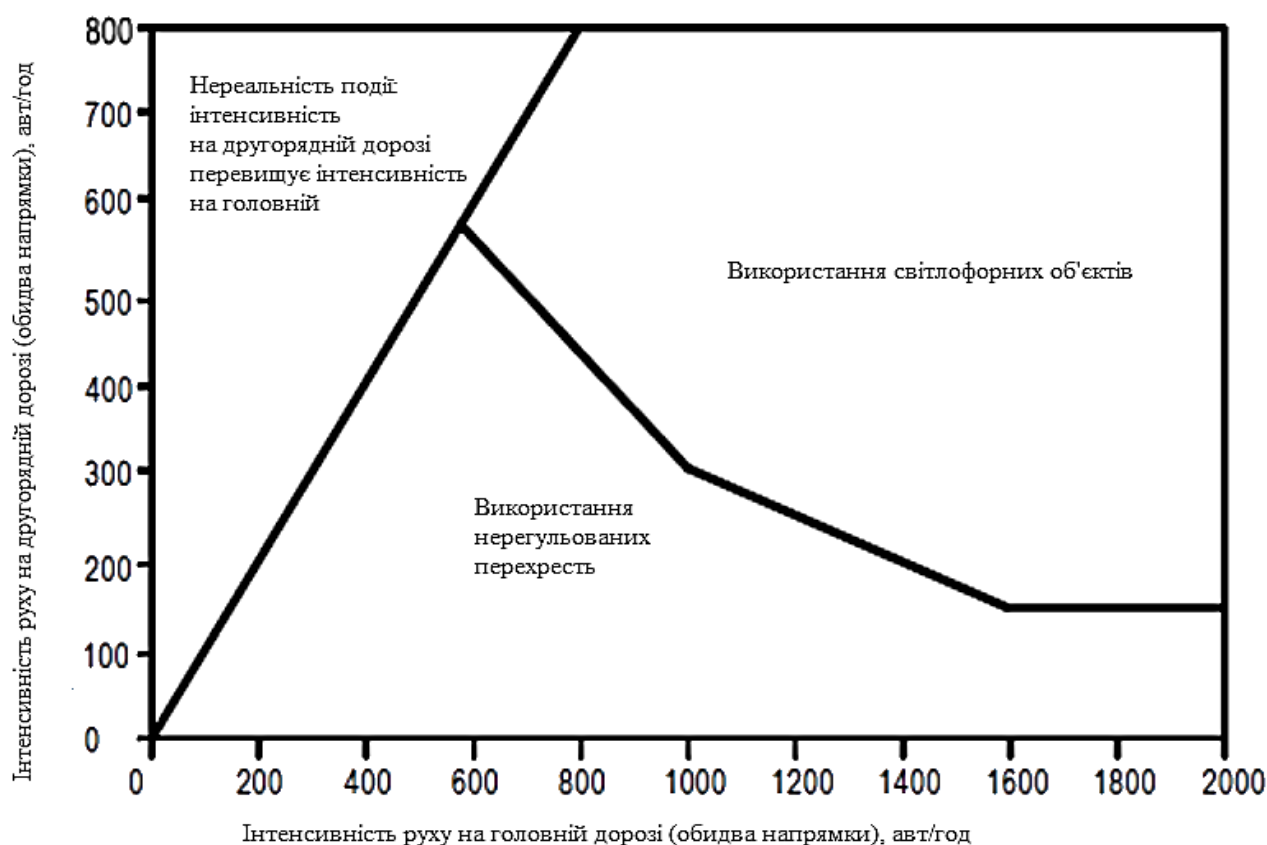


Рисунок 1 – Умови необхідності використання СС на перехрестях

Організація дорожнього руху на перехрестях обумовлюється інтенсивністю руху транспортних потоків на них. У разі, коли інтенсивність руху на перехресті відносно мала, перехрестя може функціонувати як нерегульоване. При цьому ефективність функціонування такого перехрестя обумовлюється достатньою кількістю смуг руху на підходах до перехрестя, а також каналізуванням транспортних потоків. У разі, коли інтенсивність руху збільшується і досягає визначених значень, організація руху на перехресті на одному рівні стає можливим лише при використанні світлофорної сигналізації.

Введення світлофорного регулювання ліквідує найбільш небезпечні конфліктні точки, що сприяє підвищенню безпеки руху. Разом з тим поява світлофора на перехресті викликає транспортні затримки на головній дорозі, часом вельми значні із-за характерної для цієї дороги високої інтенсивності руху та домінуючого в наш час зокрема в нашій країні жорсткого програмного регулювання.

