



*м. Вінниця,  
Україна*

**16-18 квітня 2024 р.**

# *МАТЕРІАЛИ*

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

# *MATERIALS*

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

**April 16-18, 2024**

*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 Вітовта Великого (м. Каунас, Литва)**  
**Технічний університет ім. Георгія Асакі (м. Ясси, Румунія)**  
**Департамент транспорту та міської мобільності Вінницької міської ради**

# **МАТЕРІАЛИ**

**XII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ  
ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ  
«ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНОГО  
ТРАНСПОРТУ»  
16-18 квітня 2024 р.**

# **MATERIALS**

**OF THE XII INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND TECHNICAL  
INTERNET-CONFERENCE  
«PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF  
AUTOMOBILE TRANSPORT»  
April 16-18, 2024**

Видається 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:***

**А. А. Кашканов**, доктор технічних наук, професор

**А. П. Поляков**, доктор технічних наук, професор

**В. А. Макаров**, 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** XII Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції М34 «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 16-18 квітня 2024 року: збірник наукових праць [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2024. – (PDF, 360 с.)

ISBN 978-617-8163-13-6 (PDF)

Збірник містить Матеріали XII 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.

УДК 629.3

ISBN 978-617-8163-13-6 (PDF)

**ЗМІСТ  
(CONTENTS)**

<b>Borysiuk D.</b> FUNCTIONAL-VALUE ANALYSIS OF «COMMON RAIL» SYSTEM OF «YamZ-5340» SERIES ENGINES	<b>11</b>
<b>Borysiuk D., Zelinskyi V., Varchuk V.</b> DIAGNOSTIC OF STEERING AXLES OF WHEELED VEHICLES ACCORDING TO STATIC AND DYNAMIC CHARACTERISTICS	<b>20</b>
<b>Marmut I., Zuiev V., Chorny I.</b> ON THE QUESTION OF DETERMINING THE MOMENT OF INERTIA OF THE ENGINE CAR	<b>24</b>
<b>Ragulskis K., Pauliukas A., Paškevičius P., Maskeliūnas R., Maskeliūnas V., Kuzhel V., Ragulskis L.</b> INVESTIGATION OF REFLECTION MOIRE METHOD FOR MEASUREMENT OF LARGE AMPLITUDE VIBRATIONS OF PLATE TYPE STRUCTURES	<b>28</b>
<b>Антіпов М.М., Шугайло Ю.Б.</b> РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ ТРИВИМІРНИХ ДАНИХ	<b>33</b>
<b>Балицький О.І., Колесніков В.О., Гаврилюк М.Р., Іваськевич Л.М.</b> ДІАГНОСТИКА ТА РОЗБУДОВА ВОДНЕВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	<b>37</b>
<b>Бережняк І.А., Дорошук В.О.</b> ОСНОВНІ АСПЕКТИ, ЗАВДАННЯ ТА ВИКЛИКИ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ В УКРАЇНІ	<b>41</b>
<b>Бикадорова Н.О., Бурдун В.В., Балицька В.О.</b> КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ	<b>44</b>
<b>Боркут А.В., Колесніков В.О.</b> ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ САПР. ЧАСТИНА 1	<b>48</b>
<b>Боркут А.В., Колесніков В.О., Ревякіна О.О.</b> ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ САПР. ЧАСТИНА 2	<b>52</b>
<b>Боркут А.В., Колесніков В.О., Васецька Л.О.</b> ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ САПР. ЧАСТИНА 3	<b>56</b>

<b>Бруннер Х., Макаров В.А, Макарова Т.В.</b> АСПЕКТИ МОЖЛИВОГО ПРОГРЕСУ В ЗНИЖЕННІ РІВНЯ АВАРІЙНОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ КРАЇНИ	<b>60</b>
<b>Брянкін А.С., Дубовик С.О.</b> ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОНОМНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ, ЯК ЕФЕКТИВНА СТРАТЕГІЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ	<b>66</b>
<b>Будниченко В.Б., Проценко В.О., Бабій М.В., Дикий В.С.</b> НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА ХЕРСОНА	<b>69</b>
<b>Бурдун В.В., Ревякіна О.О., Рожкова А.Ю.</b> ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ДЕЯКИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ПРИ ВИКЛАДАННІ ДИСЦИПЛІН ПОВ'ЯЗАНИХ З АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ	<b>73</b>
<b>Войтків С.В.</b> СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОБУСНОГО ТРАНСПОРТУ	<b>77</b>
<b>Войтків С.В.</b> НАПРЯМКИ ЗМЕНШЕННЯ СПОРЯДЖЕНОЇ МАСИ МІСЬКИХ ЕЛЕКТРОБУСІВ	<b>81</b>
<b>Воронков О.А.</b> НАПРЯМ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВОГО ЗБІЖЖЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОБІГОВИХ НАПІВПРИЧЕПІВ	<b>85</b>
<b>Галушак Д.О., Галушак О.О.</b> ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АВТОМОБІЛЯ НА СУМІШІ ДИЗЕЛЬНОГО ТА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВ ЗІ ЗМІНОЮ ЇЇ СКЛАДУ В ЯКОСТІ ПАЛИВА ДЛЯ ДВИГУНА	<b>89</b>
<b>Гнип М.М.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СУМІШЕВОГО БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА СИСТЕМУ ВПОРСКУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ	<b>92</b>
<b>Голуб Д.В., Аулін В.В., Замуренко А.С., Кічура Р.П., Ювженко О.В.</b> ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ МЕТОДАМИ МІНІМАЛЬНИХ ШЛЯХІВ І ПЕРЕРІЗІВ	<b>95</b>
<b>Гупка А.Б., Ляшук О.Л., Лещук Р.Я., Ярема І.Т.</b> ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ВАЖКОНАВАНТАЖЕНИХ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ АВТОМОБІЛЯ	<b>98</b>
<b>Демченко Є.Б., Дорош А.С., Берун Н.Ю.</b> ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ В ПЕРЕВІЗНИЙ ПРОЦЕС ЕЛЕКТРОННИХ ТОВАРНО-ТРАНСПОРТНИХ НАКЛАДНИХ	<b>102</b>

<b>Дорош А.С., Демченко Є.Б.</b> ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	<b>104</b>
<b>Жук М.М., Півторак Г.В., Пруський Є.В., Скиба М.Б.</b> ОГЛЯД МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У ГАЛУЗІ ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	<b>106</b>
<b>Жуков В.В., Колесніков В.О., Балицька В.О.</b> АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНІ АВТОМОБІЛІ	<b>110</b>
<b>Жуков В.В., Субота В.К., Колесніков В.О.</b> ПРОТОТИПИ АВТОМОБІЛІВ ДЛЯ АСТРОНАВТІВ	<b>114</b>
<b>Защепкіна Н.М., Михайлов Є.В., Приміський І.В.</b> ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЗАПИЛЕНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ	<b>118</b>
<b>Льченко А.В.</b> ЗМІНА ЧУТЛИВОСТІ ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧНОГО ВИТРАТОМІРА БІОПАЛИВА	<b>124</b>
<b>Льченко А.В.</b> РОЛЬ І МІСЦЕ БІОПАЛИВ В СВІТОВОМУ БАЛАНСІ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ	<b>126</b>
<b>Канчуга М.К., Кузьменко Р.В.</b> ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТА ГІБРИДИЗАЦІЯ ТРАНСМІСІЇ У ВІЙСЬКОВІЙ КОЛІСНІЙ ТЕХНІЦІ МАЙБУТНЬОГО	<b>128</b>
<b>Катрушенко Н.А., Добровольський О.С.</b> ВИЗНАЧЕННЯ ОКРЕМИХ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА БЕЗПЕКУ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	<b>131</b>
<b>Кашканов А.А., Кав'юк В.В., Долинський М.П.</b> АСЕКУРАЦІЯ НАДІЙНОСТІ ЯК ШЛЯХ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ АЕРОДРОМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ АВІАЦІЇ	<b>133</b>
<b>Кашканов В.А., Василик Д.В.</b> ДО ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ПЛАТНОГО ПАРКУВАННЯ У МІСТІ ВІННИЦЯ	<b>137</b>
<b>Кищун В.А.</b> ЩО НЕ ТАК З ЕЛЕКТРОМОБІЛЯМИ?	<b>141</b>
<b>Коваленко Р.І.</b> АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПОЖЕЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ДЛЯ ПІДЙОМУ НА ЗАЗНАЧЕНУ ВИСОТУ	<b>145</b>
<b>Колесніков В.О.</b> АВТОМОБІЛІ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	<b>149</b>

<b>Колесніков В.О.</b> ВОДНЕВІ АВТОМОБІЛІ ТА ВОДНЕВИЙ ТРАНСПОРТ	153
<b>Колесніков В.О.</b> ЕЛЕКТРОМОБІЛІ – СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ	157
<b>Колесніков В.О.</b> ПРОМИСЛОВА РЕВОЛЮЦІЯ 4.0 ТА ПРОМИСЛОВА РЕВОЛЮЦІЯ 5.0 – ЗВ'ЯЗОК З АВТОМОБІЛЬНОЮ ГАЛУЗЗЮ	161
<b>Корпач А.О., Корпач О.А.</b> СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛІВ З ЕЛЕКТРИЧНИМ ПРИВОДОМ	165
<b>Корпач А.О., Левківський О.О.</b> МЕТОДИКА ПЕРЕВІРКИ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДВИГУНІВ З БЕЗПОСЕРЕДНІМ ВПОРСКУВАННЯМ БЕНЗИНУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВОГО ОСЦИЛОГРАФА	169
<b>Котенко В.І.</b> АНАЛІЗ ВАЖЛИВОСТІ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИТРАТУ ПАЛИВА ВАНТАЖНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ У МОДЕЛЯХ МАШИННОГО НАВЧАННЯ	173
<b>Котов Д.О., Клименко В.В., Марченко В.П., Петрик Ю.М.</b> ШЛЯХИ УДОКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ АВТОНОМНОГО РУХУ БЕЗПЛОТНИХ (РОБОТИЗОВАНИХ) ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	176
<b>Крайник Т.Л., Ковалишин С.М.</b> ОСНОВИ 3D – СУМІЩЕННЯ КІНЕМАТИК НЕЗАЛЕЖНОЇ ПІДВІСКИ ТА КЕРМОВОГО ПРИВОДУ АВТОМОБІЛІВ	180
<b>Крамський С.О.</b> АНАЛІЗ ВОЄННОГО ВПЛИВУ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВНУТРІШНЬОГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ У ПОВОЄННИЙ ЧАС	183
<b>Красота М.В., Шепеленко І.В., Осін Р.А., Скоболев А.М.</b> АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ПІДШИПНИКІВ МАТОЧИН АВТОМОБІЛІВ	185
<b>Кужель В.П., Буда А.Г.</b> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АЕРОДИНАМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СУЧАСНИХ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ	189
<b>Куликівський В.Л.</b> МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИМИ ДВИГУНАМИ	192

<b>Куримов І.С., Ігнатюк Р.М., Пахаренко В.Л.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРТОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЯ	<b>195</b>
<b>Любич В.В., Домненко М.Г.</b> МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ БОЙОВИХ МАШИН В УМОВАХ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ	<b>198</b>
<b>Любич В.В., Домненко М.Г.</b> ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ ВАНТАЖІВ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ ПОВНОМАСШТАБНОЇ ВІЙНИ	<b>201</b>
<b>Макарова Т.В., Усатий А.М.</b> ПРО ДИНАМІКУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В СУЧАСНИХ УМОВАХ ГОСПОДАРЮВАННЯ	<b>204</b>
<b>Максимов С.В., Максимова О.С.</b> АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РОБОТИ КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКІДІВ	<b>208</b>
<b>Мельник В.М.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ДВИГУНА «HONDA 3.5» ІЗ СИСТЕМОЮ ВІДКЛЮЧЕННЯ ЦИЛІНДРІВ VCM	<b>212</b>
<b>Митко М.В., Бажан М.Ю., Тихонов А.Ю.</b> РЕКОМЕНДАЦІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ДОЦІЛЬНОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ РОБІТ АВТОМОБІЛІВ В ТАКСОМОТОРНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ	<b>214</b>
<b>Мороз Л.В., Сафтьок Я.В.</b> АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ КОЛІСНИХ ВОЄННИХ МАШИН СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	<b>218</b>
<b>Назаров О.А., Мухіна Н.А.</b> КОНЦЕПЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСТАВКИ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА ВЛАСНИМ АВТОТРАНСПОРТОМ	<b>221</b>
<b>Павленко В.М., Кужель В.П., Мануйлов В.М.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ТА БЕЗПЕЧНИХ ПОЛІМЕРНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ	<b>224</b>
<b>Перегида М.М., Шумляківський В.П.</b> ВИКОРИСТАННЯ СТІЛЬНИКОВИХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЇ В БЛОЦІ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ	<b>228</b>
<b>Петров Л.М., Кішянус І.В., Петрик Ю.М., Лисий О.В., Шелухін С.В., Малиновський О.А., Нікішин В.А., Верпівський С.М.</b> РОЗРОБКА АВТОМОБІЛЬНОГО КОЛЕСА З НАКОПИЧУВАЧЕМ ПОТЕНЦІЙНОЇ ЕНЕРГІЇ КОЛІСНОГО РУШІЯ	<b>231</b>



<b>Пікула М.В., Морозюк С.В.</b> ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ У РЕМОНТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	237
<b>Погорлецький Д.С., Грицук І.В., Худяков І.В.</b> ФОРМУВАННЯ МЕТОДИКИ ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ДОПОМОГОЮ ЗАСОБІВ ITS	240
<b>Подригало М.А., Краснокутський В.М.</b> КЕРОВАНІСТЬ ТРАКТОРНОГО САМОХІДНОГО ШАСІ ПРИ АГРЕГАТУВАННІ З ПРИЧІПНИМИ ЛАНКАМИ	244
<b>Поляков А.П., Сафтюк Я.В.</b> ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ КОЛІСНИХ ВОЄННИХ (АБО ВІЙСЬКОВИХ) МАШИН СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	248
<b>Порфіренко В.І., Дехтяренко Д.П.</b> ВОДНЕВИЙ ТРАНСПОРТ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ	252
<b>Порфіренко В.І., Митрохін Л.Д.</b> ЕКО-ІННОВАЦІЙНІ ТЕНДЕНЦІЇ НА АВТОТРАНСПОРТІ	256
<b>Почужевський О.Д., Веснін А.В., Зошак В.В.</b> АВТОТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ ЯК ДЖЕРЕЛО ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ	259
<b>Почужевський О.Д., Прозоровський А.М.</b> ОГЛЯД СУЧАСНИХ КОНЦЕПЦІЙ ПІДГОТОВКИ СЕРВІСНИХ ІНЖЕНЕРІВ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ТЕХНІКИ «САТ»	262
<b>Прокопчук О.О., Дорошук В.О.</b> СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ ТА БЕЗПЕКА ПЕРЕВЕЗЕНЬ	264
<b>Прокудін Г.С., Оліскевич М.С., Чупайленко О.А., Хоботня Т.Г.</b> РОЗРОБКА ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПАРКОМ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	266
<b>Прунько І.Б., Курилів Ю.О.</b> ВІДНОВЛЕННЯ РОЗМІРНИХ ПАРАМЕТРІВ ОТВОРІВ ПІД ЗОВНІШНІ ОБОЙМИ ПІДШИПНИКІВ ВИЛОК КАРДАННИХ ВАЛІВ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ	271
<b>Ревякіна О.О., Бурдун В.В., Колесніков В.О., Рожкова А.Ю., Бикадорова Н.О.</b> ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ДЕЯКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ. ЧАСТИНА 1	274

<b>Рожкова А.Ю., Бурдун В.В., Колесніков В.О., Бикадорова Н.О., Ревякіна О.О.</b> ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ДЕЯКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ. ЧАСТИНА 2	<b>278</b>
<b>Риб'янець С.Р., Колесніков В.О.</b> САНІТАРНИЙ БРОНЬОВАНИЙ АВТОМОБІЛЬ REFORM MLA	<b>282</b>
<b>Риб'янець С.Р., Субота В.К., Колесніков В.О.</b> ДЕЯКІ ІННОВАЦІЇ НА РИНКУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	<b>286</b>
<b>Роговський І.Л.</b> КОНСАЛТИНГОВА ПІДТРИМКА ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВОГО ЗБІЖЖЯ	<b>290</b>
<b>Савінов В.П., Румянцев В.Р.</b> НОВИЙ ПОГЛЯД НА ЗМІНУ РОБОТИ ДВИГУНІВ АВТОМОБІЛІВ ЧЕРЕЗ ВПЛИВ МАГНІТНИМИ ПОЛЯМИ НА ПАЛИВО І ПОВІТРЯ ПОДАЮЧИХ В КАМЕРУ ЗГОРАННЯ ДВЗ	<b>294</b>
<b>Сакно О.П., Сакно О.Р., Мойся Д.Л.</b> СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	<b>297</b>
<b>Сахно В.П., Поляков В.М., Шарай С.М., Босенко В.М., Паламарчук О.В.</b> ДО ВИЗНАЧЕННЯ МАНЕВРНОСТІ І СТІЙКОСТІ РУХУ АВТОПОЇЗДА- КОНТЕЙНЕРОВОЗА	<b>299</b>
<b>Свіргун А.В., Печенюк О.В., Попов Д.О.</b> ПРО АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ЕЛАСТИЧНИХ РУШІЇВ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	<b>303</b>
<b>Седой П.В.</b> АНАЛІЗ СТРАТЕГІЧНИХ ПІДХОДІВ ДО РОЗВИТКУ СИСТЕМ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ	<b>306</b>
<b>Сидоренко Р.С., Боркут А.В., Колесніков В.О.</b> ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ЕЛЕКТРИЧНИХ АВТОМОБІЛІВ	<b>309</b>
<b>Склярів О.В., Селевич С.Г.</b> ОЦІНКА ЗАДОВОЛЕНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЄЮ ДОРОЖНОГО РУХУ НА ПРЕХРЕСТЯХ МІСТА ТА ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ НАЛАШТУВАННЯ СВІТЛОФОРІВ ШЛЯХОМ ЗАЛУЧЕННЯ ВОДІЇВ ДО КАЗУАЛЬНОЇ ГРИ	<b>313</b>
<b>Смирнов Є.В.</b> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ НА ВОДНЕВИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТАХ	<b>316</b>
<b>Стадник О.С.</b> АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЛУЧЕННЯ ЕЛАСТОМЕРІВ З АВТОМОБІЛЬНИХ ПЛАСТИКІВ ТРИБОСЕПАРАЦІЄЮ	<b>319</b>

<b>Субота В.К., Жуков В.В., Колесніков В.О.</b> ДЕЯКІ ІННОВАЦІЇ НА РИНКУ ВОДНЕВИХ АВТОМОБІЛІВ	<b>322</b>
<b>Субота В.К., Колесніков В.О.</b> БРОНЬОВАНІ АВТОМОБІЛІ	<b>326</b>
<b>Татуревич К.М., Терещенко О.П., Мороз Л.В.</b> ВАЖЛИВІСТЬ ВІЙСЬКОВОЇ КОЛІСНОЇ ТЕХНІКИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	<b>330</b>
<b>Терещенко О.П., Сафтюк Я.В.</b> АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН КОЛІСНИХ ВОЄННИХ МАШИН СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	<b>332</b>
<b>Тесля В.О., Гупка А.Б., Гаврилишин В.В.</b> РОЗВИТОК АВТОНОМНИХ АВТОМОБІЛІВ, ЇХ ПЕРСПЕКТИВИ ТА НЕДОЛІКИ	<b>334</b>
<b>Титаренко В.Є., Маланюк Ю.В.</b> ПРОБЛЕМА УТИЛІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН ТА ДОРОЖНЄ БУДІВНИЦТВО В УКРАЇНІ	<b>337</b>
<b>Хітров І.О.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЗУПИНОК ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	<b>340</b>
<b>Холоденко В.А.</b> АНАЛІЗ НЕСПРАВНОСТЕЙ СИСТЕМ «ADAS» ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ НА ПРИКЛАДІ ПІДПРИЄМСТВА "БОШ АВТО СЕРВІС ЗАХІД АВТО" М. РІВНЕ	<b>343</b>
<b>Цимбал С.В., Біліченко В.В., Ковальчук Д.М.</b> ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРЕНАЖЕРІВ ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ ВОДІЇВ	<b>346</b>
<b>Цимбал С.В., Цимбал О.В., Одиноких І.А.</b> ВПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ В АВТОМОБІЛЬНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ	<b>350</b>
<b>Чуйко С.П., Кравченко О.П.</b> СПРЯМУВАННЯ НА ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МІСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ	<b>352</b>
<b>Шепеленко І.В., Красота М.В., Шумляківський В.П.</b> СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ МИТТЯ АВТОМОБІЛІВ	<b>357</b>

UDC 631.3

Borysiuk D.

## FUNCTIONAL-VALUE ANALYSIS OF «COMMON RAIL» SYSTEM OF «YaMZ-5340» SERIES ENGINES

*In Ukraine for the implementation of the international system of quality ISO 9000 the manufacturer must use the methods of the project solutions analysis. Such analysis must be subjected both input data of the project and output data. Enterprises, creating or developing quality products apply obligatory either typical technologies of functional-value analysis or use their own technologies. Functional-value analysis is directed at the provision of the necessary consumer characteristics of the object with minimum possible expenditures of the resource at all stages of the production process.*

*A functional-value analysis of the «Common Rail» system of the «YaMZ-5340» series engines is presented.*

**Key words:** *functional-value analysis, system «Common Rail», functional model, classification of functions, utility coefficient, priorities matrix, cost coefficient.*

*В Україні для впровадження міжнародної системи якості ISO 9000 необхідно, щоб виробник використовував методи аналізу проектних рішень. Такому аналізу повинні підлягати як вхідні дані проекту, так й вихідні. Підприємства, що створюють чи розвивають якісні продукти, обов'язково застосовують або типові технології функціонально-вартісного аналізу, або використовують власні технології. Оскільки функціонально-вартісний аналіз спрямований на забезпечення необхідних споживчих властивостей об'єкта з мінімально можливими затратами ресурсів на всіх стадіях виробничого процесу.*

*Представлено функціонально-вартісний аналіз системи «Common Rail» двигунів серії «ЯМЗ-5340».*

**Ключові слова:** *функціонально-вартісний аналіз, система система «Common Rail», функціональна модель, класифікація функцій, коефіцієнт корисності, матриця пріоритетів, коефіцієнт витрат.*

For making rational substantiated decision it is expedient to use functional-value analysis that combines various methods of the collective analysis of the systems, creative searching, optimization and decision-making [1, 2].

The basic of functional-values analysis is the analysis of the functional perfection, ways of system improvement by means of comparison of separate functions utility and expenditures for its realization.

The objective of carrying out functional-value analysis is to provide the necessary usefulness of the system at minimal possible total expenditures.

Thus, the decision-making in case of functional-value analysis is realized proceeding from two criteria – utility and cost [3, 4].

Experience of using functional-value analysis in automobile building industry testifies [5, 6]:

- for the basic elements (functions) of the system, which comprise 20 % of their total amount, falls 85 % of the total cost of the system, that is why, these elements must be considered first of all;
- errors of the final calculation while performing functional-value analysis must be an order less than the value of the prime cost decrease.

Objective of functional-value analysis is minimization of the object expenses at the stages of the design, production and operation without sacrificing or even increasing the usage of the object functions and enhancing its usefulness for the consumers.

Thus, the objective of the given research is the elaboration of functional-value analysis of «Common Rail» system of «YaMZ-5340» series engines for the determination of the system components functions, which are to be improved.

Engines, manufactured by PJSC «Avtodiesel» (YaMZ) – are engines of multipurpose

designation. Technical characteristics, versatility, high level of unification and maintainability promote their wide application on the tractors and motor vehicles as well as other energy-driven facilities of various designation [6].

Series of diesels YaMZ-5340 gained wide application among the engines of PJSC «Autodiesel». Engines of «YaMZ-5340» series are equipped with the fuel system of storage-battery type «Common Rail System» (Fig. 1) with electronic control of the fuel supply, manufactured by the company «Robert Bosch» (Germany).

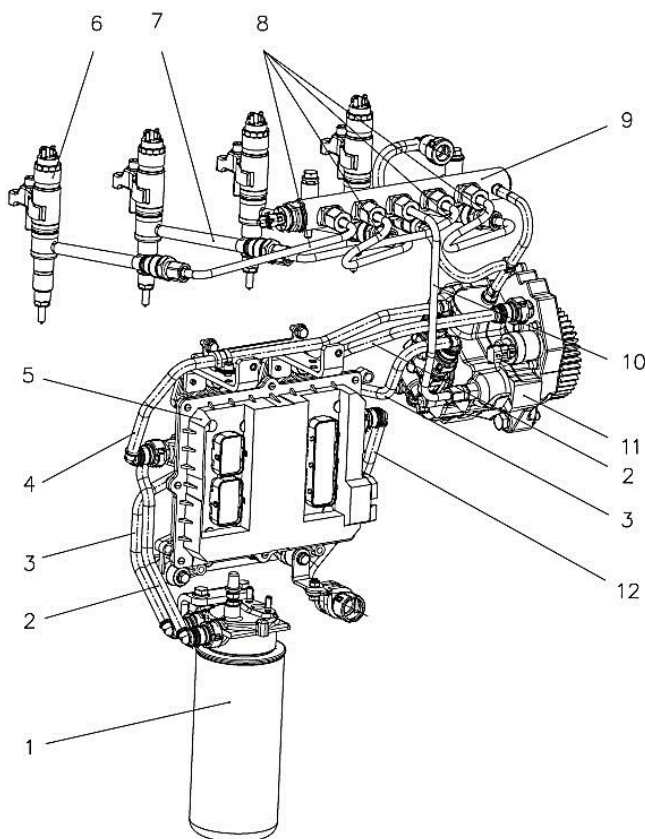


Figure 1 – Fuel system «Common Rail» of the diesels of «YaMZ-5340» series [6]:

- 1 – fine fuel filter;
- 2 – fuel inlet pipe to high pressure fuel pump;
- 3 – fuel inlet pipe to the filter;
- 4 – fuel inlet pipe to low pressure pump;
- 5 – electronic control unit;
- 6 – nozzle;
- 7 – side door choke;
- 8 – high pressure pipes;
- 9 – rail;
- 10 – high pressure fuel inlet pipe to the rail;
- 11 – high pressure fuel pump with low pressure pump;
- 12 – fuel inlet pipe to the engine

System «Common Rail» with electronic control unit provides:

- accurate dosing of the cyclic fuel supply for each operation mode and multiphase injection;
- regulation of the lead angles of fuel injection, depending on the rotation rate, load, temperature;
- flexible regulation of fuel injection pressure in wide range;
- easy engine start with minimal emission of harmful substances in the atmosphere at any temperature conditions;
- correction of the fuel supply process, depending on the environmental conditions to decrease the emission of the harmful substances;
- compatibility with the electronic systems of the motor vehicle and on-board control system and diagnostics via CAN channel, provides diagnostic process, performs the functions of speed limitation, emergency protection of the engine, cruise-control and doubling of the control from the additional organ from the operator panel.

Study of the system «Common Rail» of the engines of «YaMZ-5340» series at functional-value analysis is based on the functional approach when the system is considered as the set of functions, performed by it. Further the searching of the better principle of realization of these functions is carried out. Functional-value analysis is performed on the base of the functional model [3, 4].

Functional model is graphic on mathematical representation of the arranged set of the system functions and their interconnections. Graphic image of the functional model can be presented in the form of the graph (tree of functions) or technological chain. Functional model of the system

«Common Rail» of the engines of «YaMZ-5340» is shown in Fig. 2.

Construction of the functional model is only the initial stage of functional-value analysis, the final aim of this analysis is the establishment of the analytical connections between separate factors, influencing the course of the process and final indices of the system operation [2].

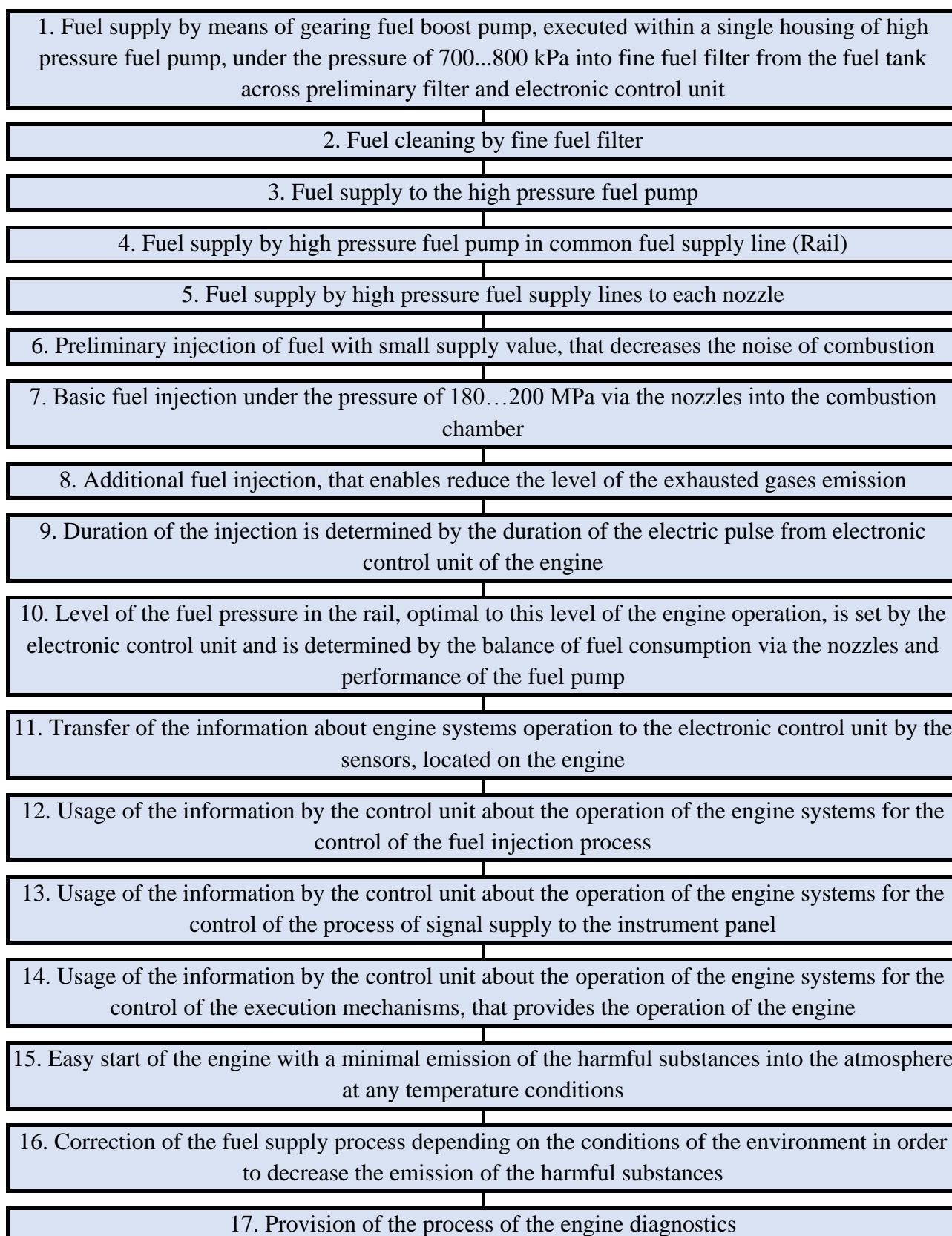


Figure 2 – Functional model of the system «Common Rail» of the engines of «YaMZ-5340» series

Table 1 – Classification of the functions of the functional model of the system «Common Rail» of the engines of «YaMZ-5340» series

№ of function	Name of the function	Character of the function	Properties of the function
1	Fuel supply by means of gearing fuel boost pump, executed within a single housing of high pressure fuel pump, under the pressure of 700...800 kPa into fine fuel filter from the fuel tank across preliminary filter and electronic control unit	Internal auxiliary	Neutral
2	Fuel cleaning by fine fuel filter	Internal auxiliary	Neutral
3	Fuel supply to the high pressure fuel pump	Internal auxiliary	Neutral
4	Fuel supply by high pressure fuel pump in common fuel supply line	Internal auxiliary	Neutral
5	Fuel supply by high pressure fuel supply lines to each nozzle	Internal auxiliary	Neutral
6	Preliminary injection of fuel with small supply value, that decreases the noise of combustion	External auxiliary	Redundant
7	Basic fuel injection under the pressure of 180...200 MPa via the nozzles into the combustion chamber	External main	Useful
8	Additional fuel injection, that enables reduce the level of the exhausted gases emission	External auxiliary	Redundant
9	Duration of the injection is determined by the duration of the electric pulse from electronic control unit of the engine	External main	Useful
10	Level of the pressure in the rail, optimal to this level of the engine operation, is set by the electronic control unit and is determined by the balance of fuel consumption via the nozzles and performance of the fuel pump	External main	Useful
11	Transfer of the information about engine systems operation on the electronic control unit by the sensors, located on the engine	External auxiliary	Redundant
12	Usage of the information by the control unit about the operation of the engine systems for the control of the process of fuel injection	External auxiliary	Useful
13	Usage of the information by the control unit about the operation of the engine systems for the control of the process of signal supply to the instrument panel	External auxiliary	Harmful
14	Usage of the information by the control unit about the operation of the engine systems for the control of the execution mechanisms, that provides the engine operation	External auxiliary	Useful
15	Easy start of the engine with a minimal emission of the harmful substances into the atmosphere at any temperature conditions	External auxiliary	Useful
16	Correction of fuel supply process depending on the conditions of the environment in order to decrease the emission of the harmful substances	External auxiliary	Useful
17	Provision of the process of the engine diagnostics	External auxiliary	Useful

After the construction of the functional model classification of the functions is realized.

Function is the external manifestation of the properties of the object, caused by certain actions, aimed at transformation of the input impacts into output results. Function may be of dynamic

character, i.e., be directed to the realization of certain work and static.

Structuralization and analysis of functional model provide the allocation of the main function, which defines the objective and designation of the system and basic functions, without which the main function can not be executed. And the allocation of the auxiliary and redundant (harmful) functions.

Classification of the system functions is performed by two criteria – character and properties of the function. Classification of the functions of the functional model of «Common Rail» system of «YaMZ-5340» series is presented in the Table. 1.

External function is realized by the system or its elements at the interaction with the environment (supersystem).

Internal function is the result of the interactions in the system.

Main function – it is the external function, which reflects the objective and designation of the system.

Basic function – it is the internal function, that provides the realization of the consumer values of the object, its functional serviceability.

Table 2 – Priorities matrix of «Common Rail» system of the engines of «YaMZ-5340» series

№ of function	Number of the function																	Sum of advantages coefficient	Absolute priority	Utility coefficient	Rank of the function
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
	Advantage coefficients																				
1	1	1	1	1	1	1.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	15	231	0.05038	11
2	1	1	0.5	1.5	0.5	1	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	13	203	0.04426	13
3	1	1.5	1	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	12.5	191	0.04180	15
4	1	0.5	1.5	1	1.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	13	199	0.04349	14
5	1	1.5	1.5	0.5	1	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	13.5	204	0.04464	12
6	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	11	172	0.03759	16
7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	24	402	0.08791	1
8	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.5	1	1.5	1.5	1	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	16.5	265	0.05797	9
9	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.5	0.5	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	23	382	0.08338	2
10	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	0.5	0.5	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	22.5	371	0.08103	3
11	0.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1	0.5	0.5	1	0.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	16	245	0.05349	10
12	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	1	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	22	353	0.07715	4
13	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5	9	149	0.03256	17
14	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5	1.5	1	1	1.5	1	20	312	0.06824	6
15	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5	1.5	1	1	1	0.5	19	293	0.06398	7
16	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5	1.5	0.5	1	1	0.5	18.5	283	0.06180	8
17	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.5	1.5	0.5	0.5	1.5	0.5	1.5	1	1.5	1.5	1	20.5	322	0.07032	5
	Sum																	-		1	-

Auxiliary function promotes the realization of the basic ones and also is internal.

Useful functions are the functions, meeting the requirements of people, regarding their usefulness.

Redundant functions are not obligatory functions but their execution improves the quality of the system operation.

Neural functions – are the functions, which do not execute functional loading, but provide the location of the object in certain place, at certain time.

Harmful functions – are the functions which can be simultaneously useful but have the



obligatory element of the harmful action.

The next step of functional-value analysis is the determination of the usefulness coefficients of each function. Usefulness coefficient is determined by means of construction of the priorities matrix (Table 2) by the known calculation technique [1, 3, 7].

For the construction of the priorities matrix the coefficient of the advantage  $k_{ij}$  of the element of the  $i^{th}$  row ( $a_i$ ) in comparison with the element of the  $j^{th}$  column ( $a_j$ ) are written on the crosssection of the row and column.

Advantage coefficients may have the values:

- 1,5 – if the function in the  $i^{th}$  row has greater advantage than the function in the  $j^{th}$  column ( $k_{ij} = 1,5 \rightarrow a_i \succ a_j$ );
- 1 – at the same significance of the functions ( $k_{ij} = 1 \rightarrow a_i \approx a_j$ );
- 0,5 – if the function in the  $i^{th}$  row has less advantage than the function in the  $j^{th}$  column ( $k_{ij} = 0,5 \rightarrow a_j \succ a_i$ ).

Further the parameter  $P_i$  (absolute priority) is found. Parameter  $P_i$  is determined as the sum of the products of each element of the  $i^{th}$  row on the elements of vector-column  $\sum k_{ij}$ , i.e. [2, 3]:

$$\begin{aligned}
P_1 &= k_{11} \sum k_1 + k_{21} \sum k_2 + \dots + k_{1j} \sum k_i + \dots + k_{1n} \sum k_n; \\
P_2 &= k_{21} \sum k_1 + k_{22} \sum k_2 + \dots + k_{2j} \sum k_i + \dots + k_{2n} \sum k_n; \\
&\dots\dots\dots \\
P_i &= k_{i1} \sum k_1 + k_{i2} \sum k_2 + \dots + k_{ij} \sum k_i + \dots + k_{in} \sum k_n; \\
&\dots\dots\dots \\
P_n &= k_{n1} \sum k_1 + k_{n2} \sum k_2 + \dots + k_{nj} \sum k_i + \dots + k_{nn} \sum k_n.
\end{aligned} \tag{1}$$

Then the utility coefficient  $\lambda$  of each function is found [1, 3]:

$$\lambda_i = P_i / \sum P_i \text{ at } \sum \lambda_i = 1. \tag{2}$$

The rank of the function is determined depending on the value of the utility coefficient  $\lambda$ . The greater is the utility coefficient, the higher rank has the function.

Expenses in functional-value analysis are considered as the payment for utility. Generalized criterion of the expenses for the design of technical or production systems takes into account the expenses at all the stages of the system life cycle, for their assessment matrix of expenses is constructed (Table 3), the expense ratio is determined from this matrix.

At this stage method of expert assessments, comparison with the «ideal model» is used, also the level of the significance of each function and expenses for it is compared. For this purpose the expense ratio per function is used, it is calculated by comparing the share of the parameter (function) in the expenses to its utility coefficient.

Expense ratio is determined by the following formula [2, 7]:

$$K_i = \varepsilon_i / \lambda_i \text{ if } \sum \lambda_i = 1, \sum \varepsilon_i = 1, \tag{3}$$

where  $\varepsilon$  – is the share of the function in the expenses.

Share of the function in the expenses is determined by the following formula [2, 7]:

$$\varepsilon_i = \frac{B_i}{\sum_{i=1}^n B_i}, \tag{4}$$

where  $B_i$  – is the value of each function;  $\sum_{i=1}^n B_i$  – is the sum of values of all the functions of the system.

In theory and practice of functional-value analysis such assessment criteria of the expense ratio per function are accepted [1, 2, 7]:

- expense ratio equals «1» or close to «1» – the ratio between expenses and function is justified;
- expense ratio is less than «1» the ratio is favourable;
- expense ratio is greater than «1» – measures, aimed at reducing the expenses for function obtaining should be reduced.

Table 3 – Matrix of expenses of the system «Common Rail» of the engines of «YaMZ-5340» series

№ of function	Name of the function	Share of the function in the expenses	Utility factor	Expense ratio	Rank of the function
1	Fuel supply by means of gearing fuel boost pump, manufactured within a single housing of high pressure fuel pump, under the pressure of 700...800 kPa into fine fuel filter from the fuel tank across preliminary filter and electronic control unit	0.002	0.05038	0.040	14
2	Fuel cleaning by fine fuel filter	0.001	0.04426	0.023	16
3	Fuel supply to the high pressure fuel pump	0.001	0.04180	0.024	15
4	Fuel supply by high pressure fuel pump in common fuel supply line (Rail)	0.061	0.04349	1.403	7
5	Fuel supply by high pressure fuel supply lines to each nozzle	0.061	0.04464	1.366	8
6	Preliminary injection of fuel with small supply value, that decreases the noise of combustion	0.102	0.03759	2.713	1
7	Basic fuel injection under the pressure of 180...200 MPa via the nozzles into the combustion chamber	0.101	0.08791	1.149	10
8	Additional fuel injection, that enables to reduce the level of the exhausted gases emission	0.102	0.05797	1.759	4
9	Duration of the injection is determined by the duration of the electric pulse from electronic control unit of the engine	0.011	0.08338	0.132	13
10	Level of the fuel pressure in the rail, optimal to this level of the engine operation, is set by the electronic control unit and is determined by the balance of fuel consumption via the nozzles and performance of the fuel pump	0.015	0.08103	0.185	12
11	Transfer of the information about the engine systems operation to the electronic control unit by the sensors, located on the engine	0.101	0.05349	1.888	2
12	Usage of the information by the control unit about the operation of the engine systems for the control of fuel injection process	0.101	0.07715	1.309	9
13	Usage of the information by the control unit about the operation of the engine systems for the control of the signal supply process to the instrument panel	0.017	0.03256	0.522	11
14	Usage of the information by the control unit about the operation of the engine systems for the control of the execution mechanisms, providing the operation of the engine	0.001	0.06824	0.015	17
15	Easy start of the engine with a minimal emission of the harmful substances into the atmosphere at any temperature conditions	0.101	0.06398	1.579	5
16	Correction of fuel supply process depending on the conditions of the environment in order to decrease the emission of the harmful substances	0.111	0.06180	1.796	3
17	Provision of the process of the engine diagnostics	0.111	0.07032	1.578	6
	Sum	1	1	-	-

The next stage of functional-value analysis is determination of the functional-value index [2]:

$$\Pi_{fvi} = \lambda_i - K_i. \quad (5)$$

Table 4 – Values of functional value indices of the function of the system «Common Rail» of the engines of «YaMZ-5340» series

№ of function	Name of the function	Function-value index	Rank of the function
1	Fuel supply by means of gearing fuel boost pump, manufactured within a single housing of high pressure fuel pump, under the pressure of 700...800 kPa into fine fuel filter from the fuel tank across preliminary filter and electronic control unit	0.011	4
2	Fuel cleaning by fine fuel filter	0.022	2
3	Fuel supply to the high pressure fuel pump	0.018	3
4	Fuel supply by high pressure fuel pump in common fuel supply line (Rail)	-1.359	11
5	Fuel supply by high pressure fuel supply lines to each nozzle	-1.322	10
6	Preliminary injection of fuel at a small supply value, that decreases the noise of combustion	-2.676	17
7	Main fuel injection under the pressure of 180...200 MPa via the nozzles into the combustion chamber	-1.061	8
8	Additional fuel injection, that enables to reduce the level of the exhausted gases emission	-1.702	14
9	Duration of the injection is determined by the duration of the electric pulse from electronic control unit of the engine	-0.049	5
10	Level of the pressure in the rail, optimal to this level of the engine operation, is set by the electronic control unit and is determined by the balance of fuel consumption via the nozzles and performance of the fuel pump	-0.104	6
11	Transfer of the information about engine systems operation to the electronic control unit by the sensors, located on the engine	-1.835	16
12	Usage of the information by the control unit about the operation of the engine systems for the control of fuel injection process	-1.232	9
13	Usage of the information by the control unit about the operation of the engine systems for the control of the process of signal supply to the instrument panel	-0.489	7
14	Usage of the information by the control unit about the operation of the engine systems for the control of the execution mechanisms, providing the operation of the engine	0.054	1
15	Easy start of the engine with a minimal emission of the harmful substances into the atmosphere at any temperature conditions	-1.515	13
16	Correction of fuel supply process depending on the conditions of the environment in order to decrease the emission of the harmful substances	-1.734	15
17	Provision of the process of the engine diagnostics	-1.508	12

Functional-value index shows how much the expense portion of the operation performance or function is greater than the useful function. Value of the indices of the functional value of the function of the system «Common Rail» of the engines of «YaMZ-5340» series relatively expense ratio are presented in Table 4.

From the economic point of view it is expedient to develop the functions with positive functional-value index.

Operations or functions, having the greatest functional-value index and rank are those

operations, the improvement of which leads to further development of the system or achieving the aim of the analysis.

In the course of this research, it was established:

1. Functional-value analysis of the system «Common Rail» of the engines of «YaMZ-5340» series carried out, showed that the highest rank and greatest functional-value index has function №7 «Main injection of fuel under the pressure of 180...200 MPa by the nozzles into the combustion chamber» the basis of which is the principle task of the developed technical system;

2. According to the results of the calculation of functional-value indices of the system «Common Rail» of the engines of «YaMZ-5340» series, the conclusion can be made that the functions №14 «Usage of the information by the control unit regarding the operation of the engine systems for the control of the operating mechanisms, providing the operation of the engine» and function №2 «Fuel clearing by the fine fuel filter» are those functions, the improvement of which leads to further development of the system.