Таким чином, введення світлофорного регулювання є не завжди виправданим і залежить від багатьох факторів.

В наш час в містах України рівень насичення світлофорними об'єктами вулично-дорожньої мережі значно нижчий, ніж в містах Західної Європи, США, Канади, Японії, Китаю. В той же час швидке збільшення автомобільного парку, що спостерігається в нашій країні, неминуче приведе до зростання рівня насичення засобами регулювання українських міст.

В такій складній ситуації в нашій країні та й в принципі у всьому світі, в умовах над швидкого зростання числа автомобілів на вулицях, практично немає достатньо чітких нормативів і правил, які б однозначно, в кожній життєвій ситуації, враховуючи місцеві умови, давали відповідь на запитання «потрібно чи не потрібно вводити світлофорну сигналізацію на тому чи іншому перехресті?».

У зв'язку з цим постає гостра необхідність у розробці більш точних чи у суттєвому вдосконаленні існуючих норм (критеріїв) стосовно необхідності введення світлофорної сигналізації на перехрестях.

Проаналізувавши літературні джерела, якими керуються спеціалісти в нашій та зарубіжних державах виявилось, що основними параметрами для критеріїв введення світлофорної сигналізації є наступне [3]:

- пропускна спроможність перехрестя (поєднання критичних інтенсивностей на головній та другорядній дорогах);
- аварійність на перехресті (кількість ДТП за рік);
- величини транспортних затримок;
- техніко-економічний аналіз функціонування перехрестя (порівняння втрат народного господарства на перехресті зі світлофорним регулюванням та без нього).

Основними об'єктами та умовами, для яких характерне введення світлофорного регулювання на ВДМ являються:

- різноманітні перехрестя на одному рівні;
- пішохідні переходи;
- залізничні переїзди;
- дороги або ділянки доріг з реверсивним рухом;
- дороги з одностороннім рухом;
- місця концентрації ДТП;
- місця проведення ремонтних робіт;
- різноманітні дорожні умови де необхідне введення світлофорної сигналізації викликної дії.

Теоретичні граничні умови застосування світлофорної сигналізації можуть бути визначені виходячи з мінімуму втрат, пов'язаних з затримками на перехрестях, які залежать від інтенсивності руху в прямому і протилежному напрямках та прийнятих режимів роботи світлофорів. З іншого боку існує методика визначення необхідності введення світлофорної сигналізації на перехресті, яка заснована на визначенні пропускної спроможності перехрестя, тобто на визначенні критичних співвідношень інтенсивностей на головній та другорядній дорогах.

Оцінка ефективності (обслуговування) транспортно-дорожнього комплексу в цілому і регульованого перехрестя зокрема вимагає наявності якісних заходів, що характеризують рівні стану управління транспортним потоком.

Рівень обслуговування (Level of Service - LOS) - це якісна міра, яка пояснює ситуацію, що склалася в транспортному потоці, використовуючи при цьому такі характеристики, як швидкість та час транспортування, свободу маневру, переривання транспортного потоку, а також зручність і вигоду у використанні даної ділянки ВДМ [4].

В даний час для кожного виду елемента ВДМ існує кілька ступенів рівня обслуговування, за наявності спеціальної процедури аналізу цього елемента.

Кожен рівень являє собою діапазон станів управління руху, а також оцінку сприйняття цього діапазону станів водієм (пішоходом, велосипедистом). Так, наприклад, рівень обслуговування для регульованого перехрестя визначається за допомогою величини затримки регулювання, яка призводить до подразнення водіїв, надмірній витраті палива, і збільшенні часу кореспонденції.

Затримка, яку відчуває водій, складається з ряду факторів, пов'язаних з геометричними особливостями перехрестя, режимом регулювання, інтенсивністю прибуття транспортних засобів до даного регульованого перехрестя [5].

Величина транспортної затримки визначається, як різниця в часі при порівнянні руху автомобіля через регульоване перехрестя і вільного руху на цій же ділянці без впливу світлофорного регулювання на транспортний потік.

Застосування світлофорного регулювання на перехрестях дає економічний ефект у тому випадку, якщо загальні втрати часу будуть меншими втрат при нерегульованому русі. При цьому необхідно враховувати вимоги безпеки руху [6].