### References

1. Нагірний Ю.П., Бендера І.М., Вольвак С.Ф. Аналіз технологічних систем і обґрунтування рішень. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2013. 264 с.
2. Іванов М.І., Гунько І.В., Ковальова І.М., Худолій О.І. Аналіз технологічних систем. Вінниця : РВВ ВНАУ, 2013. 114 с.
3. Веселовська Н.Р., Худолій О.І. Надійність технологічних систем та обґрунтування інженерних рішень. Вінниця : РВВ ВНАУ, 2014. 123 с.
4. Литвин З.Б. Функціонально-вартісний аналіз. Тернопіль : Економічна думка, 2007. 130 с.
5. Miles L.D. Techniques of Value Analysis and Engineering. New York : McGraw-Hill, 1961. 275 p.
6. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. Київ : Либідь, 2018. 400 с.
7. Борисюк Д.В. Функціонально-вартісний аналіз системи діагностування керованих мостів колісних сільськогосподарських тракторів. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2017. Випуск 2 (6). С. 15 – 27.

**Borysiuk Dmytro** – candidate of technical sciences, associate professor, senior lecturer of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnitsya National Technical University

**Борисюк Дмитро Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент, старший викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

UDC 629.1.02

Borysiuk D., Zelinskyi V., Varchuk V.

## DIAGNOSTIC OF STEERING AXLES OF WHEELED VEHICLES ACCORDING TO STATIC AND DYNAMIC CHARACTERISTICS

A mathematical description of the steering axle of a wheeled vehicle as a multidimensional dynamic system is provided in order to determine its technical condition.

**Key words:** vehicle, steering axle, diagnostics, dynamic system, amplitude-phase characteristic, amplitude-frequency characteristic, phase-frequency characteristic, equation of motion.

Наведений математичний опис керованого моста колісного транспортного засобу як багатовимірної динамічної системи з метою визначення його технічного стану.

**Ключові слова:** транспортний засіб, керований міст, діагностування, динамічна система, амплітудно-фазова характеристика, амплітудно-частотна характеристика, фазо-частотна характеристика, рівняння руху.

When driving on a road with an uneven surface, the vehicle perceives shocks and performs oscillations.

Many years of experience show that the unevenness of the road surface and the vibrations of the frame and wheels of the vehicle caused by them lead, as a rule, to the deterioration of all its operational and technical qualities.

A serviceable steering axle of a wheeled vehicle ensures optimal controllability, traffic safety, durability and reliability of operation [1-3].

Working with faulty units of the steering axle worsens the controllability and stability of the vehicle, reduces the safety of its movement.

The steering axle of a wheeled vehicle can be represented as a multidimensional dynamic system. At the output of this dynamic system, various random functions or processes can be considered, for example, vertical displacements or accelerations of the wheeled vehicle frame, relative displacements of the axle and the frame, dynamic loads acting on the elastic elements of the axle, the frame of the wheeled vehicle, etc. (Fig. 1). Usually, the input function is called the influence, and the output function is called the response of the system.

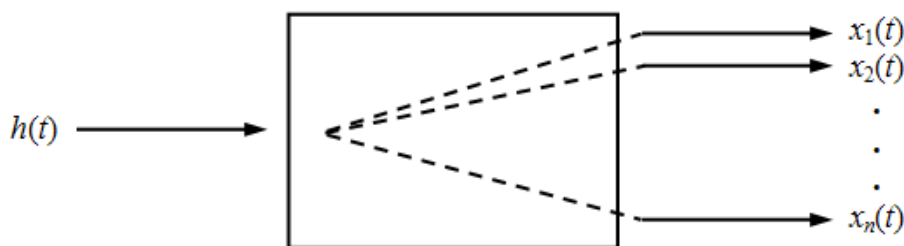


Figure 1 – Block diagram of the steering axle of a wheeled vehicle as a multidimensional diagnostic system

Let us denote the functions at the input of the dynamic system  $h(t)$ , and on the way out  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ , ...,  $x_n(t)$ .

Then the transformation function  $h(t)$  in the function  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ , ...,  $x_n(t)$  will be:

$$x_i(t) = A_i h(t), \quad (1)$$

where  $A_i$  – dynamic system operator.

Operator  $A_i$  fully describes the state of the steering axle of a wheeled vehicle as a dynamic

system. If during operation there were any changes in the condition of the steering axle nodes, then the initial parameters will necessarily change as well  $x_i(t)$  with the input function unchanged  $h(t)$ . And this means that the operator  $A_i$  has changed.

Therefore, the theoretical or experimental definition of the operator  $A_i$  is the main task of diagnosing steered axles of wheeled vehicles [4].

If time-invariant constant loads are applied to the input of the system (see Fig. 1)  $h_c$ , then at the output we will also get a constant load:

$$x_c = A_c h_c,$$

where  $A_c$  – static characteristics of the steered axle of a wheeled vehicle.

Distribution of the static load on the elastic elements of the steered axle of a wheeled vehicle is a static characteristic of the steered axle.

The elastic characteristic of the steered axle of a wheeled vehicle is a static characteristic, moreover

$$A_c = 1/c, \quad (2)$$

where  $c$  – stiffness of the elastic elements of the steered axle of the wheeled vehicle.

However, due to the fact that a steering axle is subjected to a dynamic load during movement, static characteristics cannot give a full assessment of its qualities or technical condition.

The properties of steering axle of wheeled vehicles as a dynamic system can be described by the amplitude-phase characteristic [5]:

$$\Phi(i\omega) = \frac{X(i\omega)}{H(i\omega)} = A(\omega) \tilde{e}^{i\varphi\omega}, \quad (3)$$

where  $\Phi(i\omega)$  – amplitude-phase characteristic of the dynamic system;

$H(i\omega)$ ,  $X(i\omega)$  – Laplace-transformed images of random functions of the input influence  $h(t)$  and reactions  $x(t)$ ;

$A(\omega)$  – amplitude-frequency characteristic of a dynamic system;

$\varphi(\omega)$  – phase-frequency characteristic of a dynamic system;

$\omega$  – frequency of oscillations.

The frequency response has the greatest importance in determining the technical condition. Both amplitude-phase characteristic and its components – amplitude-frequency characteristic and phase-frequency characteristic can be obtained theoretically and experimentally.

Let's denote the random functions at the output of the system:

$x(t)$  – vertical movements of the wheeled vehicle frame;

$\ddot{x}(t)$  – acceleration of a wheeled vehicle;

$x_0(t)$  – vertical relative movements of the frame and wheels.

To establish the relationship between frequency characteristics as the main characteristics of the technical state of the steering axle and its parameters, we will consider the theoretical method of their determination.

For this purpose, we will write the differential equations of vertical vibrations of a wheeled vehicle and find the amplitude-phase characteristic using the direct Laplace transformation.

Then, taking into account the well-known assumptions [6-8], the oscillating system equivalent to the front and rear parts of the wheeled vehicle will be represented by a two-mass system, the differential equations of motion of which have the form:

$$\left. \begin{aligned} -M \ddot{x}_0 + M \ddot{\psi} - k \dot{x}_0 - c x_0 &= 0; \\ m \ddot{\phi} + k \dot{x}_0 + c x_0 + k_{uu} \dot{\psi} + c_{uu} \psi &= k_{uu} \dot{h} + c_{uu} h, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

where  $M$  – reduced sprung mass;

$m$  – mass of unsprung parts of a wheeled vehicle;

$k$  – the drag coefficient of the steering axle of a wheeled vehicle;

$k_{uu}$  – coefficient of resistance of tires;

$\psi$  – vertical movement of wheels;

$h$  – changing the height of the unevenness under the wheel.

Applying the direct Laplace transform to the system of equations (4) taking into account zero initial conditions, we obtain:

$$\left. \begin{aligned} L\left[-M\ddot{x}_0 + M\ddot{\psi} - k\dot{x}_0 - cx_0\right] &= 0; \\ L\left[m\ddot{\psi} + k\dot{x}_0 + cx_0 + k_{uu}\dot{\psi} + c_{uu}\psi\right] &= L\left[k_{uu}\dot{h} + c_{uu}h\right]. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Substituting representation of functions  $x_0(t)$ ,  $\psi(t)$ ,  $h(t)$  and their derivatives in the system of equations (5), we will have:

$$\left. \begin{aligned} -Ms^2X_0(s) + McX_0(s) - ksX_0(s) - cX_0(s) &= 0; \\ -ms^2\Psi(s) + ksX_0(s) + cX_0(s) + k_{uu}s\Psi(s) + c_{uu}\Psi(s) &= k_{uu}sH(s) + c_{uu}H(s), \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

where  $X_0(s)$ ,  $\Psi(s)$ ,  $H(s)$  – the Laplace representation of functions  $x_0(t)$ ,  $\psi(t)$ ,  $h(t)$ .

Solving the last system of equations, we find the compression transfer function of the elastic elements of the steering axle:

$$\Phi_{x_0}(s) = \frac{X_0(s)}{H(s)} = \frac{a_1s^2 + a_2s^3}{b_0 + b_1s + b_2s^2 + b_3s^3 + b_4s^4}, \quad (7)$$

where  $a_1 = Mc_{uu}$ ;  $a_2 = Mk_{uu}$ ;  $b_0 = cc_{uu}$ ;  $b_1 = kc_{uu} + k_{uu}c$ ;  $b_2 = Mc + Mc_{uu} + mc + kk_{uu}$ ;  $b_3 = Mk + Mk_{uu} + mk$ ;  $b_4 = Mm$ .

Substituting a complex variable  $s = i\omega$  (where  $i$  – imaginary unit), we will obtain the amplitude-phase characteristic of the compression of the elastic elements of the steering axle:

$$\Phi_{x_0}(i\omega) = \frac{-a_1\omega^2 - a_2i\omega^3}{b_0 + b_1i\omega - b_2\omega^2 - b_3i\omega^3 + b_4\omega^4}. \quad (8)$$

The amplitude-phase characteristic module is called amplitude-frequency characteristic and is determined

$$|\Phi_{x_0}(i\omega)| = \frac{|a_1\omega^2 + a_2i\omega^3|}{|b_0 - b_2\omega^2 + b_4\omega^4 + (b_1\omega - b_3\omega^3)i|} = A_{x_0}(\omega). \quad (9)$$

Squared amplitude-phase characteristic of the compression of the elastic elements of the steering axle:

$$[A_{x_0}(\omega)]^2 = \frac{a_1^2\omega^4 + a_2^2\omega^6}{(b_0 - b_2\omega^2 + b_4\omega^4)^2 + (b_1\omega - b_3\omega^3)^2}. \quad (10)$$

The transfer function of the vertical movements of the wheeled vehicle frame can be found from the condition

$$X(s) = \Psi(s) - X_0(s) \quad (11)$$

where  $X(s)$  – the Laplace representation of functions  $x(t)$ .

Then from equations (6, 7, 11) we find the transfer function of the vertical velocities of the steering axle and frame of the wheeled vehicle

$$\Phi_x(s) = \frac{X(s)}{H(s)} = \frac{ks + c}{Ms^2} \Phi_{x_0}(s). \quad (12)$$

Substituting a complex variable  $s = i\omega$  and squaring the last expression, we get the frequency response of the vertical movements of the steering axle and frame of the wheeled vehicle:

$$[A_x(\omega)]^2 = \frac{k^2\omega^2 + c^2}{M^2\omega^4} [A_{x_0}(\omega)]^2. \quad (13)$$

Since the transfer function of vertical accelerations

$$\Phi_{\ddot{x}}(s) = s^2\Phi_x(s),$$

then the amplitude-frequency characteristic of these accelerations

$$[A_{\ddot{x}}(\omega)]^2 = \frac{k^2\omega^2 + c^2}{M^2} [A_{x_0}(\omega)]^2. \quad (14)$$

Amplitude-frequency characteristic of full vertical dynamic loads transmitted through an unsprung mass to the frame of a wheeled vehicle:

$$A_n(\omega) = MA_x(\omega). \quad (15)$$

When changing the parameters of individual elements of the steering axle, the amplitude-frequency characteristic will change accordingly.

Determination of frequency characteristics is the basis of diagnostics of steering axles of wheeled vehicles.

### References

1. Кисликів В.Ф., Лушик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. Київ : Либідь, 2018. 400 с.
2. Біліченко В.В., Крещенецький В.Л., Кукурудзяк Ю.Ю., Цимбал С.В. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів. Вінниця: ВНТУ, 2012. 118 с.
3. Аулін В.В., Гриньків А.В. Теоретичне обґрунтування моментів контролю технічного стану систем і агрегатів засобів транспорту. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. 2017. № 8. С. 9-20.
4. Мигаль В.Д. Вібраційні методи оцінки якості тракторів на стадіях проектування, виготовлення та експлуатації : автореф. дис... д-ра техн. наук : 05.22.02. Харків, 2003. 32 с.
5. Біліченко В. В., Борисюк Д.В. Методи віброакустичного діагностування технічного стану вузлів і агрегатів машин. *Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій* : VI-а Міжн. конф., м. Вінниця, 13-15 вересня 2018 р.: тези доповіді. Вінниця: ВНТУ, 2018. С. 34-36.
6. Борисюк Д.В., Яцковський В.І. Стійкість руху керованих коліс тракторів. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2016. № 1 (81). С. 19-22.
7. Анісімов В.Ф., Борисюк Д.В., Черкевич О.В. Власні коливання керованого моста трактора без урахування згасання. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2016. № 2 (82). С. 66-68.
8. Borysiuk D., Spirin A., Trukhanska O., Shvets L., Zelinsky V. Mathematical model of a wheeled tractor steering axle as an object of diagnostics. *ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture*. 2017. Vol. 17. No.1. P. 41-47.

**Борисюк Дмитро Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент, старший викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

**Зелінський Вячеслав Йосипович** – асистент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету

**Варчук В'ячеслав Володимирович** – асистент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету

**Borysiuk Dmytro** – candidate of technical sciences, associate professor, senior lecturer of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

**Zelinsky Viacheslav** – assistant of the department of automobiles and transport management of Vinnytsia National Technical University

**Varchuk Vyacheslav** – assistant of the department of automobiles and transport management of Vinnytsia National Technical University



UDC 629.3.016

Marmut I., Zuiev V., Chornyi I.

## ON THE QUESTION OF DETERMINING THE MOMENT OF INERTIA OF THE ENGINE CAR

*The results of measuring the moment of inertia of the Skoda Octavia engine with a volume of 1.8 l on a roller stand with the clutch engaged for overruns in three modes were analyzed. The deceleration of the "car-stand" system and the coasting of the engine, which is disconnected from the transmission, were also calculated.*

**Key words:** moments of inertia of the transmission and engine, roller stand, inertial mass, coasting, deceleration of the system.

*Проаналізовано результати вимірювань моменту інерції двигуна автомобіля Skoda Octavia об'ємом 1,8 л на роликовому стенді з включеним зчепленням за вибігами в трьох режимах. Також проведено обчислення сповільнення системи «автомобіль-стенд» та вибігу двигуна, який від'єднаний від трансмісії.*

**Ключові слова:** моменти інерції трансмісії та двигуна, роликовий стенд, інерційна маса, вибіг, сповільнення системи.

**Introduction.** The technical condition and dynamic properties of the car are largely determined by the power unit (engine) and transmission. In order to accurately calculate the standards of the diagnostic parameters of the above-mentioned elements of the car during bench diagnostics, it is necessary to know the given moments of inertia (inertia masses) of the wheels, parts of the transmission, and the engine. It is also important to determine the movement resistance both during road and bench tests. The results of research on the above-mentioned issues were presented at different times in the works of researchers of the department of technical operation and service of cars of the KhNAHU [1, 2]. Let's consider the method of determining the moment of inertia of an internal combustion engine using the example of a passenger car.

**Research results.** One of the well-known methods of determining the moment of inertia of an internal combustion engine is that a series of accelerations (three) are performed on the car in different states of the transmission. Accelerations are performed with one hanging wheel. The transmission is accelerated in all cases in a certain range of angular velocities from  $\omega_1$  to  $\omega_2$

In the first case, only the engine is accelerated in this range in order to calculate the acceleration. In the second case, the engine is accelerated with the transmission and without the wheel for the same purpose. In the third case, the engine and transmission are accelerated. In the third experiment, a reference disk with a known moment of inertia is installed instead of a wheel. Then a system of three equations is formed, which is solved relative to the value of the moment of inertia of the engine. It should be noted that this is reliable when the engine torque in all three cases is the same in the selected speed range. This assumption is valid if we proceed from the external speed characteristics of the engine. But during dynamic acceleration of the engine, you should not focus on the external speed characteristic of the engine. Various studies indicate that the torque during engine acceleration is a very unstable parameter and depends on many factors: a large variation in the combustion process, the pace of pressing the fuel pedal, uneven load [3]. As a result, there is a discrepancy in acceleration in two successive accelerations.

Therefore, this method can be recommended only for rough estimation problems. To exclude the influence of torque instability during acceleration on the accuracy of determining the moment of inertia of an internal combustion engine, coasting can be used for the same purpose. Next, the experimental method proposed by the authors is described.

For this purpose, experimental studies of the Skoda Octavia car with a 1.8-liter engine were

conducted. An inertial roller stand of a mobile car diagnostic station was used as a tool.

When experimentally determining the moment of inertia of the engine, it is suggested to use the reduced inertial mass of the roller stand (which is equal to 200 kg for the stand) as an additional mass.

The equation for the coasting of the reduced inertial masses of the car on the roller stand:

$$m \cdot j = \sum F_{res}, \quad (1)$$

where  $m$  – is the total mass of the rotating parts of the car and the stand, reduced to the contact of the wheel with the roller, kg;

$j$  – acceleration of deceleration,  $m/s^2$ ;

$\sum F_{res}$  – is the total force of resistance to the movement of the rotating parts of the car and the stand, N.

In an expanded form, the process of running a car on a stand with a disconnected and connected transmission can be written in the form of a system of three equations:

$$\begin{cases} (m^e + m^{tra} + 2 \cdot m^w + m^{st}) \cdot j^{as} = F_{res}^r + F_{res}^{tra} + F_{res}^k + F_{res}^{st} + F_N \\ (m^{tra} + 2 \cdot m^w + m^{st}) \cdot j^{tr} = F_{res}^{tra} + F_{res}^k + F_{res}^{st} + F_N \\ m^e \cdot j^e = F_{res}^e \end{cases} \quad (2)$$

Indices  $e$ ,  $tra$ ,  $st$  respectively refer to the rotating parts of the engine, car transmission and stand transmission.

Hence, substituting the second and third equations of the system into the first equation, we get:

$$(m^e + m^{tra} + 2 \cdot m^w + m^{st}) \cdot j^{as} = m^e \cdot j^e + (m^{tra} + 2 \cdot m^w + m^{st}) \cdot j^{tr}. \quad (3)$$

After transformations: 
$$m^e = \frac{(j^{tr} - j^{as}) \cdot (m^{tra} + 2 \cdot m^w + m^{st})}{j^{as} - j^e}. \quad (4)$$

Therefore, to determine the reduced mass of the engine, it is necessary to know the deceleration of the entire "car-stand" system  $j^{as}$  (of a car with a closed transmission together with a stand), deceleration of a car on a stand without an engine  $j^{tr}$  (transmission open) and deceleration of the crankshaft of the engine  $j^e$  conditionally connected to the wheels of the car. The given masses of wheels, transmission and stand were determined in previous experiments. To determine the above-mentioned decelerations, an experiment was conducted, which consisted of a cycle of accelerations and run-outs of a Skoda Octavia car installed on a roller stand. The first three runs took place with the transmission closed, and the last run – with the transmission open.

During the experiment, using the computerized diagnostic complex of the diagnostic station, the following indicators were recorded depending on the time of the process: degree of throttle opening, %; wheel speed on the periphery of the working roller of the stand (hereinafter the speed of the car on the stand), km/h; engine crankshaft rotation frequency,  $\text{min}^{-1}$ ; the load created by the loading device of the stand, N (Fig. 1).

To determine the decelerations, each section of the run was subjected to a detailed analysis. The run-out section was considered to be the section where the percentage of throttle opening was less than 6%, and the duration of fuel injection corresponded to zero value. For the first run, this is a speed range from 94.4 to 39.9 km/h based on the circular speed of the stand rollers. The average rolling radius of the wheel on the rollers of the stand at a speed of 60 km/h in coasting mode was 0.309 m.

The second-degree polynomial was used to process the section of the curves of the vehicle coasting on the stand with the transmission open (the reduced masses of the two wheels and the transmission of the car and the stand are involved) and the engine coasting in the range of speeds from 80 to 40 km/h.

The deceleration was determined by numerical differentiation of the obtained velocity values on the site. The average value of the deceleration in three dimensions at a speed of 60 km/h was  $j^{as} = 2,62 \text{ m/s}^2$ . The average acceleration deceleration of the engine disconnected from the transmission was  $j^e = 8,40 \text{ m/s}^2$ . The average acceleration deceleration of the car and stand transmission was  $j^{tr} = 1,23 \text{ m/s}^2$ .

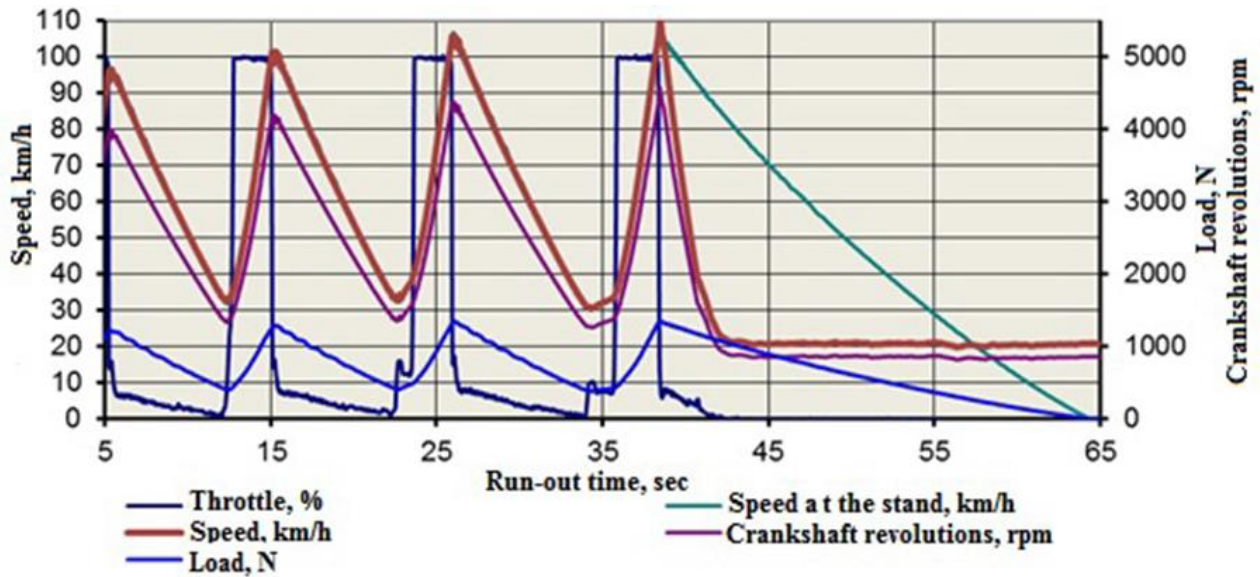


Figure 1 – Parameters registered in the experiment

By substituting the numerical values of the obtained decelerations, as well as the reduced masses of the stand, wheels and transmission into equation 4, we will calculate the numerical value of the reduced mass of the engine:

$$m^e = \frac{(1,23-2,62)(6,685+2\cdot 8,83+200)}{2,62-8,40} = 52,13 \text{ kg.}$$

The moment of inertia of the engine, reduced to the wheels:

$$J^{ew} = m^e \cdot r_w^2 \quad (5)$$

where  $r_w$  – is the rolling radius of the wheel, m.