Відомо, що загальні втрати часу при регульованому русі зростають при збільшенні тривалості забороняючих сигналів світлофора та інтенсивності руху.

Звідси можна визначити граничні значення цих величин, при яких втрати в умовах регульованого і нерегульованого руху будуть однаковими. Встановивши таку границю, можна визначити і критичну інтенсивність руху, при якій введення світлофорного регулювання є економічно виправданим

$$td(u)(N) = td(r)(N) \\ N = \text{function } (td(u), td(r))$$

N - критична інтенсивність транспортного потоку при економічно обґрунтованому встановленні світлофора, авт./год.;

$td(u)$ - величина затримки транспорту на нерегульованому перехресті, с;

$td(r)$ - величина затримки транспорту на регульованих перехрестях, с.

Список використаних джерел

1. Powell T. (2001). The Transport System: Markets, Modes and Policies. *PTRC Education and Research Services Ltd*, 302-306.
2. Olszewski P. S. (1988). Efficiency of Arterial Signal Coordination. *Proceedings 14th ARRB Conference*, 249-257.
3. National Research Council. (2009) Highway Capacity Manual. *Highway Research Board Special Report*, Washington D.C., 498.
4. Hobbs F. D., Richardson B. D. (1967). Traffic engineering. *Pergamon Press, Oxford, London*, 102.
5. Taylor Michael A.P. (2002). Transportation And Traffic Theory In The 21st Century. *Proceedings of the 15th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Adelaide, Australia, 16-18 July 2002*, 415.
6. Teply S. (1995). Canadian Capacity Guide for Signalized Intersections. *Committee Canadian Capacity Guide for Signalized Intersections, Second Edition*, 117.

Шевчук Євгеній Вікторович – магістр, аспірант кафедри організації та безпеки дорожнього руху Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Наглюк Іван Сергійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри організації та безпеки дорожнього руху Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Yevhenii Shevchuk – magistr, aspirant kaf. of organization and traffic safety Kharkiv National Automobile and Highway University

Ivan Nahliuk - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. kaf. of organization and traffic safety Kharkiv National Automobile and Highway University

УДК 629.113

Шевчук В.В., Піндер В.Ф., Бачинська І.В.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ПІД ЧАС РУХУ КРИВОЛІНІЙНИМИ ДІЛЯНКАМИ ДОРОГИ

Проведенні дослідження параметрів поперечної стійкості вантажних автомобілів класу N2, які призначені для перевезення вантажів повною масою від 3,5 до 12 т під час їх руху криволінійними ділянками дороги.

Визначено критичну швидкість заносу та перекидання, для заданого радіусу повороту з урахуванням поперечного нахилу проїзної частини дороги та зміщення поперечної координати центра тяжіння.

Ключові слова: вантажний автомобіль, поперечна стійкість, особливі умови руху, швидкість руху, радіус повороту.

The study investigated the parameters of lateral stability in N2-class trucks, designed for transporting cargo with a gross vehicle weight from 3.5 to 12 tons, while driving on curved road sections.

The critical skidding and rollover speeds were determined for a given turning radius, taking into account the cross slope of the roadway and the lateral displacement of the center of gravity.

Key words: truck, lateral stability, special driving conditions, speed, turning radius.

Безпека дорожнього руху забезпечується нормальним функціонуванням всіх складових системи «водій – автомобіль – дорога – середовище» (ВАДС). Недостатня надійність будь-яких елементів цієї системи (дисципліна учасників руху, незадовільний технічний стан автомобілів, проїзної частини, погодні умови) є причиною дорожньо-транспортних пригод.

Згідно зі статистичними даними, значна кількість дорожньо-транспортних пригод, стається з втратою автомобілем стійкості при поперечному (боковому) ковзанні. При цьому часто зустрічаються випадки, коли автомобіль, який ковзає в поперечному напрямку, виїжджає на смугу зустрічного руху і за межі проїзної частини. У разі потрапляння під колеса автомобіля під час поперечного ковзання перешкоди, що різко зменшує ковзання, то можливе і перекидання [1, 5].

Отже, визначення параметрів поперечної стійкості автомобілів, особливо під час руху криволінійними ділянками дороги є актуальним завданням.

Під стійкістю автомобіля розуміється здатність транспортного засобу зберігати рух по заданій траєкторії, протидіючи силам, що призводять до заносу (бічному ковзанню) і перекиданню при різних дорожніх умовах. Особливо важлива ця властивість під час руху ділянками проїзної частини з підвищеною слизькістю проїзної частини на підвищених швидкостях [2, 3].

Дослідження параметрів поперечної стійкості вантажних автомобілів під час руху криволінійними ділянками дороги здійснювали для транспортних засобів класу N2, які призначені для перевезення вантажів повною масою від 3,5 до 12 т.

Питання стійкості руху вантажних автомобілів класу N2 по криволінійних ділянках доріг з урахуванням підвищених швидкостей, погодних умов є актуальним, оскільки змінна динаміки автомобіля по криволінійних трасах призводить до зміни параметрів стійкості автомобіля, особливо під час руху з вантажем.

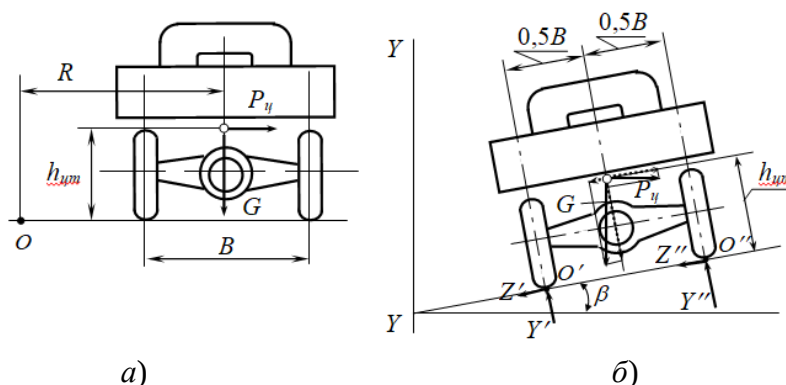
Критична швидкість руху на повороті дороги, за якої відбувається ковзання коліс або перекидання автомобіля, залежить від центру тяжіння автомобіля та ширини колії [2].

Під час руху криволінійними ділянками дороги з центром повороту O і радіусом R (рис. 1, а), відцентрова сила намагається викликати рух юзом (занос) або перекидання автомобіля [1, 3].

Отже моменти сил, що діють відносно точки опори коліс, визначають початок перекидання автомобіля:

$$P_{\text{ц}} h_{\text{цт}} = G \frac{B}{2}, \quad (1)$$

де $P_{\text{ц}}$ – відцентрова сила інерції, Н; $h_{\text{цт}}$ – висота центра тяжіння автомобіля, м; G – вага автомобіля, Н; B – ширина колії, м.



а) на горизонтальній площині; б) на дорозі з поперечним ухилом

Рисунок 1 – Схема сил, що діють на автомобіль на граничному поперечному схилі

Критична швидкість руху автомобіля на повороті (м/с²), за якої розпочинається перекидання, визначається за формулою:

$$V_{\text{max}} = \sqrt{\frac{BRg}{2h_{\text{цт}}}}. \quad (2)$$

Отже, аналізуючи залежність (2), варто відмітити, що під час вибору безпечної критичної швидкості руху необхідно врахувати радіус повороту R і центр тяжіння $h_{\text{цт}}$, а також особливості вантажу який перевозиться.

Під час дослідження поперечної стійкості вантажних автомобілів необхідно врахувати поперечний ухил профілю β проїзної частини дороги на заокругленнях (рис. 1, б). За умови, коли поперечний ухил дороги β спрямований від центру заокруглення, тоді бокова складова $G \sin \beta$ ваги автомобіля та складова $P_{\text{ц}}$ відцентрової сили діють в одному напрямку, що може призвести до засосу або перекидання. У випадку поперечного нахилу проїзної частини до центра заокруглення, сили $G \sin \beta$ та $P_{\text{ц}}$ спрямовані в різні сторони, в результаті чого стійкість автомобіля на повороті підвищується [2-4].

Отож, якщо поперечний ухил проїзної частини спрямований від центру заокруглення, тоді критична швидкість руху автомобіля:

$$V_{\text{max}} = \sqrt{gR \frac{\tan \beta_n - \tan \beta}{1 + \tan \beta_n \tan \beta}}. \quad (3)$$

Враховуючи, що поперечний ухил проїзної частини, що зустрічається на дорогах, які погано обслуговуються, суттєво впливає на величину граничної швидкості, а в свою чергу є причинною ДТП.

Під час визначення безпечної швидкості руху на криволінійних ділянках дороги з поперечним ухилом оцінюємо, враховуючи значення коефіцієнта поперечного зчеплення, що забезпечує стійкість автомобіля проти перекидання і заносу.