Own moment of inertia of the engine:

$$J^e = \frac{J^{ew}}{(i_o \cdot i_g)^2}, \quad (6)$$

where  $i_o$  – is the gear ratio of the main gear;

$i_g$  – transmission ratio of the gear box.

$$J^A = \frac{52,13 \cdot 0,309^2}{(3,684 \cdot 1,308)^2} = 0,218 \text{ kg} \cdot \text{m}^2.$$

Unfortunately, in the available literature, it was not possible to find the moment of inertia of the 1.8 L engine that we had at our disposal in the experiment to compare our results with the manufacturer's data. However, the results obtained by us do not contradict the data of Czech researchers, they are quite close to their values and are between the values of moments of inertia for engines with a volume of 1.6 and 2.0 liters [4].

**Conclusions.** A preliminary evaluation showed that the proposed method for determining the moment of inertia of the rotating parts of the car, including the engine, can be used for practical application.

The proposed method gives results that do not exceed the values obtained by more accurate methods and can be recommended for estimating the moment of inertia of a car engine in the absence of reliable data.

In order to reduce the variation of the results, it is necessary to increase the number of test cycles of acceleration and coasting.

## References

1. Мармут. І.А., Зуєв В.О., «Експериментальне дослідження моменту інерції трансмісії легкового автомобіля», *Науковий журнал ЛНТУ «Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті»*, № 2(19), с. 123-130. 2022.
2. Е.Х. Рабінович, В.П. Волков та ін. *Дорожнє діагностування легкових автомобілів:*

монографія. Харків, Україна: ХНАДУ, 2018, 279 с.

3. Performance measurements on chassis dynamometers (“rolling roads”). Published by Rototest Research Institute, March 2005. Part 2/2. SAL-N05030802-CH2-PRI04.pdf. Available: <http://rototest-research.eu/index.php?DN=30>. Accessed on: March 19, 2024.

4. Martin PEKA, Josef POŠTA, Zdeněk ALEŠ, Bohuslav PETERKA. Moment of inertia measurement of vehicle engine. Maintenance and Reliability. Warsaw, 2010. №3. S. 44-47. Available: <https://archive.ein.org.pl/sites/default/files/2010-03-07.pdf>. Accessed on: March 19, 2024.

**Marmut Ihor** – Ph. D. (Eng), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Technical Operation and Service of Cars, Kharkiv National Automobile and Highway University, e-mail: [mia2005.62@ukr.net](mailto:mia2005.62@ukr.net).

**Zuiev Volodymyr** – Chairman of the Cycle Committee, Teacher of Special Disciplines, Vyacheslav Chornovol Halych Vocational College, Ternopil, e-mail: [vlal.zuyev@gmail.com](mailto:vlal.zuyev@gmail.com).

**Chornyi Ihor** – Postgraduate of Technical Operation and Service of Cars Department named after Prof. Govorushchenko M.Ya., Kharkov National Automobile and Highway University, e-mail: [chorniy.igor.11@gmail.com](mailto:chorniy.igor.11@gmail.com).

**Мармут Ігор Арнольдович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорушенка М.Я., Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [mia2005.62@ukr.net](mailto:mia2005.62@ukr.net).

**Зуєв Володимир Олександрович** – голова циклової комісії, викладач спеціальних дисциплін, Галицький фаховий коледж імені В'ячеслава Чорновола, м. Тернопіль, e-mail: [vlal.zuyev@gmail.com](mailto:vlal.zuyev@gmail.com).

**Чорний Ігор Володимирович** – аспірант кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорушенка М.Я., Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [chorniy.igor.11@gmail.com](mailto:chorniy.igor.11@gmail.com).

UDC 629.3

**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

*Moire methods are used for investigation of vibrations of the cases of cars and elements of transportation devices. Results of investigation of small amplitude vibrations by reflection moire are interpretable in a classical way. The influence of large amplitude vibrations on the reflected finite element mesh of bending vibrations of a plate is investigated. Results are applicable in hybrid experimental – numerical procedures of analysis of large amplitude vibrations.*

**Key words:** case of the car, large amplitude vibrations, moire methods, plate bending, hybrid experimental – numerical procedures.

*Для дослідження вібрацій кузовів автомобілів і елементів транспортних пристроїв використовують муарові методи. Результати дослідження коливань малої амплітуди відбивним муаром можна інтерпретувати класичним способом. Досліджено вплив коливань великої амплітуди на відображену кінцево-елементну сітку згинальних коливань пластини. Результати застосовні в гібридних експериментально-числових процедурах аналізу коливань великих амплітуд.*

**Ключові слова:** кузов автомобіля, коливання великої амплітуди, муарові методи, згин пластини, гібридні експериментально-числові процедури.

The investigation of moire methods of analysis of vibrations is based on the material presented in [1] – [6]. The influence of large amplitude vibrations on the reflected finite element mesh of bending vibrations of a plate is investigated. Further  $x$ ,  $y$  and  $z$  denote the axes of coordinates. Plate bending element has three nodal degrees of freedom: displacement in the directions of the  $z$  axis denoted as  $w$ , rotation about the  $x$  axis and rotation about the  $y$  axis.

The stiffness matrix has the following form:

$$[K] = \int ([B]^T [D] [B] + [\bar{B}]^T [\bar{D}] [\bar{B}]) dx dy, \quad (1)$$

where:

$$[B] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{\partial N_1}{\partial x} & \dots \\ 0 & -\frac{\partial N_1}{\partial y} & 0 & \dots \\ 0 & -\frac{\partial N_1}{\partial x} & \frac{\partial N_1}{\partial y} & \dots \end{bmatrix}, \quad [D] = \frac{h^3}{12} \begin{bmatrix} \frac{E}{1-\nu^2} & \frac{E\nu}{1-\nu^2} & 0 \\ \frac{E\nu}{1-\nu^2} & \frac{E}{1-\nu^2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{E}{2(1+\nu)} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

$$[\bar{B}] = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_1}{\partial y} & -N_1 & 0 & \dots \\ \frac{\partial N_1}{\partial x} & 0 & N_1 & \dots \end{bmatrix}, \quad [\bar{D}] = \frac{Eh}{2(1+\nu)1.2} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix},$$

where  $N_1, N_2, \dots$  are the shape functions of the finite element,  $h$  is the thickness of the plate,  $E$  is the modulus of elasticity and  $\nu$  is the Poisson's ratio.

The mass matrix has the following form:

$$[M] = \int [N]^T \begin{bmatrix} \rho h & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\rho h^3}{12} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\rho h^3}{12} \end{bmatrix} [N] dx dy, \quad (3)$$

where  $\rho$  is the density of material of the plate and:

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

The eigenmode is denoted as  $\{\delta\}$ . In order to determine nodal values of  $\frac{\partial w}{\partial x}$  and  $\frac{\partial w}{\partial y}$  the systems of linear algebraic equations are solved:

$$[\bar{K}][\{\delta_x\} \quad \{\delta_y\}] = [\bar{F}], \quad (5)$$

where  $\{\delta_x\}$  are the nodal values of  $\frac{\partial w}{\partial x}$ ,  $\{\delta_y\}$  are the nodal values of  $\frac{\partial w}{\partial y}$  and:

$$[\bar{K}] = \int [\bar{N}]^T [\bar{N}] dx dy, \quad (6)$$

where:

$$[\bar{N}] = [N_1 \quad \dots], \quad (7)$$

also where:

$$[\bar{F}] = \int [\bar{N}]^T \begin{bmatrix} \frac{\partial w}{\partial x} & \frac{\partial w}{\partial y} \end{bmatrix} dx dy, \quad (8)$$

where:

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial w}{\partial x} \\ \frac{\partial w}{\partial y} \end{Bmatrix} = [\bar{\bar{B}}] \{\delta\}, \quad (9)$$

where:

$$[\bar{\bar{B}}] = \begin{bmatrix} \frac{\partial N_1}{\partial x} & 0 & 0 & \dots \\ \frac{\partial N_1}{\partial y} & 0 & 0 & \dots \end{bmatrix}. \quad (10)$$

The distance between the photographic plate and the surface of the plate in the status of equilibrium is denoted as  $d$ . The displacements of the reflected finite element mesh in the directions of the  $x$  and  $y$  axes are denoted as  $u$  and  $v$ . When vibrations are of small amplitude:

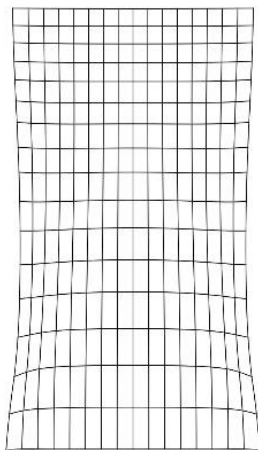
$$\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = 2d \begin{Bmatrix} \frac{\partial w}{\partial x} \\ \frac{\partial w}{\partial y} \end{Bmatrix}, \quad (11)$$

and when vibrations are of large amplitude:

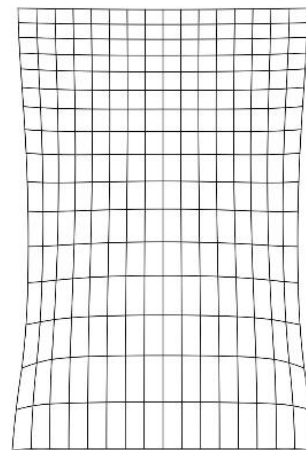
$$\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = 2(d-w) \begin{Bmatrix} \frac{\partial w}{\partial x} \\ \frac{\partial w}{\partial y} \end{Bmatrix}. \quad (12)$$

Square plate is investigated. All generalized displacements on the lower boundary are assumed to be equal to zero.

Results for the first eigenmode deflected in the positive direction are presented in Fig. 1. Results for the first eigenmode deflected in the negative direction are presented in Fig. 2. Results for the second eigenmode deflected in the positive direction are presented in Fig. 3. Results for the second eigenmode deflected in the negative direction are presented in Fig. 4.

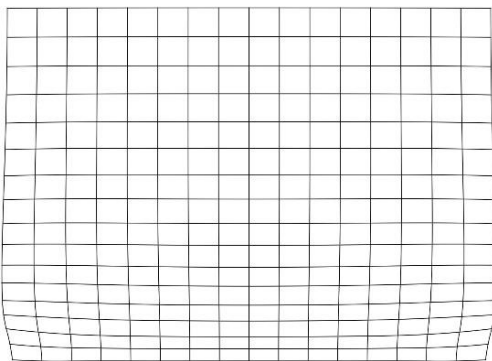


a) Vibrations with small amplitude

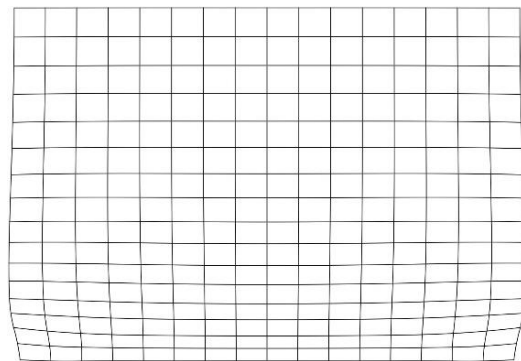


b) Vibrations with large amplitude

Figure 1 – Results for the first eigenmode deflected in the positive direction

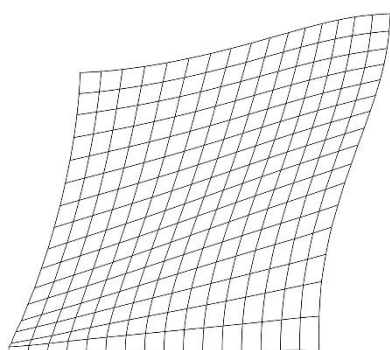


a) Vibrations with small amplitude

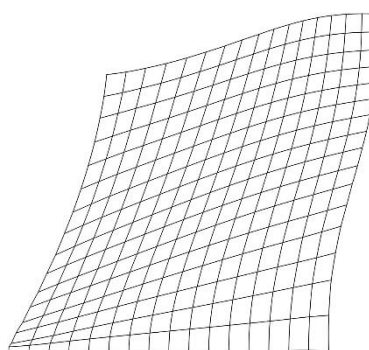


b) Vibrations with large amplitude

Figure 2 – Results for the first eigenmode deflected in the negative direction

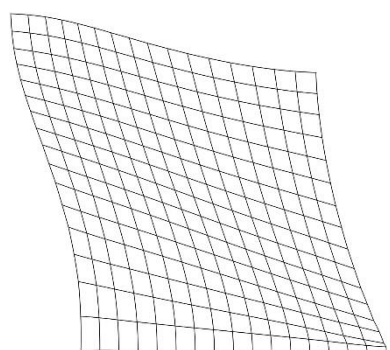


a) Vibrations with small amplitude

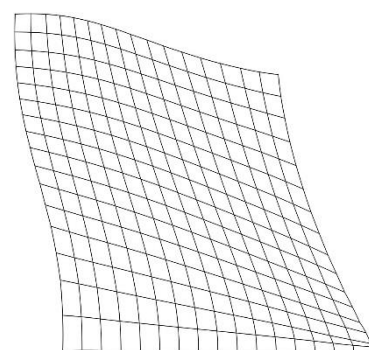


b) Vibrations with large amplitude

Figure 3 – Results for the second eigenmode deflected in the positive direction



a) Vibrations with small amplitude



b) Vibrations with large amplitude

Figure 4 – Results for the second eigenmode deflected in the negative direction

From the presented results the influence of large amplitude vibrations to the image of the reflected finite element mesh is seen. This approach is applicable in hybrid experimental – numerical procedures of analysis of large amplitude vibrations by using the method of reflection moiré.

### References

1. K. Ragulskis, R. Maskeliūnas, L. Zubavičius. Analysis of structural vibrations using time averaged shadow moiré. *Journal of Vibroengineering*. 2006. Vol. 8(3), 26-29 p.
2. R. Maskeliūnas, K. Ragulskis, A. Pauliukas, P. Paškevičius, A. Bubulis, V. Kuzhel, L. Ragulskis. Investigation of measurement of large amplitude vibrations by using the method of reflection moiré. *Agricultural Engineering*. 2021. Vol. 53, 1-7 p.
3. R. Maskeliūnas, K. Ragulskis, A. Pauliukas, P. Paškevičius, A. Bubulis, L. Ragulskis. Reflection moiré 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. 116-118 p.
4. K. Ragulskis, R. Maskeliūnas, A. Pauliukas, P. Paškevičius, A. Bubulis, L. Ragulskis. Investigation of vibrations of agricultural machines by moiré methods. *LXXVI наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, Тези доповідей, Національний транспортний університет, Kiev*. 2020. 54 p.
5. K. Ragulskis, R. Maskeliūnas, A. Pauliukas, P. Paškevičius, L. Ragulskis. Hybrid experimental – numerical procedures for measurement of vibrations by reflection moiré. *LXXVII наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та*



співробітників відокремлених структурних підрозділів університету, Тези доповідей, Національний транспортний університет, Київ. 2021. 47 р.

6. K. Ragulskis, R. Maskeliūnas, A. Pauliukas, P. Paškevičius, A. Bubulis, A. Korpach, L. Ragulskis. Measurement of vibrations of agricultural machines by using moire methods. *Agricultural Engineering*. 2021. Vol. 53, 47-54 p.

**Kazimieras Ragulskis** – Member of Academies of Sciences of the USSR and Lithuania, Professor, Habilitated Doctor, Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania.

**Arvydas Pauliukas** – Doctor, Vytautas Magnus University, Akademija, Kaunas District, Lithuania, e-mail: [arvydas.pauliukas@vdu.lt](mailto:arvydas.pauliukas@vdu.lt).

**Petras Paškevičius** – Doctor, Company “Vaivora”, Kaunas, Lithuania, e-mail: [info@vaivorairko.lt](mailto:info@vaivorairko.lt).

**Rimas Maskeliūnas** – Professor, Habilitated Doctor, Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania, e-mail: [rimas.maskeliunas@gmail.com](mailto:rimas.maskeliunas@gmail.com).

**Vytautas Maskeliūnas** – Bachelor, Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius, Lithuania, e-mail: [vytautas.maskeliunas@stud.vgtu.lt](mailto: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](mailto:kuzhel_v@vntu.edu.ua).

**Liutauras Ragulskis** – Doctor, Vytautas Magnus University, Kaunas, Lithuania, e-mail: [l.ragulskis@if.vdu.lt](mailto:l.ragulskis@if.vdu.lt).

**Казімерас Рагульскіс** – Член Академій Наук СРСР та Литви, професор, габіліт. доктор, Каунаський технологічний університет, Каунас, Литва.

**Арвідас Паулюкас** – доктор, Університет Вітовта Великого, Академія, Каунаський округ, Литва, e-mail: [arvydas.pauliukas@vdu.lt](mailto:arvydas.pauliukas@vdu.lt)

**Петрас Паішкявічус** – доктор, компанія «Vaivora», Каунас, Литва, e-mail: [info@vaivorairko.lt](mailto:info@vaivorairko.lt)

**Рімас Маскелюнас** – професор, Габіліт. доктор, Вільнюський технічний університет імені Гедімінаса, Вільнюс, Литва, e-mail: [rimas.maskeliunas@gmail.com](mailto:rimas.maskeliunas@gmail.com).

**Вітаутас Маскелюнас** – бакалавр, Вільнюський технічний університет імені Гедімінаса, Вільнюс, Литва, e-mail: [vytautas.maskeliunas@stud.vgtu.lt](mailto:vytautas.maskeliunas@stud.vgtu.lt).

**Кузель Володимир Петрович** – к.т.н., доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [kuzhel\\_v@vntu.edu.ua](mailto:kuzhel_v@vntu.edu.ua)

**Лютаурас Рагульскіс** – доктор, Університет Вітовта Великого, Каунас, Литва, e-mail: [l.ragulskis@if.vdu.lt](mailto:l.ragulskis@if.vdu.lt)

УДК 629.06

Антіпов М.М., Шугайло Ю.Б.

## РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ ТРИВИМІРНИХ ДАНИХ

*Більшість сучасних пристроїв візуалізації мають двомірну природу, що обмежує їх можливості відображення тривимірної інформації, адже вони можуть відображати лише двомірні проекції тривимірних об'єктів.*

*Представлено прототип дисплею здатного виводити дійсне тривимірне зображення.*

**Ключові слова:** адресний світлодіод, тривимірний дисплей, інженерія, підготовка спеціалістів.

*Modern visualization devices mostly are two-dimensional, which limits their ability to display three-dimensional information, as they can only display two-dimensional projections of three-dimensional objects.*

*A prototype of a display capable of displaying a real three-dimensional image is presented.*

**Keywords:** addressable LED, three-dimensional display, engineering, specialist training.

У світі постійно зростає попит на нові методи візуалізації та інтерактивної взаємодії людини-оператора з графічними об'єктами, які можуть бути інтерфейсом виконавчих пристроїв. Існує потреба у розвитку та вдосконалення засобів відображення об'єктів у тривимірному просторі. Візуалізація даних може дозволити побачити закономірності, які не завжди очевидні при роботі з текстовими, числовими, або двомірними графічними (схеми, графіки, діаграми) даними. Тривимірна візуалізація може допомогти краще уявити складні об'єкти та процеси.

Більшість сучасних пристроїв візуалізації мають двомірну природу, що обмежує їх можливості відображення тривимірної інформації, адже вони можуть відображати лише двомірні проекції тривимірних об'єктів. Існує ряд розробок для вирішення цієї проблеми, проте вони мають значні недоліки.

Одним з підходів до вирішення проблеми відображення тривимірних об'єктів є стереоскопія, проте стереоскопічне зображення лише створює ілюзію тривимірного зображення за рахунок бінокулярного зору людини. При перегляді такого зображення під іншим кутом ефект глибини зникає.

Іншим поширеним підходом є голографія. Голографічне зображення відображає об'ємне зображення незалежно від куту зору. Наприклад, існує метод побудови голограми за допомогою фемтосекундного лазера, який змушує світлитися матерію у точці фокусу. Проте такий спосіб вимагає дорогого обладнання та створює голограми дуже маленького розміру (1 см<sup>3</sup>).

Пропонується розробка прототипу тривимірного дисплею та дослідження можливостей його застосування. Пристрій повинен відображати будь-який колір на кожному тривимірному пікселі незалежно. Для керування прототипом розроблено мобільний застосунок. Комунікація між мобільним пристроєм та прототипом відбувається за допомогою бездротової технології Bluetooth LE.

За основу пристрою візуалізації тривимірних даних було вирішено взяти ідею тривимірного масиву зі світлодіодів, які формують куб розміром 8x8x8 точок, з можливістю індивідуального керування кожним світлодіодом.

Основою апаратної частини було вирішено взяти електронну платформу Arduino Nano на базі мікроконтролера Atmel ATmega328P, який містить 32КБ флеш-пам'яті та 2КБ ОЗП та працює на частоті 16МГц.

Для керування за допомогою Bluetooth було обрано готовий модуль JDY-33. Цей модуль виконує обмін даними з мікроконтролером за протоколом UART на швидкості 115200 бод, який апаратно підтримується обраним мікроконтролером.

У якості пікселей дисплею було вирішено використовувати адресні світлодіоди YF923-F5 (рис. 1). Ці світлодіоди мають в одному корпусі три світлодіоди червоного, зеленого та синього кольорів. Також у корпус адресного світлодіода вбудовано мікросхему драйвер для керування яскравістю кожного з кольорових каналів, що дозволяє отримати будь-який колір.

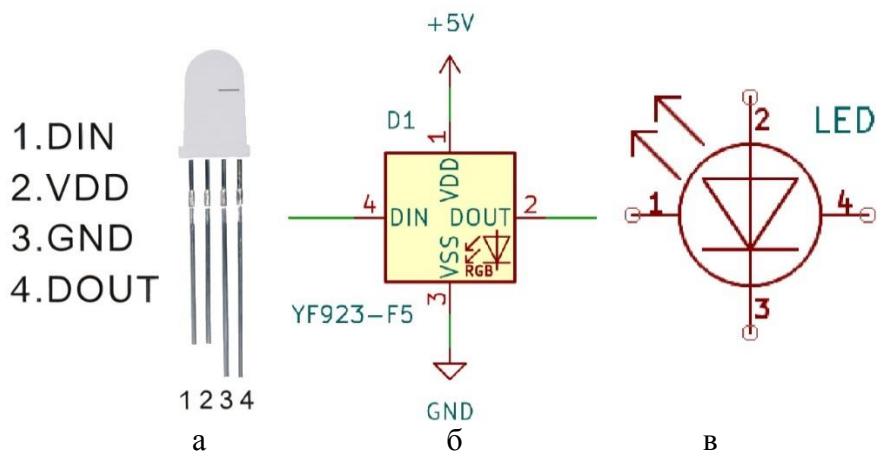


Рисунок 1 – Адресний світлодіод:

а – зовнішній вигляд; б – типова схема підключення адресного світлодіода; в – схематичне позначення адресного світлодіода

Керування таким світлодіодом відбувається за допомогою цифрового сигналу з мікроконтролера. Сигнал посиляється на один з виводів світлодіода пакетами по 3 байти – по одному на кожний колір. При отриманні більше одного пакету даних драйвер адресного світлодіода перший пакет використовує для задання кольору, а усі інші передає на інший вивід адресного світлодіода. Така поведінка дозволяє об'єднувати декілька адресних світлодіодів у каскади та керувати кожним з них індивідуально за допомогою лише одного виводу мікроконтролера.

Для зручності збирання пристрою було розроблено друковану плату, на якій розташовані усі необхідні компоненти для керування світлодіодами. Усі шари закріплені на вертикально розташованих колонах, які підтримують форму пристрою, а також виконують роль провідників для підключення живлення світлодіодів.

Для мікроконтролера було розроблено програмне забезпечення (ПЗ) мовою програмування C++ для керування світлодіодами та отримання даних з Bluetooth-модуля. Для зберігання буферу кольорів кожного світлодіода необхідно 1,5 КБ – це занадто багато при обмеженні мікроконтролера у 2 КБ ОЗП. Для вирішення цієї проблеми зберігання кольору відбувається у одному байті: перші два біти кодують значення червоного кольору, зелений та синій кодуються трьома бітами.

Для демонстрації можливостей у пристрій закодовано декілька візуальних демонстраційних ефектів та класична гра «Змійка». На рисунку 2 наведено демонстрацію ефекту «Хвиля», який виводить анімацію хвилі заданого кольору.

Перемикання режимів роботи та керування пристроєм відбувається з мобільного пристрою смартфона або планшета. Мобільний застосунок написано мовою програмування Java для операційної системи Android. Застосунок відображає статус підключення до пристрою та має необхідний інтерфейс для перемикання демонстраційних ефектів.

Наразі, мобільний застосунок дозволяє керувати демонстраційними ефектами та можливість ручного завдання кольору кожного окремого пікселя. У майбутньому можливо додати у застосунок функціонал для відображення інформації професійного спрямування без

внесення змін у ПЗ пристрою. Також передбачено можливість розвитку самого пристрою завдяки додаванню різноманітних датчиків.

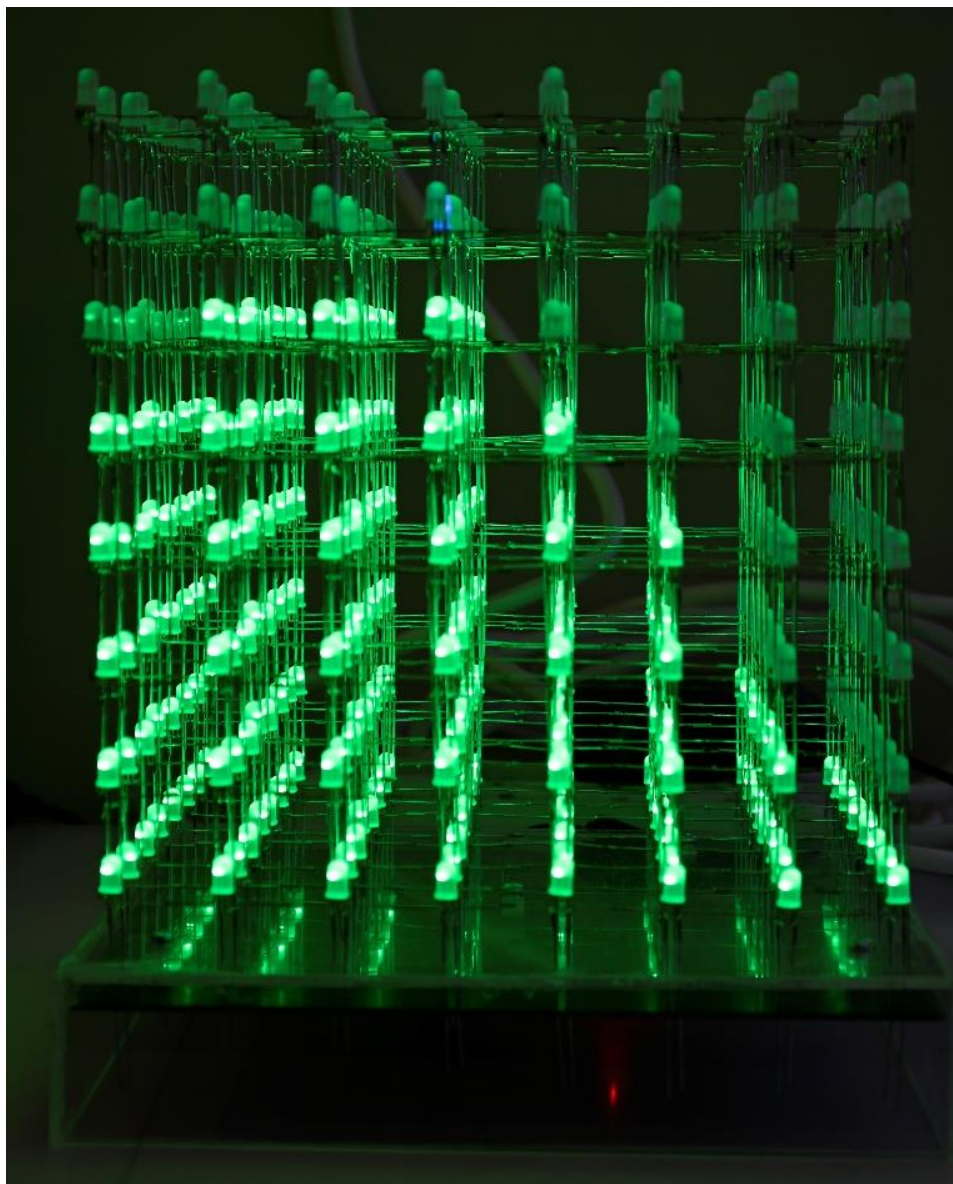


Рисунок 2 – Ефект «Хвиля»

Розроблений прототип демонструє можливість виведення тривимірної графіки у дійсно тривимірному просторі. Проте пристрій має низьку роздільну здатність, адже світлодіоди мають кінцеві розміри – габарити. Також пристрій має багато простору між світлодіодами через необхідність залишити достатньо простору для ручного з'єднання компонентів. З цих причин практичне застосування цього дисплею значно обмежено.

Для практичної реалізації тривимірного дисплею високої роздільної здатності можна використовувати багато звичайних двовірних дисплеїв один над одним. Для забезпечення можливості відображати пікселі одночасно як на передній, так і на задній грані можливо використовувати прозорі дисплеї. На сьогодні вже існують технології виготовлення двовірних прозорих дисплеїв.

Тривимірні дисплеї можуть використовуватись у сфері інженерії, адже є потужним інструментом для проектування та моделювання транспортних засобів, деталей та споруд. Вони дозволяють інженерам отримувати глибше розуміння просторових відносин і взаємодій об'єктів, що сприяє вдосконаленню проектних рішень та зменшенню ризику помилок.

Також дисплеї такого типу можуть підвищити ефективність навчання, зробивши матеріал більш наочним та доступним. Вони допомагають у створенні візуально привабливих та інтерактивних навчальних матеріалів, що полегшує розуміння складних концепцій та підготовку спеціалістів.

#### Список використаних джерел

1. Y. Ochiai та ін. Fairy Lights in Femtoseconds. 2015. URL: <https://digitalnature.slis.tsukuba.ac.jp/2015/06/fairy-lights-in-femtoseconds/> (дата звернення 29.03.2024).
2. YF923-F5-F8 Specifications. URL: <https://cdn.sparkfun.com/assets/a/b/1/e/1/DS-12877-LED - RGB Addressable PTH 8mm Diffused 5 Pack .pdf> (дата звернення 29.03.2024).
3. Banzl M. Getting started with Arduino. 2014. 245 с.
4. R. Davidson та ін. Getting Started with Bluetooth Low Energy: Tools and Techniques for Low-Power Networking. O'Reilly Media, 2014. 180 с.

**Антіпов Михайло Михайлович** – студент 4-го курсу, факультету математики, фізики та інформаційних технологій Одеського національного університету імені І. І. Мечникова

**Шугайло Юрій Борисович** – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри комп'ютерних систем та технологій, доцент кафедри КСТ Одеського національного університету імені І. І. Мечникова

**Antipov Mykhailo** – 4th-year student, Faculty of Mathematics, Physics and Information Technologies, Odesa National I. I. Mechnikov University

**Shugailo Yurii** – candidate of Physical and Mathematical Sciences, docent of the Department of Computer Systems and Technologies, docent of Computer Systems and Technologies, Odesa National I. I. Mechnikov University

УДК 629.331

Балицький О.І., Колесніков В.О., Гаврилюк М.Р., Іваськевич Л.М.

## ДІАГНОСТИКА ТА РОЗБУДОВА ВОДНЕВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

*Зроблено стислий аналіз, щодо необхідності проведення діагностики та розбудови водневої інфраструктури у зв'язку з очікуванням розвитку водневої економіки.*

**Ключові слова:** водень, водневі технології, водневий автомобільний транспорт, водневий автомобіль, паливо, екологія, майбутнє, воднева інфраструктура.

*A brief analysis is made of the need to diagnose and develop hydrogen infrastructure in connection with the expected development of the hydrogen economy.*

**Key words:** hydrogen, hydrogen technologies, hydrogen road transport, hydrogen car, fuel, environment, future, hydrogen infrastructure.

Очікується, що широкомасштабна комерціалізація транспортних засобів, що використовують водень в якості палива буде поступово збільшуватись, що буде супроводжуватись розвитком водневої економіки для досягнення низького впливу викидів палива на навколишнє середовище.

Для діагностики (забезпечення безпечної експлуатації) вже існуючої та створення нової водневої інфраструктури для автомобільного транспорту важливо враховувати ключові аспекти, висвітлені в наданих джерелах [1-26]:

**Технологія водневих паливних елементів (Hydrogen Fuel Cell Technology).** Транспортні засоби на водневому паливі можуть працювати від водневих двигунів внутрішнього згоряння або силових агрегатів електромобілів на паливних елементах (FCEV - fuel cell electric vehicle). Такі транспортні засоби (FCEV) з нульовим рівнем викидів, викидають лише воду та тепло як побічні продукти.

**Розвиток інфраструктури (Infrastructure Development).** Інновації при створенні паливних елементів, зберіганні водню та інфраструктурні проекти мають вирішальне значення для зручної експлуатації водневих автомобілів. Наприклад, інфраструктура автобуса з нульовим рівнем викидів (ZEB - Zero Emission Bus) компанії AC Transit включає виробництво водню на місці, заправку, технічне обслуговування та навчання персоналу, що демонструє комплексний підхід до водневої інфраструктури.

**Викиди та безпека (Emissions and Safety).** Хоча FCEV є транспортними засобами з нульовим рівнем викидів, деякі шкідливі викиди можуть утворюватися під час виробництва, транспортування та заправки водневого палива. Проблеми безпеки водневого транспорту були успішно вирішені хімічною промисловістю, що підкреслює важливість забезпечення безпеки при розвитку водневої мобільності.

**Вартість та ефективність (Cost and Efficiency).** Водень є поширеним і універсальним, але його складно та дорого транспортувати, зберігати й використовувати через його «легку» природу, що вимагає стиснення або зрідження. Очікується, що зі збільшенням масштабів використання водню витрати знижуватимуться, що зробить його більш конкурентоспроможним порівняно з іншими джерелами енергії.

В публікації [26] розглянуті аспекти бачення Hyundai Motor Group щодо створення інфраструктури для водневого суспільства, які включають:

**Будівництво інфраструктури.** Hyundai Motor Group активно інвестує у створення інфраструктури для виробництва, транспорту та постачання водню, що є ключовими елементами для реалізації екологічного водневого суспільства

**Виробництво водню.** Для забезпечення сталого постачання водню у суспільство, Hyundai Motor Group буде заводи з виробництва водню, такі як Susoriformer, які дозволяють

видобувати великі обсяги водню з природного газу.

**Роль водню у суспільстві.** Плани Hyundai Motor Group на 2040 рік передбачають широке застосування водню не лише у транспорті, але й у інших галузях, що сприятиме досягненню карбонової нейтральності та створенню сталого майбутнього.

Це показує активний підхід Hyundai Motor Group до розвитку водневої інфраструктури та стратегічне бачення компанії щодо ролі водню у майбутньому екологічному суспільстві.



Рисунок 1 – Приклад бачення водневої інфраструктури Hyundai Motor Group [26]

Зосередившись на вищезгаданих аспектах, зацікавлені сторони можуть ефективно діагностувати, планувати та впроваджувати водневу інфраструктуру для автомобільного транспорту, забезпечуючи сталий та ефективний перехід до транспортних засобів, що працюють на водні.

### Список використаних джерел

1. Hydrogen in Transportation. Green Vehicle Guide. U.S. Environmental Protection Agency. URL: <https://www.epa.gov/greenvehicles/hydrogen-transportation>.
2. Review of transportation hydrogen infrastructure performance and reliability. U.S. Department of Energy Office of Scientific and Technical Information. URL: <https://www.osti.gov/biblio/1506613>.
3. Bethoux, O. Hydrogen Fuel Cell Road Vehicles and Their Infrastructure: An Option towards an Environmentally Friendly Energy Transition. *Energies* 2020, 13, 6132. <https://doi.org/10.3390/en13226132>.
4. Unveiling the Hydrogen Highway: The Future of Transportation with Hydrogen Cars. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/unveiling-hydrogen-highway-future-transportation-cars-qfanf>.
5. Jennifer Kurtz, Sam Sprik, Thomas H. Bradley, Review of transportation hydrogen infrastructure performance and reliability, *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume 44, Issue 23, 2019, Pages 12010-12023, ISSN 0360-3199, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.03.027>.
6. Шрайбер О.А., Дубровський В.В., Тесленко О.І. Сучасний стан і перспективи розвитку водневої енергетики у світі. *Енергетика*. С. 199 - 209. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.5/30>.
7. 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.
8. 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.

9. 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.

10. Бувалець М. Ю., Рулевська Т. Ф., Колесніков В. О. Стан впровадження водневих технологій на сучасному транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-та міжн. науково-практичн. конф., 12–13 квітня 2018 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2018. С. 97–102.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. Бахмут М. І.; Колесніков В. О. Приклади впровадження деяких нових технологій в автомобілебудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: X-та міжн. науково-прак. конф., 14–15 квітня 2022 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 10–13.

15. Балицький О.І., Колесніков В.О., Гаврилюк М.Р. Стан розвитку та впровадження водневих технологій. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-прак. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 15–19.

16. Колесніков Валерій Олександрович. Перспективи використання зеленого водню для різних технічних галузей. Актуальні питання, проблеми та перспективи розвитку науки та освіти: зб. матеріалів I Всеукр. міждисцип. наук.-прак. конф. 27-28 квіт. 2022 р. Полтава: Вид-во ДЗ «Луганський національний університет ім. Т. Шевченка», 2022. С. 211–215.

17. 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.

18. Колесніков Валерій. Значення зеленого водню для енергетичної та транспортних галузей. 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. 407-408. ISBN 978-617-8016-78-4. <https://doi.org/10.12958/978-617-8016-78-4-2023>.

19. В.О. Колесніков. Впровадження водневих технологій на транспорті та суміжних галузях. XVI Міжнар. наук-прак. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 179-181. ISBN 978-966-641-950-0.

20. 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.

21. Савінова В. В., Стадник О. І., Колесніков В. О. Розвиток і впровадження нанотехнологій в автомобілях. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: V-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2017 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 121–124.



22. 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. ISBN 978-966-641-950-0.

23. 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.

24. Шуліка С. О., Серіков О. Р. Гібридні автомобілі. // Матеріали І всеукраїнської наукової інтернет-конференції студентів та молодих вчених 16 квітня 2020 рік, м. Старобільськ, Україна. С. 100 – 103.

25. Шуліка С.О., Серіков О.Р. Застосування нових технологій в гібридних автомобілях Toyota Prius. „Науковий пошук молодих дослідників”. Серія „Технічні науки”. ДЗ „ЛНУ ім. Тараса Шевченка”, 2020 № 4. м. Старобільськ. с. 79 - 87.

26. Hyundai Motor Group`s Vision for Hydrogen: Hydrogen Infrastructere That Constitutes a Hydrogen Society. URL: <https://fuelcellsworks.com/news/hyundai-motor-groups-vision-for-hydrogen-hydrogen-infrastructure-that-constitutes-a-hydrogen-society/>.

**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, кафедра експлуатації автомобілів, Західно-поморського технологічного університету у Щеціні, м. Щецін, 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, науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах, Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів.

**Гаврилюк Марія Романівна** – к.т.н., науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів.

**Іваськевич Любомир Михайлович** – к.т.н., старший науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, м. Львів.

**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, 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.

**Havrilyuk Maria** – PhD 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.

**Ivaskevych Ljubomyr** – PhD 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.

УДК 656.1

Бережняк І.А., Дорошук В.О.

## ОСНОВНІ АСПЕКТИ, ЗАВДАННЯ ТА ВИКЛИКИ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ В УКРАЇНІ

*Для структурної перебудови української економіки та її виходу на новий рівень розвитку, необхідно модернізувати транспортну логістику. Транспортна система, як артерія економічного організму, живить усі його галузі, забезпечуючи їх функціонування та взаємодію. Тому її вдосконалення стане ключовим драйвером економічного зростання.*

**Ключові слова:** транспортна логістика, види транспорту, організація перевезень, логістичні процеси.

*For the structural restructuring of the Ukrainian economy and its reaching a new level of development, it is necessary to modernize transport logistics. The transport system, as an artery of an economic organism, feeds all its branches, ensuring their functioning and interaction. Therefore, its improvement will be a key driver of economic growth.*

**Key words:** transport logistics, types of transport, organization of transportation, logistics processes.

Нагальним завданням сьогодення є нарощування обсягів перевезень, підвищення економічної ефективності та виведення на новий рівень роботи вітчизняних вантажних та пасажирських перевізників, а також експедиторів. Ці завдання стосуються не лише внутрішніх маршрутів, адже транспортна логістика, як інноваційна методологія оптимізації та організації раціональних вантажопотоків з їх обробкою в спеціалізованих логістичних центрах, дає можливість істотно підвищити ефективність цих потоків, знизити непродуктивні витрати та привести роботу транспортних компаній до сучасних стандартів. Це дозволить їм максимально відповідати потребам все більш вимогливих клієнтів та ринку.

Транспорт, будучи галуззю матеріального виробництва, має свою специфічну продукцію – сам процес переміщення товарів. В рамках логістичної системи транспорт відіграє ключову роль: він не лише є складовою основних функціональних галузей логістики, але й пропонує на ринку товарів і послуг свою продукцію – транспортні послуги, за які отримує прибуток. Транспортна галузь потребує комплексних рішень, адже проблеми з недостатнім обсягом перевезень та нерентабельністю поєднуються з викликами, зумовленими складною економічною ситуацією в країні. Працівникам транспортної сфери необхідно оптимізувати логістичні процеси, підвищувати якість послуг та мінімізувати витрати, щоб забезпечити ефективну роботу в сучасних умовах.

Головне завдання транспортної логістики – це забезпечення безперебійного руху товарів та транспортних засобів від початкового пункту до кінцевого, уникаючи будь-яких затримок чи перешкод.

Функції логістично-транспортної системи та стратегії її розробки можна розділити на три основні категорії. Перша категорія стосується формування ринкових зон обслуговування, прогнозування матеріалопотоків, їх опрацювання в системі обслуговування та інших аспектів оперативного управління й регулювання матеріалопотоків. Друга категорія стосується розробки системи організації транспортних процесів, включаючи планування перевезень, розподілу видів діяльності, формування вантажопотоків, розклад руху транспортних засобів. Третя категорія охоплює логістику запасів: планування потреб у запасах, закупівля, зберігання, транспортування та розподіл товарів. Оптимізацію складських операцій: розміщення запасів, управління запасами, автоматизація складських процесів. Використання

інформаційних технологій: впровадження систем управління запасами (WMS), ERP-систем та інших ІТ-рішень для підвищення ефективності логістики.

Для успішного функціонування в ринкових умовах транспортна галузь потребує активного розвитку за такими напрямками:

- Глибоке розуміння потреб ринку за допомогою ретельного дослідження попиту на транспортні послуги в регіонах.
- Забезпечення бездоганного сервісу для клієнтів, що включає високу якість обслуговування, надійність та чітке виконання зобов'язань.
- Оптимізація логістичних процесів шляхом вдосконалення вантажно-розвантажувальних та складських робіт.
- Розширення спектру послуг, що пропонуються клієнтам, крім основних транспортних послуг, надаючи інформаційну, експедиційну та інші супутні послуги.
- Укріплення договірної бази для чіткої регламентації взаємовідносин з партнерами та клієнтами, що мінімізує ризики та гарантує взаємну вигоду.
- Надання комплексного сервісу, що включає не лише транспортні послуги, але й ремонт, технічне обслуговування та інші послуги, пов'язані з експлуатацією транспортних засобів.
- Співпраця з іншими компаніями у форматі спільних підприємств, асоціацій, акціонерних товариств, орендних фірм тощо, що дозволить розширити можливості та отримати доступ до нових ресурсів.
- Створення посередницьких структур, які б надавали послуги з постачання рухомого складу, матеріально-технічного забезпечення, маркетингу та реклами, звільняючи транспортні підприємства від цих функцій.
- Впровадження контейнерних перевезень як економного, зручного та безпечного методу транспортування, що відповідає сучасним стандартам.

Ефективність логістики транспортування значною мірою залежить від диверсифікації видів перевезень, що здійснюються з використанням різних типів транспортних засобів (рис. 1).



Рисунок 1 – Вплив різноманітних видів транспорту на логістику

Важливу роль у логістиці транспортування відіграють також організаційно-економічні аспекти перевезень. На залізничному транспорті найбільш прогресивними та економічно вигідними видами перевезень є контейнерні та пакетні перевезення. В автомобільному транспорті значного поширення набула організація перевезень з використанням транспортних терміналів, що дозволяє оптимізувати логістичні процеси та знизити витрати.

Контейнерні перевезення на залізничному транспорті забезпечують збереження вантажів, скорочують час завантаження-розвантаження, знижують транспортні витрати, використовуються для перевезення різноманітних вантажів, зокрема штучних, насипних, рідких. Також можуть бути мультимодальними, тобто здійснюватися з використанням різних видів транспорту.

Пакетні перевезення на залізничному транспорті передбачають перевезення вантажів, упакованих в пакети на піддонах, забезпечують більш швидке завантаження-розвантаження,

порівняно з контейнерними перевезеннями, використовуються для перевезення штучних вантажів.

Організація перевезень з використанням транспортних терміналів забезпечує комплексне обслуговування вантажів, включаючи завантаження-розвантаження, зберігання, перевалку, оформлення документів, дозволяє оптимізувати маршрути перевезень, скоротити час доставки, знизити транспортні витрати. Використовується для перевезень різноманітних вантажів різними видами транспорту.

При виборі виду транспортування ключовими факторами є:

- швидкість доставки: час, необхідний для доставлення вантажу до кінцевого пункту призначення;
- надійність: дотримання графіка доставки та мінімізація ризику затримок;
- географічна доступність: можливість доставки вантажу до будь-якої точки на карті;
- гнучкість: можливість перевезення як великих партій, так і дрібних відправлень;
- вартість: загальні витрати на транспортування, включаючи тариф за перевезення, додаткові збори та інші пов'язані витрати;

Вартість транспортування, як правило, найвища при використанні автомобільного транспорту.