Безпечну максимальну швидкість руху автомобіля на криволінійній ділянці дороги, за якої забезпечується стійкість автомобіля проти заносу V_z (км/год), визначаємо за формулою:

$$V_z = 3,6 \sqrt{g \cdot R \left(\varphi_y + \frac{i_{non}}{100} \right)}, \quad (4)$$

де R – радіус заокруглення ділянки дороги, м; φ_y – коефіцієнт поперечного зчеплення коліс з дорогою ($\varphi_y = 0,7\varphi$, де φ – коефіцієнт повздовжнього зчеплення коліс з дорогою); i_{non} – поперечний ухил на криволінійній ділянці дороги, %; 3,6 – коефіцієнт переведення швидкості з м/с у км/год;

Критичну швидкість (максимально допустиму) руху на криволінійній ділянці дороги за умови перекидання автомобіля V_{nep} (км/год) визначаємо за формулою:

$$V_{nep} = 3,6 \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot B}{2 \cdot h_{um}}}, \quad (5)$$

де B – ширина колії транспортного засобу, м; h_{um} – висота центра тяжіння автомобіля, м.

Для визначення параметрів поперечної стійкості вантажних автомобілів під час руху криволінійними ділянками дороги враховували конструктивні параметри вантажного автомобіля класу N2.

Таблиця 1 – Результати визначення критичної швидкості заносу V_z та перекидання V_{nep} вантажного автомобіля класу N1

Радіус заокруглення ділянки дороги, R , м	Поперечний ухил, i , %	Критична швидкість заносу автомобіля, V_z , (км/год)			Критична швидкість перекидання автомобіля, V_{nep} , (км/год)	
		сухий асфальт $\varphi = 0,8$	мокрый асфальт $\varphi = 0,5$	ожеlediця $\varphi = 0,2$	висота центра тяжіння автомобіля $h_{um} = 0,56$ м	висота центра тяжіння автомобіля $h_{um} = 0,6$ м
20	0,03	45,1	35,3	22,5	55,3	62,1
40		63,8	49,9	31,9	78,3	87,7
60		78,1	61,1	39	95,8	107,5
80		90,2	70,3	45,1	110,7	124,1
100		100,8	78,9	50,4	123,7	138,8
120		110,4	86,4	55,2	135,5	152,03

За результатами досліджень, будемо графік залежності критичної швидкості заносу V_z та перекидання V_{nep} залежно від радіуса повороту R під час руху в особливих умовах (тип дорожнього покриття – асфальтобетонне; коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою сухе покриття $\varphi = 0,7$, мокре покриття – $\varphi = 0,5$ та ожеlediця – $\varphi = 0,2$; поперечний ухил на криволінійній ділянці дороги, $i_{non} = 0,03$ %, висота центра тяжіння автомобіля $h_{um} = 0,56$ м, ширина колії транспортного засобу $B = 1,82$ м).

Під час визначення критичних швидкостей заносу та перекидання необхідно врахувати особливості вантажу, який перевозиться транспортними засобами.

Аналізуючи залежності критичної швидкості заносу V_z (км/год) (рис. 2), для заданих радіусів повороту з урахуванням поперечного ухилу проїзної частини, варто відмітити, що за умови коли радіус повороту менше 80 м для забезпечення безпечного проїзду криволінійних ділянок доріг необхідно обмежувати швидкість транспортних засобів, зокрема вантажних автомобілів класу N2 до безпечної, залежно від стану дорожнього покриття.

Для сухого покриття, коефіцієнт зчеплення дорожнього покриття в діапазоні $\varphi \approx 0,7-0,9$, безпечна швидкість транспортного засобу не повинна перевищувати 90 км/год; за умови мокрого покриття ($\varphi \approx 0,4-0,6$) – швидкість не повинна перевищувати 70 км/год; під час ожеlediці ($\varphi \approx 0,1-0,2$) – 45 км/год.

Залежність критичної швидкості перекидання V_{nep} (км/год) від радіуса повороту R визначали за умови ширина колії транспортного засобу та висоти центра тяжіння автомобіля.