Отже, транспортна логістика є важливою галуззю економіки України, яка має значний потенціал для розвитку. Вирішення проблем транспортної логістики дозволить підвищити конкурентоспроможність українських товарів на світовому ринку, знизити транспортні витрати для українських підприємств та стимулювати розвиток економіки країни.

#### Список використаних джерел

1. Еганов О. Ю., Думенко К. М., Бандура В. М., Гайша О. О., Арамян А. М., Каіров О. С., Каіров В. О., Пилипенко С. М., Гарькава В. Ф. Транспортні системи та логістика: монографія. – Варшава: RS Global Sp. Z O.O., 2021.
2. Марченко В.М., Шутюк В.В. Логістика: Підручник. – К.: Видавничий дім «Артек», 2018. – 312 с.
3. Романович Є.В., Козар Л.М., Виробнича логістика: Навч.посібник. – Харків: УкрДАЗТ,2005.

**Бережняк Іванна Андріївна** – студентка спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)», Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: [berezhniak\\_m21@nuwm.edu.ua](mailto:berezhniak_m21@nuwm.edu.ua).

**Дорошук Вікторія Олександрівна** – старший викладач кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування e-mail: [v.o.doroshchuk@nuwm.edu.ua](mailto:v.o.doroshchuk@nuwm.edu.ua).

**Berezhniak Ivanna** – student of the specialty 275 "Transport technologies (on road transport)", National university of water and environmental engineering, e-mail: [berezhniak\\_m21@nuwm.edu.ua](mailto:berezhniak_m21@nuwm.edu.ua).

**Doroshchuk Viktoriia** – senior lecturer of the Department of Transport Technology and Technical Service National university of water and environmental engineering e-mail: [v.o.doroshchuk@nuwm.edu.ua](mailto:v.o.doroshchuk@nuwm.edu.ua).

УДК 656.13:004.94

Бикадорова Н.О., Бурдун В.В., Балицька В.О.

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

*Зроблено стислий аналіз застосування комп'ютерного моделювання як засобу підвищення на автомобільному транспорті.*

**Ключові слова:** автомобіль, безпека руху, комп'ютерне моделювання.

A brief analysis of the use of computer modeling as a means of improving road transport.

**Key words:** car, traffic safety, computer modeling.

Комп'ютерне моделювання відіграє вирішальну роль у забезпеченні безпеки дорожнього руху, забезпечуючи системний підхід до розуміння та аналізу складних взаємодій у дорожніх системах. Завдяки застосуванню імітаційного моделювання системної динаміки, як зазначено в джерелах [1-3], можна виявити та проаналізувати різні фактори, що сприяють дорожньо-транспортним пригодам, і розробити стійкі рішення для підвищення безпеки на дорогах.

Використання комп'ютерного моделювання для забезпечення безпеки дорожнього руху має низку переваг, які сприяють посиленню заходів безпеки та зменшенню аварійності. Ось ключові переваги:

1. **Прогностичний аналіз (Predictive Analysis).** Комп'ютерне моделювання дозволяє розробляти моделі прогнозування аварій (CPM- crash prediction models), що дає змогу проактивно розслідувати дорожньо-транспортні пригоди та прогнозувати потенційні аварії.

2. **Візуалізація та аналіз (Visualization and Analysis).** Технології 3D-моделювання покращують візуалізацію та аналіз ділянок дорожньої мережі, надаючи комплексний огляд моделей руху та потенційних ризиків. Така візуалізація допомагає зрозуміти складні дорожні системи та ефективно оптимізувати заходи безпеки.

3. **Ідентифікація факторів. (Identification of Factors).** Комп'ютерне моделювання, зокрема за допомогою підходів машинного навчання, допомагає в аналізі дорожньо-транспортних пригод для виявлення факторів, що сприяють аваріям. Розуміючи ці фактори, можна впроваджувати цілеспрямовані заходи для вирішення конкретних проблем і підвищення безпеки дорожнього руху.

4. **Ефективне управління дорожнім рухом (Efficient Traffic Management).** Моделі комп'ютерного зору, розроблені за допомогою комп'ютерного моделювання, можуть точно підраховувати пішоходів, транспортні засоби та оцінювати швидкість, сприяючи ефективному управлінню дорожнім рухом і зменшенню заторів у шкільних зонах та інших місцях. Це призводить до більш плавного руху транспорту і мінімізує ймовірність нещасних випадків, спричинених проблемами, пов'язаними з дорожнім рухом.

5. **Оптимізація ресурсів (Resource Optimization).** Ефективне управління дорожнім рухом і підвищення безпеки за допомогою комп'ютерного моделювання може призвести до оптимізації ресурсів місцевої влади, що потенційно може призвести до економії коштів і кращого розподілу ресурсів. Така оптимізація забезпечує ефективне використання ресурсів для вирішення проблем безпеки дорожнього руху..

Існує кілька комп'ютерних програмних пакетів для моделювання безпеки дорожнього руху. Наведено кілька прикладів:

**PTV Vissim** - провідне програмне забезпечення для моделювання мультимодального руху, яке моделює всіх учасників дорожнього руху та аналізує їх вплив на транспортний потік. Це програмне забезпечення дозволяє картографувати різні інтелектуальні системи управління

дорожнім рухом, включаючи лінії громадського транспорту, різні типи транспортних засобів, розклади руху, зупинки тощо. Це комплексний інструмент для оцінки та покращення роботи дорожніх об'єктів, вирішення таких проблем, як затори та викиди.

**SCANer Studio** - це ще одне програмне забезпечення, яке використовується для моделювання безпеки дорожнього руху та водіння, пропонуючи такі функції, як аналіз зображень, статистичні пакети та можливості моделювання. Цей інструмент надає платформу для створення реалістичних сценаріїв водіння та аналізу заходів з безпеки дорожнього руху.

Платформа **SMART** від **Advanced Mobility Analytics Group (AMAG)**. Платформа **SMART** версії **2.0 Beta**, розроблена **AMAG**, - це рішення Software-as-a-Service (SaaS), яке поєднує відео та предиктивну аналітику для оцінки ризику ДТП та управління безпекою дорожнього руху в місцях з високою концентрацією аварій на мережі. Ця платформа пропонує такі функції, як моніторинг ризиків ДТП, калібрування до місцевих умов, виявлення конфліктних ситуацій, прогнозування майбутніх ризиків ДТП та визначення експертною системою контрзаходів.

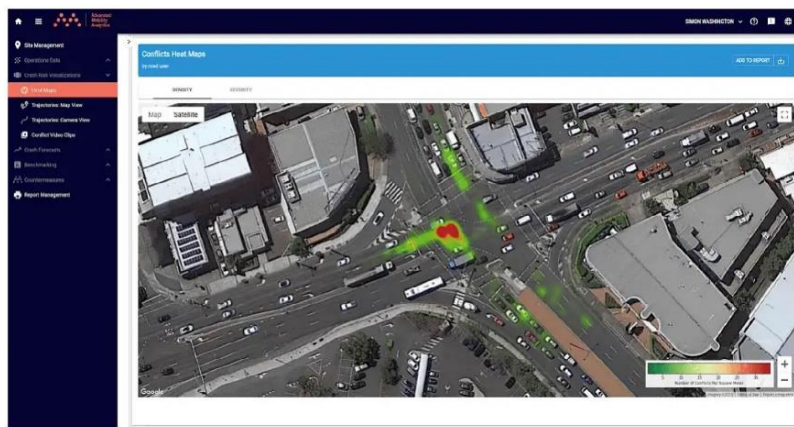


Рисунок 1 – Принтскрин діалогового вікна комп'ютерної платформи **SMART** версії **2.0 Beta**, розробленої **AMAG**. Карта конфліктної ситуації на перехресті під час ДТП [22]

Таким чином, переваги використання комп'ютерного моделювання для забезпечення безпеки дорожнього руху включають прогнозний аналіз, візуалізацію, ефективне управління дорожнім рухом, прийняття рішень на основі даних, оптимізацію ресурсів та визначення ключових факторів, що сприяють виникненню ДТП, які в сукупності сприяють створенню більш безпечного дорожнього середовища та зниженню ризику ДТП.

### Список використаних джерел

1. Hughes BP, Newstead S, Anund A, Shu CC, Falkmer T. A review of models relevant to road safety. *Accid Anal Prev.* 2015 Jan;74:250-70. doi: 10.1016/j.aap.2014.06.003. Epub 2014 Jul 2. PMID: 24997016.
2. Philippe Barbosa Silva, Michelle Andrade, Sara Ferreira, Machine learning applied to road safety modeling: A systematic literature review, *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, Volume 7, Issue 6, 2020, Pages 775-790, ISSN 2095-7564, <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.07.004>.
3. Du, W.; Dash, A.; Li, J.; Wei, H.; Wang, G. Safety in Traffic Management Systems: A Comprehensive Survey. *Designs* 2023, 7, 100. <https://doi.org/10.3390/designs7040100>.
4. 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>.
5. Balitskii A.I., Ivaskevich L.M., Balitska V.O., Pudło T. Hydrogen infrastructure fire and explosion safety management due to current european union directives. *Актуальні проблеми*

пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення: зб. наук. праць Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю. 12-13 жовт. 2022 р. Львів: ЛДУ БЖД, 2022. С. 455–459. <https://sci.ldubgd.edu.ua/handle/123456789/11068>.

6. Balitskii A., Hawrilyuk M., Elias J., Balitska W., Kolesnikow W. Oddziaływanie wodoru na kształtowanie i odprowadzenie wiórów 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.*

7. 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. ISBN 978-966-641-950-0.

8. 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. ISBN 978-966-641-929-6.

9. 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. ISBN 978-966-641-935-7. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/schedConf/presentations>.

10. 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.

11. 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.

12. Колесніков В.О., Абрамек К.Ф., Хмель Я., Колеснікова Є.Б. Застосування комп'ютерно інтегрованого підходу для оцінки якості стану матеріалу деталей та вузлів в енергомашинобудуванні для підвищення безпеки життєдіяльності. 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. 98–100.

13. 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.

14. 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.

15. В.О. Колесніков, Хмель Я., Гаврилюк М.Р., Колеснікова Є.Б. Застосування методів комп'ютерного зору при оцінці стану руйнування деталей в трибоз'єднаннях для прогнозування експлуатаційної стійкості та довговічності вузлів машин та механізмів.

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. 102–104.

16. 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. ISBN 978-617-8016-78-4. <https://doi.org/10.12958/978-617-8016-78-4-2023>.

17. 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. С. 53-54. ISBN 978-966-641-950-0.

18. Костиця В. Приклад застосування CAE системи ABAQUS для моделювання пошкодження автомобіля під час ДТП. // Науковий пошук молодих дослідників: Збірник наукових праць здобувачів вищої освіти, № 4 (2022). м. Полтава: Вид-во ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»: Полтава, 2022. С. 115 – 124.

19. Road safety simulation research. URL: <https://www.faac.com/simulation-training/solutions/research-simulation-road-safety>.

20. PTV VISSIM. Multimodal Traffic Simulation Software. URL: <https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-vissim>.

21. Road safety and driving simulation laboratory. URL: [https://www.diati.polito.it/en/about/facilities/laboratories/road\\_safety\\_and\\_driving\\_simulation](https://www.diati.polito.it/en/about/facilities/laboratories/road_safety_and_driving_simulation).

22. Advanced Mobility Analytics Group develops the world's first Software-as-a-Service (SaaS) video and predictive analytics platform for road safety. URL: <https://amagroup.io/advanced-mobility-analytics-group-develops-saas-predictive-analytics-platform-for-road-safety>.

**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.

**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

**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.

**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.

**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.

**Balitska Valentina Oleksiivna** – 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.



УДК 629.331

Боркут А.В., Колесніков В.О.

## ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ САПР. ЧАСТИНА 1

*У тезах наведено один з прикладів застосування сучасного програмного забезпечення для розрахунку композиційних матеріалів для автомобілебудування.*

**Ключові слова:** автомобілебудування, автомобіль, композиційний матеріал, розрахунок, САПР.

*The thesis presents one example of the use of modern software for the calculation of composite materials for the automotive industry.*

**Key words:** automotive industry, car, composite material, calculation, CAD.

Програмні комплекси САПР належать до числа найбільш складних сучасних програмних систем, заснованих на операційних системах Unix, Windows, мовах програмування C, C++, Java та інших, сучасних CASE-Технологіях, реляційних і об'єктноорієнтованих системах управління базами даних (СУБД), стандартах відкритих систем і обміну даними в комп'ютерних середовищах.

Центр інноваційних композитних матеріалів Composites Innovation Centre Manitoba, Inc. (CIC) - провідна некомерційна організація, що займається розробкою і комерціалізацією композитних матеріалів і технологій їх виробництва. Центр знаходиться у м. Вінніпег, провінція Манітоба (Канада). В організації працює 26 працівників, а її виробничі потужності займають майже 2000 м<sup>2</sup>. У центрі є лабораторія випробувань композитів і цех складання дослідних зразків, а також офісні приміщення для автоматизованого проектування і розрахунку конструкцій.

Застосування систем NX CAD і Simcenter в Центрі інноваційних композитних матеріалів для швидкої оцінки різних варіантів конструкцій дозволило вдвічі скоротити терміни розробки.

Центр CIC був заснований у 2003 році як спільний проєкт ряду промислових підприємств. Фінансування частково надається адміністрацією провінції Манітоба та урядом Канади, а також учасниками промислового альянсу. Центр надає консультативні послуги, а крім того, займається проектуванням, розрахунками, виготовленням дослідних зразків і промислових партій для таких великих замовників, як компанії Boeing, Magellan Aerospace, Cormer Aerospace, Emteq Canada, Motor Coach Industries і New Flyer Industries.

В умовах різкого зростання цін на енергоносії та посилюються екологічними нормативами щодо зниження шкідливих викидів автовиробники шукають все нові способи відповідності сучасним вимогам ринку. Одне з найбільш ефективних рішень — зниження маси автомобіля. Більш легкі машини витрачають менше енергії, що безпосередньо знижує витрату палива і викиди діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>) в атмосферу. «Основним завданням при зниженні маси є недопущення погіршення міцності й жорсткості конструкції, — пояснює пан Еластейр Комус (Alastair Komus), головний інженер Центру по наземному транспорту. Тут найкраще застосовувати матеріали з високим співвідношенням міцності до маси — наприклад композити».

### **Продукти:**

NX, Simcenter.

### **Проблеми:**

необхідність скорочення або повного усунення коригувань розрахункових моделей вручну;

оцінка великого числа сполучень параметрів;  
скорочення термінів розробки виробів;  
підвищення продуктивності праці;  
розрахунок виробів, виконаних зі складних композитних матеріалів.

**Ключі до успіху:**

впровадження інтегрованого середовища проектування та інженерних розрахунків в складі систем NX і Simcenter;

потужні засоби редагування і коригування геометрії;  
швидке і автоматичне оновлення розрахункових моделей;  
ефективні інструменти моделювання листових композитів.

**Результати:**

маса деталей скоротилася більш ніж на 40%;  
прискорення створення розрахункових моделей;  
скорочення тривалості циклу «конструювання - розрахунки»;  
оцінка більшого числа варіантів конструкції;  
практично повне усунення коригувань моделей вручну;  
точне уявлення й аналіз ламінатних композитних матеріалів;  
відповідність федеральним стандартам безпеки.

**Основний вид діяльності клієнта.**

Центр інноваційних композитних матеріалів Composites Innovation Centre Manitoba, Inc. (CIC) - провідна некомерційна організація, що займається розробкою і комерціалізацією композитних матеріалів і технологій їх виробництва.

Відома проєктна фірма Motive Industries звернулася до пана Комуса і його співробітникам за допомогою в створенні легкового автомобіля з кузовом з армованого пластику. Машина під назвою Kestrel (рис. 1) має алюмінієву раму і гібридну силову установку. Центру було доручено розглянути можливість застосування при виготовленні кузова автомобіля таких екзотичних волокон природного походження, як льон і коноплі.



Рисунок 1 – Надлегкий концепт-кар Kestrel.

Таким чином, показана можливість проектування та створення сучасного автомобіля, що має композитні матеріали.

### Список використаних джерел

1. Novorun T. P., Berladir K. V., Pererva V. I., Rudenko S. G., Martynov A. I. (2017). Modern materials for automotive industry. Journal of Engineering Sciences, Vol. 4(2), pp. F8-F18, doi: 10.21272/jes.2017.4(2).f8
2. Integrated design and analysis paves way for smart design of advanced composites-based vehicle. URL: <https://resources.sw.siemens.com/en-US/case-study-composites-innovation-centre>
3. Буренніков, Ю. А. Нові матеріали та композити: навчальний посібник / Ю.А. Буренніков, І. О. Сивак, С. І. Сухоруков – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 161 с.
4. Копань В. С. Композиційні матеріали [Текст] : навч. посіб. / Ва-силь Копань. — К. : Пульсари, 2004. — 196 с. — ISBN 966-7671-81-X.
5. Максим Колієв. Деякі приклади застосування комп'ютерних пакетів програм для розрахунків композиційних автомобільних матеріалів // Наук. кер. доц., к.т.н. Колесніков В.О. // Науковий пошук молодих дослідників № 4 (2021). Збірник наукових праць здобувачів вищої освіти, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, 2021. С. 74 – 78.
6. 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.
7. Гагаркін Ярослав. Приклади застосування поліетиленерефталату для виготовлення автомобільних деталей // Гагаркін Ярослав. Наук. кер. доц., к.т.н. Колесніков В.О. // Матеріали II Всеукраїнської наукової інтернет-конференції студентів та молодих вчених, м. Старобільськ, 16 квітня 2021 року. ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка. С. 34 – 36
8. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Будівельні конструкції, будівлі і споруди». Частина II: Будівельні споруди (для студентів спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форми навчання) / Укл.: В.Б. Ігнат'єва. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2021 – 70 с.
9. Колесніков В. О. Деякі матеріалознавчі аспекти при механічній обробці сталей і сплавів для транспортної та енергомашинобудівних галузей. Частина 4. Застосування комп'ютерного моделювання. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: X-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2022 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 121–126.
10. Чесноков, О.В. Дослідження взаємодії стержня з обплітальним матеріалом при трансверсальному армуванні композиційного матеріалу [Текст] / О.В. Чесноков, В.Б. Ігнат'єва // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Харьков, 2008. – Вып. 5 (56). – С. 39–48.
11. Колесніков В.О. Застосування комп'ютерних програм Fiji та ImageJ для визначення параметрів мікроструктури досліджуваних 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. 67–70.
12. Колесніков В.О. Застосування комп'ютерних програм Tour View та Gwyddion для аналізу мікрорельєфу поверхонь. 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. 70–73.
13. Ігнат'єва В. Розвиток трудового потенціалу шляхом інтенсифікації творчості / В. Ігнат'єва // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: Міжнар. науково-техн. конф. до 60 річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175 річчя з дня народження Івана Пулюя, 14–15 травня 2020 р., Тернопіль: матеріали. – Тернопіль: ТНТУ імені І. Пулюя, 2020. – С. 269.

14. 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: зб. наук. праць Міжнар. наук.-техн. конф. 8-9 лист. 2022. Запоріжжя: Національний університет Запорізька політехніка з УкрНДІСпецСталь, 2022. С. 84–86.

15. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Будівельна техніка» (для студентів спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія») / Укл.: В.Б. Ігнат'єва, Д.Я. Баран. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2019 – 63 с.

16. Ігнат'єв Б.Б., Ігнат'єва 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.

17. 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.

18. Колесніков В. О., Балицький О. І., Гаврилюк М. Р., Іваськевич Л. М. Застосування комп'ютерного програмного комплексу для візуалізації шорсткості поверхні деталей в транспортній галузі та енергомашинобудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 179–184.

19. 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.

**Боркут Антон Валерійович** – здобувач вищої освіти 1 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, науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України, м. Львів.

**Borkut Anton Valeriiovych** – 1st 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, 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 629.331

Боркут А.В., Колесніков В.О., Ревякіна О.О.

## ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ САПР. ЧАСТИНА 2

У тезах наведено один з прикладів застосування сучасного програмного забезпечення для розрахунку композиційних матеріалів для автомобілебудування.

**Ключові слова:** автомобілебудування, автомобіль, композиційний матеріал, розрахунок, САПР.

*The thesis presents one example of the use of modern software for the calculation of composite materials for the automotive industry.*

**Key words:** automotive industry, car, composite material, calculation, CAD.

Центр інноваційних композитних матеріалів Composites Innovation Centre Manitoba, Inc. (CIC) - провідна некомерційна організація, що займається розробкою і комерціалізацією композитних матеріалів і технологій їх виробництва. Центр знаходиться у м. Вінніпег, провінція Манітоба (Канада).

У центрі є лабораторія випробувань композитів і цех складання дослідних зразків, а також офісні приміщення для автоматизованого проектування і розрахунку конструкцій.

Застосування систем NX CAD і Simcenter в Центрі інноваційних композитних матеріалів для швидкої оцінки різних варіантів конструкцій дозволило вдвічі скоротити терміни розробки.

На рис. 1 та 2 наведено результат комп'ютерного моделювання зроблений в Центрі інноваційних композитних матеріалів.

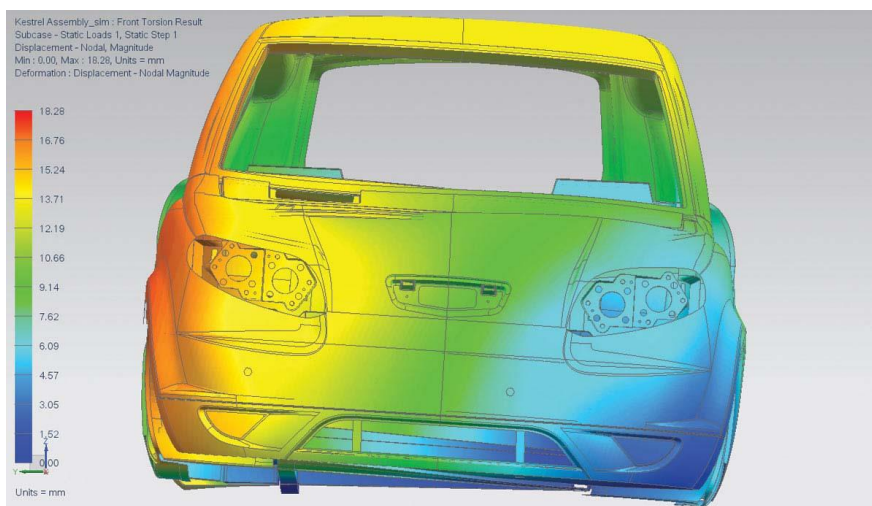


Рисунок 1 – Приклад результату розрахунку передньої частини кузова на кручення.

До придбання розроблених компанією Siemens PLM Software систем NX™ і Simcenter™ інженери Центру CIC застосовували безліч різних засобів створення геометрії та розрахунку композитних конструкцій. Хоча така схема була працездатною, подібне застосування систем автоматизованого проектування (CAD) і інженерного аналізу (CAE) виявилось дуже трудомістким і вимагало безлічі повторних дій через відсутність інтеграції використовуваних систем. Інженерам був потрібний більш узгоджений і пов'язаний робочий процес, який привів би до зростання продуктивності. Після оцінки безлічі систем вибір був зроблений на користь NX і Simcenter завдяки тісній інтеграції між процесами конструювання

і розрахунків. Еластейр Комус пояснює: «Раніше ми використовували окрему САД систему і пакет для розрахунку методом кінцевих елементів (МКЕ). Коли було потрібно змінити геометрію, нам доводилося робити це в САД системі, потім заново імпортувати модель в систему МКЕ розрахунків і проводити весь аналіз заново. Це було вкрай трудомісткою справою».

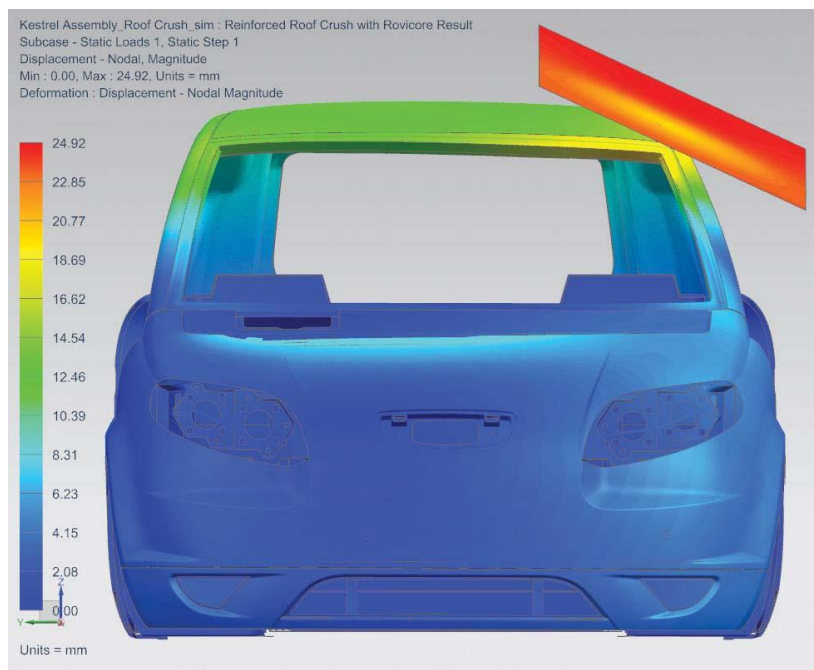


Рисунок 2 – Приклад результату розрахунку поведінки даху при аварії.

При роботі над проектом автомобіля Kestrel основною метою було створити максимально легкі деталі, але без шкоди міцності. Це вимагало виконання неодноразових циклів проєктування і розрахунків, щоб досягти тонкого балансу в конструкції всього автомобіля. Наявна в NX і Simcenter відмінний асоціативний зв'язок між створюваною конструктором геометрією і розрахунковими моделями дозволяє дуже швидко передавати зміни з конструкторських моделей в моделі для аналізу, що усуває необхідність в коректуванні вручну.

Модуль Simcenter Laminate Composites був впроваджений з метою створення та оптимізації варіантів укладання шарів в композитному матеріалі. «При проєктуванні деталі з композиційних матеріалів існує величезна кількість варіантів її виготовлення, тому вкрай необхідний гнучкий інтерфейс для швидкого і зручного введення безлічі параметрів, — зазначає Е. Комус. - Саме такий інтерфейс реалізований в модулі Simcenter Laminate Composites. Ця система дозволяє нам повною мірою виявляти напруги в кожному шарі. Ми можемо змінювати кути, способи укладання і матеріали шарів, щоб оптимізувати масу та інші характеристики конструкції».

Інженери Центру СІС провели в системі Simcenter 3D моделювання відповідності автомобіля федеральним стандартам безпеки. Зокрема, стандарт задає міцність даху: він повинен витримувати статичне навантаження, який у 1,5 раза перевищує масу автомобіля. Крім того, була виконана перевірка кріплення ременя безпеки з метою вибору місця його розміщення, яке забезпечувало б міцну фіксацію людини та відрізнялося високою надійністю.

Таким чином, показані деякі можливості застосування сучасних САД систем при проєктних роботах при створенні сучасного автомобіля, що має композитні матеріали.

### Список використаних джерел

1. Kohar R, Miskolci J, Pompas L, Kucera L, Stevko P, Petru M, Mishra RK. Computational Analysis of Mechanical Properties in Polymeric Sandwich Composite Materials. *Polymers* (Basel). 2024 Mar 1;16(5):673. doi: 10.3390/polym16050673. PMID: 38475355; PMCID: PMC10935142.
2. Integrated design and analysis paves way for smart design of advanced composites-based vehicle. URL: <https://resources.sw.siemens.com/en-US/case-study-composites-innovation-centre>
3. Буренніков, Ю. А. Нові матеріали та композити: навчальний посібник / Ю.А. Буренніков, І. О. Сивак, С. І. Сухоруков – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 161 с.
4. Копань В. С. Композиційні матеріали [Текст] : навч. посіб. / Ва-силь Копань. — К. : Пульсари, 2004. — 196 с. — ISBN 966-7671-81-X.
5. Максим Колієв, Роман Коробкін, Владислав Жуков. Приклади застосування композитних матеріалів в автомобілебудуванні // Наук. кер. доц., к.т.н. Колесніков В.О. // Науковий пошук молодих дослідників № 4 (2021). Збірник наукових праць здобувачів вищої освіти, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, 2021. С. 79 – 87.
6. 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.
7. 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.
8. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Будівельні конструкції, будівлі і споруди». Частина II: Будівельні споруди (для студентів спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форми навчання) / Укл.: В.Б. Ігнат'єва. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2021 – 70 с.
9. Колесніков В. О. Деякі матеріалознавчі аспекти при механічній обробці сталей і сплавів для транспортної та енергомашинобудівних галузей. Частина 4. Застосування комп'ютерного моделювання. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: X-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2022 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 121–126.
10. Чесноков, О.В. Дослідження взаємодії стержня з обплітальним матеріалом при трансверсальному армуванні композиційного матеріалу [Текст] / О.В. Чесноков, В.Б. Ігнат'єва // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Харьков, 2008. – Вып. 5 (56). – С. 39–48.
11. Ігнат'єва В. Розвиток трудового потенціалу шляхом інтенсифікації творчості / В. Ігнат'єва // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: Міжнар. науково-техн. конф. до 60 річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175 річчя з дня народження Івана Пулюя, 14–15 травня 2020 р., Тернопіль: матеріали. – Тернопіль: ТНТУ імені І. Пулюя, 2020. – С. 269.
12. 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: зб. наук. праць Міжнар. наук.-техн. конф. 8-9 лист. 2022. Запоріжжя: Національний університет Запорізька політехніка з УкрНДІСпецСталь, 2022. С. 84–86.
13. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Будівельна техніка» (для студентів спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія») / Укл.: В.Б. Ігнат'єва, Д.Я. Баран. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2019 – 63 с.
14. Ігнат'єв Б.Б., Ігнат'єва В.Б. Расчет технологических параметров при предварительном формовании полуфабриката стержневого изделия // Вісник Східноукраїн-

ського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. – 2007. – Частина перша. – № 7 (113). – С. 125-132.

15. В.В. Бурдун, В.О. Колесніков, Н.О. Бикадорова. Сучасні виклики при викладанні дисциплін в транспортній галузі. ХІV 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.

16. Колесніков В. О., Балицький О. І., Гаврилюк М. Р., Іваськевич Л. М. Застосування комп'ютерного програмного комплексу для візуалізації шорсткості поверхні деталей в транспортній галузі та енергомашинобудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: ХІ-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 179–184.

17. 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: ІІІ Міжн. науково-практичн. конф., 20-21 березня 2023 року: матеріали. Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. С. 371-373.

18. В.В. Бурдун, Л.О. Васецька, О.О. Ревякіна, А.Ю. Рожкова. Комплексний підхід щодо викладання дисциплін пов'язаних з автомобільним транспортом. ХІV Міжнар. наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 91-93. ISBN 978-966-641-950-0.

**Боркут Антон Валерійович** – здобувач вищої освіти 1 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, науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України, м. Львів.

**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.

**Borkut Anton Valeriiovich** – 1st 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, 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.

**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, Lubny.



УДК 629.331

Боркут А.В., Колесніков В.О., Васецька Л.О.

**ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ ТА РОЗРАХУНКУ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ У АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ ЗА ДОПОМОГОЮ СУЧАСНИХ САПР. ЧАСТИНА 3**

У тезах наведено один з прикладів застосування сучасного програмного забезпечення для розрахунку композиційних матеріалів для автомобілебудування.

**Ключові слова:** автомобілебудування, автомобіль, композиційний матеріал, розрахунок, САПР.

*The thesis presents one example of the use of modern software for the calculation of composite materials for the automotive industry.*

**Key words:** automotive industry, car, composite material, calculation, CAD.

Інженери Центру інноваційних композитних матеріалів Composites Innovation Centre Manitoba, Inc. (CIC) (Канада) оцінили інтуїтивно зрозумілі, керовані за допомогою меню робочі процеси введення ключових атрибутів шарів - способи укладання, температури і параметрів розрахунку міцності. Дана функціональність разом з єдиним призначенням для користувача інтерфейсом конструювання і розрахунків повністю змінила підходи до вирішення повсякденних завдань проектування композитних конструкцій.

Інженери Центру CIC провели в системі Simcenter 3D моделювання відповідності автомобіля федеральним стандартам безпеки. Зокрема, стандарт задає міцність даху: він повинен витримувати статичне навантаження, який у 1,5 рази перевищує масу автомобіля. Крім того, була виконана перевірка кріплення ременя безпеки з метою вибору місця його розміщення, яке забезпечувало б міцну фіксацію людини і відрізнялося високою надійністю.

«Можливість виконання подібних віртуальних випробувань в Simcenter 3D без необхідності експорту даних в іншу систему істотно заощаджує час», - заявляє пан Комус.

Після впровадження системи NX інженери Центру CIC можуть виконувати все більш складні проекти і перевіряти більше різних варіантів конструкції, а замовники отримують результати робіт в рекордно короткі терміни. І при виборі з широкого ряду ескізних варіантів, і при перевірці і оптимізації глибоко проробленого проекту Simcenter служить єдиним інтегрованим рішенням, що виконує всі ці завдання швидко і інтуїтивно зрозуміло. Еластейр Комус зазначає: «Перехід на NX і Simcenter дозволив нам реалізовувати проекти по створенню і розрахунку виробів, які раніше були неможливими. Ефективність проведення конструкторських змін і оцінки їх характеристик різко зросла». Приклад деяких варіантів розрахунків проведених в CAD системі (рис. 1).

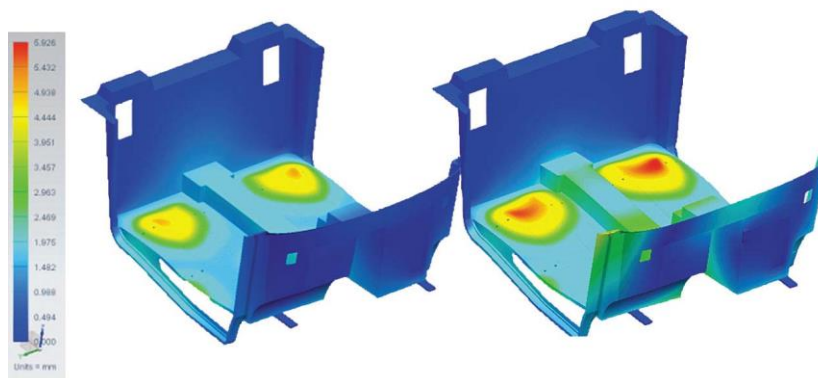


Рисунок 1 – Вплив різних варіантів укладання композиційного матеріалу на деформацію деталі під навантаженням

Використання NX і Simcenter допомогло розробникам в Центрі домогтися істотного скорочення маси без зниження показників безпеки та довговічності автомобіля. Виконання чисельного моделювання в єдиному інтегрованому середовищі дозволяє практично миттєво перевірити технічні характеристики майбутнього виробу і його якість. Все це сприяє створенню інноваційних конструкцій. «Проаналізувавши 50 різних варіантів укладання, ми змогли знизити масу деталі передньої частини корпусу зі 109 кг до 64 кг, тобто на 41%», - розповідає Е. Комус.

Впровадження NX і Simcenter в Центрі СІС призвело до помітного зростання продуктивності, цьому сприяла підтримка компанії Maуа - місцевого партнера компанії Siemens PLM Software. Е. Комус зазначає, що співпраця з компанією Maуа допомогло Центру без зволікання приступити до роботи. «Компанія Maуа - чудовий партнер, — зазначає він. - Вони допомогли нам заповнити найважливіший пробіл в ланцюжку створення доданої вартості».

На рис. 2 наведено фото дослідного зразка капота виготовленого з композитного матеріалу після розрахунків в САD системах.



Рисунок 2 – Виготовлений дослідний зразок капота

Таким чином, показані деякі можливості застосування сучасних САD систем при проєктних роботах при створенні сучасного автомобіля, який має композитні матеріали.

#### Список використаних джерел

1. G. Savage, Formula 1 Composites Engineering, Engineering Failure Analysis, Volume 17, Issue 1, 2010, Pages 92-115, ISSN 1350-6307, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2009.04.014>.
2. Integrated design and analysis paves way for smart design of advanced composites-based vehicle. URL: <https://resources.sw.siemens.com/en-US/case-study-composites-innovation-centre>
3. Буренніков, Ю. А. Нові матеріали та композити: навчальний посібник / Ю.А. Буренніков, І. О. Сивак, С. І. Сухоруков – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 161 с.
4. Копань В. С. Композиційні матеріали [Текст] : навч. посіб. / Ва-силь Копань. — К. : Пульсари, 2004. — 196 с. — ISBN 966-7671-81-X.
5. Максим Колієв, Роман Коробкін, Владислав Жуков. Приклади застосування композитних матеріалів в автомобілебудуванні // Наук. кер. доц., к.т.н. Колесніков В.О. // Науковий пошук молодих дослідників № 4 (2021). Збірник наукових праць здобувачів вищої освіти, ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», м. Старобільськ, 2021. С. 79 – 87.
6. Прохоров Е., Колесніков В.А. Создание новых материалов для машиностроения // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД”. 19 квітня 2013 р., м. Краснодар. С. 365 - 367.
7. Колесніков В. О., Павлова Ю. В. Нові технології підготовки спеціалістів з вищою

технічною освітою в галузі автомобільного транспорту // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 95 - 99.

8. 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.

9. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Будівельні конструкції, будівлі і споруди». Частина II: Будівельні споруди (для студентів спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форми навчання) / Укл.: В.Б. Ігнат'єва. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2021 – 70 с.

10. Колесніков В. О. Деякі матеріалознавчі аспекти при механічній обробці сталей і сплавів для транспортної та енергомашинобудівних галузей. Частина 4. Застосування комп'ютерного моделювання. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: X-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2022 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 121–126.

11. Чесноков, О.В. Дослідження взаємодії стержня з обплітальним матеріалом при трансверсальному армуванні композиційного матеріалу [Текст] / О.В. Чесноков, В.Б. Ігнат'єва // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Харьков, 2008. – Вып. 5 (56). – С. 39–48.

12. Kolesnikov V.O. Investigation of the wear products of high-nitrogen steel after hydrogenation // Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa XA/2010. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture – OLPAN, 2010, 10A, 271 - 275 p.

13. Ігнат'єва В. Розвиток трудового потенціалу шляхом інтенсифікації творчості / В. Ігнат'єва // Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: Міжнар. науково-техн. конф. до 60 річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175 річчя з дня народження Івана Пулюя, 14–15 травня 2020 р., Тернопіль: матеріали. – Тернопіль: ТНТУ імені І. Пулюя, 2020. – С. 269.

14. 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: зб. наук. праць Міжнар. наук.-техн. конф. 8-9 лист. 2022. Запоріжжя: Національний університет Запорізька політехніка з УкрНДІСпецСталь, 2022. С. 84–86.

15. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Будівельна техніка» (для студентів спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія») / Укл.: В.Б. Ігнат'єва, Д.Я. Баран. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2019 – 63 с.

16. Balicki A., Kubicki J., Kolesnikow W. Podwyzszanie odpornosci na zuzycie scierne stopow Fe-Mn poprzez wprowadzenie wybranych dodatkow stopowych // Inzynieria materialowa.-2003.– № 4. s. 244 – 247.

17. Ігнат'єв Б.Б., Ігнат'єва В.Б. Расчет технологических параметров при предварительном формовании полуфабриката стержневого изделия // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. – 2007. – Частина перша. – № 7 (113). – С. 125-132.

18. Колесніков В. О., Балицький О. І., Гаврилюк М. Р., Іваськевич Л. М. Застосування комп'ютерного програмного комплексу для візуалізації шорсткості поверхні деталей в транспортній галузі та енергомашинобудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 179–184.

19. 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.

20. 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 Т. Шевченка», 2023. С. 371-373.

21. Колесников В.А. Некоторые материаловедческие аспекты при механической обработке сталей и сплавов для транспортной отрасли. Часть 1. Матеріали VII-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 8 - 10 квітня 2019 р., м. Вінниця. С. 72 – 83.

22. Колесников В.А. Некоторые материаловедческие аспекты при механической обработке сталей и сплавов для транспортной и энергомашиностроительных отраслей. Часть 2. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14-15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 131-143.

23. Лященко С.О., Колієв М.В., Серов І.І., Колесніков В. О. Застосування в автомобілебудуванні та енергомашинобудуванні матеріалів з підвищеною корозійною стійкістю. Сучасна наука: стан, проблеми, перспективи: I-ша Всеукраїнська наук.-практ. інтернет-конф., 14-15 квітня 2020 р.: матеріали. Старобільськ, ДЗ «ЛНУ ім. Тараса Шевченка», 2020. С. 131-133.

24. В.В. Бурдун, Л.О. Васецька, О.О. Ревякіна, А.Ю. Рожкова. Комплексний підхід щодо викладання дисциплін пов'язаних з автомобільним транспортом. XVI Міжнар. наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 91-93. ISBN 978-966-641-950-0.

**Боркут Антон Валерійович** – здобувач вищої освіти 1 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Аграрне виробництво, переробка сільсько-господарської 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, науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України, м. Львів.

**Васецька Лариса Олександрівна** – к.т.н., доцент, 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.

**Borkut Anton Valeriiovych** – 1st 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 Oleksandrovich** – 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, 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.

**Vasecka Larysa Oleksandrivna** – PhD in Engineering, 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.

УДК 629.1

Бруннер Х., Макаров В.А, Макарова Т.В.

## АСПЕКТИ МОЖЛИВОГО ПРОГРЕСУ В ЗНИЖЕННІ РІВНЯ АВАРІЙНОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ КРАЇНИ

*Розглянуто інформацію про успішну і перманентну наукову та практичну діяльність GmbH VUFO при Технічному університеті Дрездена по зниженню імовірності ДТП та тяжкості її наслідків. Привернуто увагу до низки значущих цілей для розвитку в Україні загальної системи по зменшенню рівня аварійності на автомобільних дорогах країни.*

**Ключові слова:** *автомобіль, дорожній рух, аварійність, дослідження, діюча практика.*

*Information about the successful and permanent scientific and practical activities of GmbH VUFO at the Technical University of Dresden to reduce the probability of road accidents and the severity of their consequences is considered. Attention was drawn to a number of significant goals for the development of a general system in Ukraine to reduce the level of accidents on the country's highways.*

**Key words:** *car, road traffic, accident, research, current practice.*

**Вступ.** Виконано аналіз сучасного розвитку життєвого циклу німецької ініціативи GIDAS по зниженню рівня аварійності в ФРН та наявність можливих значущих змін в майбутньому. Кількісні показники, які характеризують сьогодишню тенденцію скоєння ДТП в Україні, є тяжкими. Це свідчить про відсутність дієвої підтримки господарства, науки та суспільства для зниження рівня аварійності в країні. Кожну добу у «Вінницьких новинах» наводиться приблизно однакова низка наведеної нижче інформації.

У Вінниці внаслідок зіткнення двох легкових автомобілів загинув чоловік. Попередній висновок – 50-річний водій автомобіля Skoda не впорався з керуванням та здійснив виїзд на смугу зустрічного руху. Там зіштовхнувся з автомобілем Mitsubishi. За фактом автопригоди слідчими розпочато досудове розслідування кримінального провадження за ознаками злочину, передбаченого ч. 2 ст. 286 (Порушення правил безпеки дорожнього руху або експлуатації транспорту особами, які спричинили смерть потерпілого) Кримінального кодексу України. Аварія сталася 28 березня 2024 року близько 21:30 по вул. Магістратська (рис. 1).

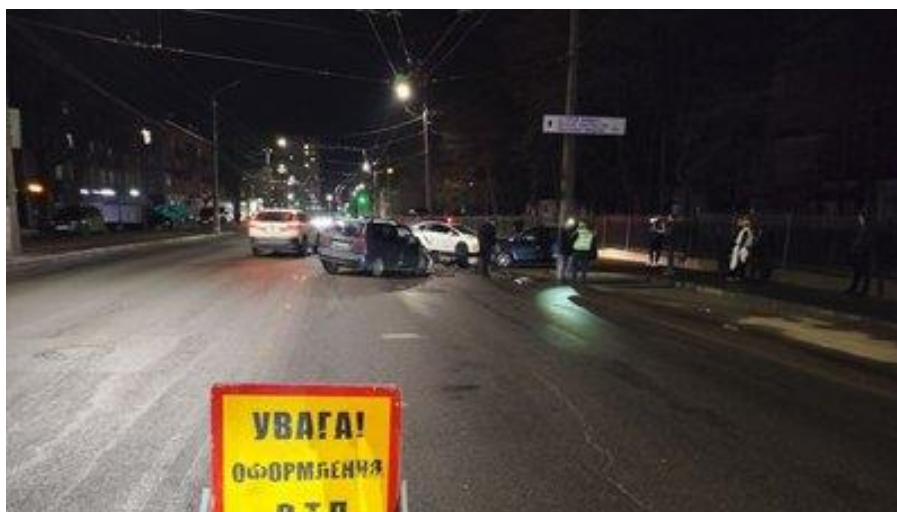


Рисунок 1 – ДТП по вул. Магістратська у Вінниці

У місті Дніпро на Новому мосту перекинувся вантажний автомобіль. Внаслідок аварії травми отримав водій автомобіля ГАЗ та був госпіталізований. Водій легкового автомобіля

марки BMW маневрував на великій швидкості та підрізав автомобіль ГАЗ, який зіштовхнувся з відбійником (рис. 2).



Рисунок 2 – ДТП на Новому мосту у Дніпрі

Двоє українців постраждали внаслідок ДТП в ФРН. Автобус потрапив у ДТП на автомагістралі А9 поблизу міста Лейпциг, Німеччина, 27 березня 2024 року за інформацією REUTERS/Marvin Matzulla/Mitteldeutsche Zeitung. Із невідомих причин автобус з'їхав з дороги й перекинувся. Пасажирів та водіїв викинуло з їхніх місць, а машина зазнала серйозних пошкоджень [1, 2].