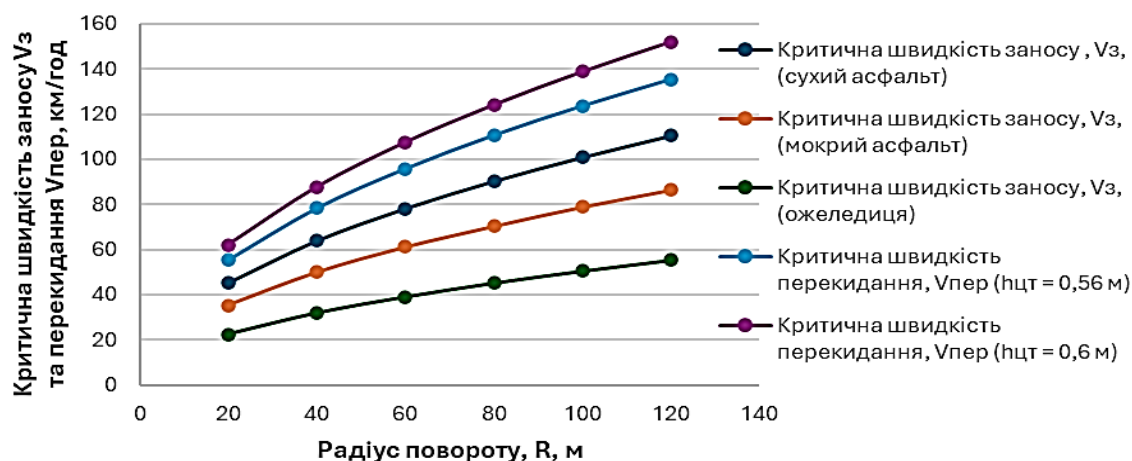


Рисунок 2 – Залежності критичної швидкості заносу V_z та перекидання $V_{пер}$ від радіуса повороту R в особливих умовах руху

Встановлено, що зі зміщенням центра ваги автомобілів стійкість транспортних засобів погіршується, відповідно під час руху транспортних засобів криволінійними ділянками дороги, критична швидкість перекидання $V_{пер}$ зменшується.

Список використаних джерел

- Ірина БАЧИНСЬКА, Віктор ШЕВЧУК. Дослідження безпечності ділянок дорожньої мережі за коефіцієнтом безпеки. Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 13 грудня 2024 року. Львів: ЛДУБЖД, 2024. С. 180–181.
- Р.М. Рогатинський, О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко, Р.В. Хорошун, В.В. Шевчук. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. Львів. 2023. Вип. №28. С. 115–122.
- Лобашов А. О. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч. посіб. / О.О. Лобашов, О.В. Прасолєнко; Харк. нац. акад. міськ. Госп-ва. Харків: ХНАМГ, 2011. 221 с.
- М. Oliskevych, S. Kovalyshyn, M. Magats, V. Shevchuk, O. Sukach. The optimization of trucks fleet schedule in view of their interaction and restrictions of the european agreement of work of crews. Transport problems. 2020, Volume 15, Issue 2.
- Шевчук В.В., Сукач О.М., Миронюк О.С. Засоби організації дорожнього руху. Дорожні знаки: навч. посіб. Вид. 2-ге, доповнене /. Львів: Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2024. 130 с.: іл.

Шевчук Віктор Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри експлуатації транспортних засобів та пожежно-рятувальної техніки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

Піндер Володимир Федорович – доктор філософії, доцент кафедри експлуатації транспортних засобів та пожежно-рятувальної техніки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

Бачинська Ірина Володимирівна – здобувач освіти факультету пожежної та техногенної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності

Viktor Shevchuk – PhD (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Vehicle Operation and Fire-Rescue Equipment, Lviv State University of Life Safety, e-mail: shevtyk@meta.ua

Volodymyr Pinder – PhD, Associate Professor of the Department of Vehicle Operation and Fire-Rescue Equipment at Lviv State University of Life Safety, e-mail: v.pinder@ldubgd.edu.ua

Iryna Bachynska – A student of the Faculty of Fire and Technogenic Safety at Lviv State University of Life Safety

Електронне наукове видання

**Матеріали XIII-ої Міжнародної науково-технічної
інтернет-конференції
«Проблеми та перспективи розвитку
автомобільного транспорту»,
15-17 квітня 2025 року**

Збірник доповідей

Матеріали подаються в авторській редакції

Підписано до видання 19.05.2025 р.
Гарнітура Times New Roman.
Зам. № Р 2025-079

Видавець та виготовлювач -
Вінницький національний технічний університет,
Редакційно-видавничий відділ.

ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
press.vntu.edu.ua,
Email: rvv.vntu@gmail.com.

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