В даній інформації випадковість сумістила в часі ДТП, що були скоєні в ФРН та в різних містах України. Але Німеччина є однією з країн, де найліпші показники, що характеризують дорожню аварійність, а в Україні немає загальної дієвої системи господарчих та суспільних інструментів, які перманентно формують підтримку для зменшення рівня аварійності на автодорогах. Означене є проблемою для нашої країни.

**Мета роботи** – наведення прикладів і аналіз дієвої професійної роботи наукових, господарчих та суспільних організацій ФРН, що може бути корисним для розв'язання дуже важливих проблем зі скоєнням ДТП.

**Аналіз існуючих рішень.** Сутність розвитку напрямів успішної роботи по дослідженню та зниженню аварійності на автомобільних дорогах була викладена на 4 – х науково – технічних конференціях, які були проведені київським ДержавтотрансНДІпроектотом та кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету в 2021 – 2023 роках [3, 4].

**Результати дослідження.** Нижче наведено відомості про те, як працює ТОВ по дослідженню дорожньої аварійності (VUFO) при Технічному університеті Дрездена, а також цікаву інформацію про безпеку дорожнього руху. У поточному випуску (02/2023) відомий німецький журнал SPIEGEL присвятив темі дослідження ДТП та безпеки дорожнього руху значущу увагу. З цією метою редактор відвідав VUFO та взяв інтерв'ю у керуючого директора Генріка Ліерса. Стаття підкреслює велике значення проекту GIDAS [2] для безпеки дорожнього руху, поточні тенденції мобільності та висновки попередніх досліджень (рис. 3).

У епізоді семінару «Хороше запитання» Дрезденського технічного університету, VUFO також дає інформацію про автономне водіння в Німеччині. Томас Унгер розповідає про функції автоматизованого водіння, зокрема для запобігання аварій.

У статті журналу «Саксонська газета» (Sächsische Zeitung) можна дізнатися більше про роботу на місці ДТП і різні методи збору даних, що характеризують ДТП.



Рисунок 3 – Інформація про діяльність VUFO при Технічному університеті Дрездена для Саксонської газети

У номері 5/2021 пожежного журналу Rescue - Delete - Bergen надано захоплюючу інформацію про збір даних у місцевості біля Дрездена та довгострокове дослідження аварій GIDAS.

Суспільні організації теж розуміють важливість розв'язання завдань з аварійності руху транспортних потоків автомобілів. Значущі функції в Німеччині з питань, що пов'язані з автомобільною технікою, виконує ADAC – суспільне об'єднання, яке існує більше 100 років [5]. Означена організація має біля 17 мільйонів членів, які вступили до неї, щоб бути «захищеними» після скоєння ДТП або іншої дорожньої події, коли потрібно виконувати певні технічні впливи з відновлення працездатності колісних транспортних засобів (КТЗ). ADAC надало підтримку для випуску найбільшого у світі каталогу Energi Egvalent Speed (EES) про сутність та особливості ДТП [6]. Ця суспільна організація наводить додаткову інформацію, що є корисною для її членів – автомобілістів на семінарах. Розглядаються нові методи розрахунків результатів зіткнення КТЗ, з

метою втілення в існуючу практику руху автомобілів результатів цієї важливої роботи. VUFO представлено в поточному журналі ADAC Motorwelt (випуск № 1, весна 2021 р.) зі статтею про збір даних на місці аварії. Тут отримаєте повне уявлення про роботу дослідницької групи VUFO.

Спеціалісти з VUFO проводять лекційні та практичні заняття. Навчання зосереджено на наданні практичного досвіду на місці аварії, реконструкції аварії або роботі з електронними даними. Розклад занять включає три наступні модулі: «Облік ДТП, особливості та експертна робота», «Теоретичні основи» та «Практичні основи».

На семінарі преміум-класу виконується реальна реконструкція аварії. У співпраці з GTÜ Academy та CTS цей семінар відбудеться в Мюнстері 09.10 - 11.10 2024 р. Метою є практичне застосування судово-медичних доказів, збір даних та документування дорожньо-транспортних пригод. При розгляді реальної високошвидкісної аварії, навчають роботі з інструментами, де використовують нові методи аналізу зіткнень, а також інтерпретацію деформацій, слідів і фактів зв'язку.

Вдало проведено підвищення кваліфікації турецької дорожньої поліції. Як і в 2022 році, VUFO мало можливість провести 4-тижневий захід наприкінці 2023 року для 10 високопоставлених представників дорожньої поліції Туреччини на тему реєстрації та реконструкції ДТП (рис. 4). Цього разу VUFO знову підтримали інспекція транспортної поліції та поліцейське управління Дрездена. Гості мали змогу на місці ознайомитися з роботою та технікою саксонської поліції.



Рисунок 4 – Учасники підвищення кваліфікації турецької дорожньої поліції

Програму завершив візит делегації до TÜV Süd у Дрездені. Виконана мета – поглибити співпрацю з турецькою поліцією та знову організувати спільні навчальні курси цього року. Нові формати та підмодулі також можуть бути розроблені разом протягом наступних кількох років.

Вже кілька років VUFO пропонує підвищення кваліфікації у сфері розслідування аварій та реконструкції аварій. Окрім практичного досвіду тисяч дорожньо-транспортних пригод,



збагачені навчальні курси відомими зовнішніми спікерами. Заплановано у 2024 році провести наступні заняття:

- семінар преміум-класу з реконструкції справжньої аварії (новий з 2024 року у співпраці з GTÜ Academy);
- базовий курс реконструкції аварії;
- основи тривимірної зйомки місць ДТП;
- основи електронних даних автомобіля;
- стажування з обліку нещасних випадків.

Подальше навчання турецької жандармерії описано і візуалізовано нижче.

Доповідачі VUFO наразі передають свій досвід колегам із турецької поліції, які займаються фіксацією аварій, у рамках базового курсу. Фокус уроків – на комплексній та якісній передачі знань.

На додаток до спеціального матеріалу в сфері розслідування та реконструкції нещасних випадків, в Саксонії навчаються процедурам реєстрації нещасних випадків. VUFO отримує підтримку від офіцерів відділу дорожньої поліції та відділу поліції Дрездена. Минулого тижня наші гості мали змогу ознайомитися з роботою та оснащенням поліції Саксонії на місці в приміщенні інспекції та штабу поліції. Метою програми 4-тижневого курсу є підвищення якості розслідування нещасних випадків (рис.5).



Рисунок 5 – Фрагмент занять за програмою 4-тижневого курсу з підвищення якості розслідування нещасних випадків

### Висновки

1. Значуще зниження рівня аварійності на автодорогах України є дуже необхідним і можливим після виконання низки дій, що пропонуються з досвіду роботи VUFO при Технічному університеті Дрездена.
2. Слід здійснити віддзеркалення сьогоденного негативного стану з аварійністю на автодорогах країни з одночасними прикладами вірного розвитку подій (в різних наукових та медійних джерелах).
3. Треба підготувати спеціалістів – викладачів, які в змозі проводити лекційні та

практичні заняття зі студентами ВНТУ по раціональним траєкторіям зниження рівня аварійності (при інтенсивному русі й маневруванні КТЗ), що можуть створити в умовах семінарів VUFO

4. Для подальшого зниження імовірності скоєння ДТП та оперативного розв'язання проблем, що обумовлені аварією, в країні необхідно створити дієву систему з наукових, господарських та суспільних підприємств та організацій.

#### Список використаних джерел

1. Двоє українців постраждали внаслідок ДТП біля Лейпцига. Суспільне. Новини. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://suspilne.media/716182-troe-ukrainsiv-postrazdali-vnaslidok-dtp-bila-lejpciga/>.
2. Presse und TV. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.vufo.de/presse/>.
3. Бруннер Х., Лієрс Х., Макаров В. А., Смирнов Є. В., Макарова Т. В. До питання наукового дослідження та практичного зниження аварійності на автодорогах Німеччини. Матеріали X-ї 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. С. 30-33.
4. Хорст Бруннер, Томас Унгер, Макаров В. А. Про розвиток прогресу дослідження аварійності на автодорогах Німеччини. Матеріали XI-ї 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.
5. Allgemeiner Deutscher Automobil-Club (ADAC). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.adac.de>.
6. Energy Equivalent Speed-Projekt setzt Meilenstein in der Unfallrekonstruktion. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://stiftung.adac.de/adac-stiftung-foerdert-ees-projekt/>.

**Хорст Бруннер** – д.т.н., професор, науковий керівник GmbH VUFO Технічного університету Дрездена, e-mail: [horst.brunner@vufo.de](mailto:horst.brunner@vufo.de).

**Макаров Володимир Андрійович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [makarov@vntu.edu.ua](mailto:makarov@vntu.edu.ua).

**Макарова Тамара Володимирівна** – к.е.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [tomamakarova@ukr.net](mailto:tomamakarova@ukr.net).

**Horst Brunner** – Doctor of Technical Sciences, Professor, scientific director of GmbH VUFO of the Technical University of Dresden, e-mail: [horst.brunner@vufo.de](mailto:horst.brunner@vufo.de).

**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, e-mail: [makarov@vntu.edu.ua](mailto:makarov@vntu.edu.ua).

**Makarova Tamara** – Ph. D. (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [tomamakarova@ukr.net](mailto:tomamakarova@ukr.net).

УДК 629.3 681.5

Брянкін А.С., Дубовик С.О.

## ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОНОМНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ, ЯК ЕФЕКТИВНА СТРАТЕГІЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

*Розглядаються технологічні виклики та досліджуються потенційні переваги, що стоять перед розвитком автономної транспортної системи сьогодення. Висвітлюються актуальні аспекти впровадження автономних транспортних засобів, у яких є великий потенціал позитивно вплинути на безпеку дорожнього руху.*

**Ключові слова:** *автопілот, автономний транспорт, новітні технології.*

*The article discusses the technological challenges and explores the potential benefits of developing an autonomous transportation system today. The article highlights the relevant aspects of the introduction of autonomous vehicles, which have a great potential to positively affect road safety.*

**Keywords:** *autopilot, autonomous vehicles, new technologies.*

Безпека дорожнього руху – це найголовніше питання, особливо в Україні. За статистикою в ДТП щодня гине біля 4000 людей в усьому світі. Сучасний розвиток технологій автономного транспорту створює нові можливості та виклики підвищення рівня безпеки дорожнього руху. Альтернативи розвитку технології автономного транспорту в найближчому майбутньому не передбачається. Дослідження та експерименти в цій сфері розпочалися ще в 20-ті роки ХХ століття, а перші дослідні екземпляри з'явилися тільки в післявоєнні 50-ті роки. Разом з тим повноцінний прототип такого транспорту було створено тільки в середині 80-х років в Університеті Карнегі-Меллона в США, а за кілька років і в Мюнхенському університеті за участю німецького концерну Mercedes-Benz, які дали поштовх на розвиток цієї технології. За останні десятиліття автономні транспортні засоби (далі АТЗ) виявилися об'єктом інтенсивного дослідження та розробок, які можуть відкрити широкі перспективи для покращення якості транспортних послуг і зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод.

Зі зростанням зацікавленості у впровадженні АТЗ з'являються численні питання та проблеми, пов'язані з їх безпечним функціонуванням на дорогах.

Серед компаній, які докладають великих зусиль у розробку автономного транспорту, варто виділити кілька:

Uber - глобальна таксомоторна компанія, яка у 2015 році оголосила про наміри використати власні розробки для створення автономного таксі та почала тестування у своєму рідному місті - Сан-Франциско.

Waymo - підрозділ компанії Google, який з 2009 року розпочав розробку автономного автомобіля, а в 2016 році був виділений в окрему компанію в структурі корпорації Alphabet.

Tesla Motors - компанія запропонувала своїм користувачам опцію автопілота в жовтні 2014 року, однак невдовзі Ілон Макс змушений визнати необхідність зменшити його функції для запобігання небезпечній поведінці людини за кермом [1]. До сьогодні компанія не готова гарантувати вищий, шостий рівень автономності. Разом з потенційними перевагами автономної транспортної системи, виникають і серйозні проблеми, пов'язані з безпекою дорожнього руху. Тож, запропоновано лише функції адаптивного круїз-контролю, гальмування на повній швидкості, паралельного та перпендикулярного паркування.

Стрімкий розвиток технологій спонукає до ретельного дослідження, аналізу та виключення потенційних ризиків та небезпек, які можуть стати непередбачуваними внаслідок впровадження автономного транспорту. Таке дослідження вимагає комплексного підходу до оцінки взаємопов'язаних різноманітних аспектів, що впливають на безпеку дорожнього руху,

включаючи технічні можливості автоматизації, поведінкові реакції учасників дорожнього руху, оточуючу інфраструктуру та інше, а також надасть можливість визначити оптимальні шляхи вдосконалення технологій та забезпечення максимальної безпеки на дорогах.

На думку науковців та розробників, технології автопілотів і системи автоматизованого керування можуть відчутно змінити динаміку дорожнього руху та позитивно вплинути на безпеку учасників дорожнього руху.

Автономні транспортні засоби у порівнянні з людиною можуть ефективніше уникати або зменшити ризик виникнення ДТП, оскільки:

- володіють значною точністю у виконанні дорожніх правил та регулювань;
  - більш швидко опрацьовуються найбільш оптимальні рішення за рахунок використання датчиків, камер та систем штучного інтелекту для виявлення та уникнення можливих загроз;
  - можуть забезпечити оптимальний режим швидкості та відстані між транспортними засобами, що сприяє уникненню заторів та зменшенню ймовірності аварій;
  - можуть забезпечити проїзд складних перехресть в умовах напруженого трафіку;
  - можливість розпізнати неочікувану появу об'єкта та вчасно зреагувати на нього.
- Тобто виділити серед статичних об'єктів той, чия траєкторія перетнеться з рухом автомобіля, та підготуватись до гальмування машини завчасно.

Якщо говорити про вплив технології автономного транспорту на суспільство та економіку, то можна виокремити кілька чинників, завдяки яким вони можуть розвиватися:

- за рахунок того, що буде виключено фактор людської помилки, рівень безпеки на дорогах може істотно підвищитися. (Консалтингова компанія McKinsey & Company вважає, що автономний транспорт здатний зменшити аварійність на дорогах на 90%.) [1];
- додатковими перевагами впровадження автономного транспорту може стати підвищення швидкісних обмежень на дорогах, збільшення їхньої пропускної спроможності та забезпечити рівномірні швидкісні режими. (Дослідження, проведене в США, засвідчило, що нинішня максимальна пропускна спроможність шосе становить близько 2 000 автомобілів на годину на одній смузі. Використання ж автономного транспорту, в якому встановлено технологію Vehicle-to-Vehicle communication дає змогу збільшити цю кількість у 6 разів до 12000 автомобілів на смузі, які рухатимуться із середньою швидкістю 75 км/год;
- автономний транспорт може зменшити вартість праці та полегшити життя мандрівникам, молоді, літнім людям і людям з інвалідністю.

В сучасному світі технології автономного транспорту стають не тільки об'єктом вивчення та розвитку, але й обов'язковою частиною майбутнього дорожнього руху. 16 червня 2017 року Бундестаг ФРН затвердив зміни до Закону про дорожній рух, у яких безпілотні автомобілі були описані як "автомобілі з високим рівнем автоматизації або повною автоматизацією функцій керування" [2]. Проте, все ще існують питання щодо недоліків та обмежень таких технологій, які не можуть гарантувати досить велику гарантію безпеки, тож викликають обурення та неспокій серед громадськості.

Серед основних проблем, які виникають у процесі впровадження автономного транспорту, можна виокремити – технічні недоліки систем управління, недостатню адаптацію до різних умов дорожнього руху, а також проблеми взаємодії автономних і традиційних транспортних засобів.

Нагальна проблема автопілотів – це некоректне сприйняття машиною навколишнього простору. Сучасні датчики не відповідають вимогам, щодо формування достатньої кількості інформації щоб розпізнавати об'єкти навколо, прогнозувати їхню траєкторію та приймати рішення про свій подальший рух.

На жаль все ще залишаються певні проблеми щодо етичних аспектів автономного транспорту, зокрема, прийняття рішень в критичних ситуаціях, де може бути порушено правила дорожнього руху заради уникнення серйозних наслідків катастрофи. Незважаючи на всі переваги автономного транспорту, слід визнати, що він несе певні загрози технологічного

та економічного характеру.

Будь-яка технологія не захищена на 100% від несанкціонованого зовнішнього втручання. У разі програмного забезпечення, злом програми управління автомобілями так само недоліки у програмному забезпеченні або неправильне функціонування сенсорів можуть призвести до неправильної реакції на дорожні умови.

Економічними перешкодами на шляху впровадження автономного транспорту може стати вартість самого автомобіля, оскільки автономність транспорту досягається за рахунок програмно-апаратного комплексу, та переобладнання дорожньої інфраструктури для його коректного функціонування.

Однак, у контексті цих проблем треба також розглядати перспективи розвитку технологій, які відкривають шлях до використання передових систем дистанційного моніторингу, адаптивних систем керування та віддаленого управління, що сприяють оперативнішому реагуванню на потенційні загрози та забезпечують безпеку у складних дорожніх умовах. Крім того, вдосконалення сенсорів, які виявляють небезпечні ситуації та допомагають вчасно уникнути них, може значно зменшити ризик аварій. Розвиток високо-точних геолокаційних систем та системи обробки даних дозволить ефективно координувати рух автономних транспортних засобів та оптимізувати потоки руху, що призведе до зменшення транспортних заторів та покращення ефективності транспортних систем.

Потреба в забезпеченні безпеки сама по собі є рушійною силою інновацій. Враховуючи та вирішуючи вищезазначені проблеми, з вдосконаленням технологій автономного водіння треба очікувати подальшого зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод, постійна увага до етичних аспектів, врахування потенційних ризиків дозволять максимально використати потенціал автономного транспорту для створення безпечної, ефективної та сталої транспортної системи, яка відповідатиме потребам сучасного суспільства. Окрім того, інтеграція цих технологій буде мати позитивний економічний та екологічний вплив, зменшуючи кількість викидів шкідливих речовин через оптимізацію руху та покращення технологій енергозбереження.

Отже, успішне впровадження технологій автономного транспорту стане великою технологічною перемогою і принесе значні інновації та екологічні вигоди, які накладуть позитивний відбиток на життєдіяльність всіх людей. Не дивлячись на усі труднощі, з якими зіткнулася Україна, треба докладати зусилля, щодо забезпечення якісного та щасливого майбутнього усіх поколінь української нації та прагнути до світового авангарду з цієї роботи, як пріоритетної в вирішенні питань безпеки дорожнього руху.

#### Список використаних джерел

1. Мисливий В.А. Безпілотний автотранспорт як резерв запобігання аварійності. Науковий журнал «Наука і правоохорона». 2018. No 1. С. 74-126.
2. Восьмий закон про внесення змін у Закон про дорожній рух від 16 червня 2017 року. Вісник федеральних законів. Видано в Бонні 20.06.2017 р. Випуск 2017 р. Частина 1. № 38.

**Брянкін Андрій Сергійович** – здобувач вищої освіти, Військово-юридичного інституту, Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого, e-mail: [andriibryankin@gmail.com](mailto:andriibryankin@gmail.com)

**Дубовик Семен Олександрович** – викладач кафедри загальновійськових дисциплін, Військово-юридичного інституту, Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого, e-mail: [2911dubovik@ukr.net](mailto:2911dubovik@ukr.net)

**Bryankin Andrii Sergeevich** – student of higher education, Military Law Institute, Yaroslav Mudryi National Law University, e-mail: [andriibryankin@gmail.com](mailto:andriibryankin@gmail.com)

**Dubovyk Semen Oleksandrovich** – lecturer at the Department of Combined Military Disciplines, Military Law Institute, Yaroslav the Wise National University of Law, e-mail: [2911dubovik@ukr.net](mailto:2911dubovik@ukr.net)

УДК 629.3.016.8

Будниченко В.Б., Проценко В.О., Бабій М.В., Дикий В.С.

## НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ МІСТА ХЕРСОНА

*Проаналізовано проблеми та перспективи удосконалення транспортної системи міста Херсона за рахунок застосування тролейбусів з автономним ходом.*

*Визначено середню експлуатаційну швидкість тролейбусів по м. Херсону та виконана оцінка можливості застосування тролейбусів з автономним ходом для приміського сполучення.*

**Ключові слова:** Херсон, транспортна система, екологічні вимоги, тролейбус з автономним ходом, транспортне сполучення.

*The problems and perspectives of improving the transport system of Kherson city due to the use of autonomous trolleybuses are analyzed.*

*The average operating speed of trolleybuses in Kherson city was determined and the possibility of using trolleybuses with autonomous running for suburban traffic was assessed.*

**Key words:** Kherson, transport system, ecologic requirements, autonomous trolleybus, transport connection.

**Вступ.** Ситуація, що склалася в результаті ураження півдня України як наслідок російської агресії потребуватиме в майбутньому інтенсифікації перевезень вантажів, техніки та фахівців для відновлення економіки та промисловості нашої Держави. Місто Херсон після відновлення антонівського мосту має стати логістичним хабом, центром розміщення та підготовки персоналу для ліквідації наслідків війни. Ці обставини змушують задуматись про відновлення та забезпечення відповідності транспортної системи Херсона та області сучасним викликам.

### **Постановка проблеми. Задачі роботи.**

Серед основних проблем транспортної системи Херсона, які потребуватимуть вирішення, слід відзначити наступні:

- основний обсяг перевезень у межах міста та приміських районів забезпечується автобусами з ДВЗ середньої місткості типу Богдан/Еталон, мікроавтобусами типу Газель;
- тролейбусна система міста застаріла, існуючі маршрути не відповідають напрямкам найбільших пасажиропотоків;
- рухомого складу електротранспорту недостатньо;
- парк тролейбусів застарілий, переважають високопідлогові машини (ЮМЗ, Шкода, ЗиУ);
- відсутність тролейбусного сполучення з містом-сателітом Херсона Олешками та райцентром Білозерка.

Разом з тим, значної шкоди зазнала екосистема півдня, що, разом із вимогами Закону України «Про деякі питання використання транспортних засобів, оснащених електричними двигунами, та внесення змін до деяких законів України щодо подолання паливної залежності і розвитку електрзарядної інфраструктури та електричних транспортних засобів», згідно з яким передбачається у містах із населенням понад 250 тис. осіб з 2030 року заборонити закупку автобусів з ДВЗ і до 2033 року довести загальну кількість електробусів на маршрутах понад 50%, а до 2036 року – до 100%.

Наведені проблеми потребують вирішення питання модернізації транспортної системи міста Херсона з урахуванням нових вимог, чого можна комплексно досягти, спираючись на потенціал існуючої тролейбусної інфраструктури, зокрема застосуванням тролейбусів з

автономним ходом (АХ).

Конкретні рішення потребують виконання техніко-економічного обґрунтування, що вимагає, зокрема, мати вихідні дані для виконання цих розрахунків. Тому основні задачі даної роботи є такими:

- на основі аналізу статистичних даних по існуючих тролейбусних маршрутах Херсона визначити середню експлуатаційну швидкість;

- намітити та наближено оцінити можливості сполучення Херсона з Олешками та Білозеркою тролейбусами з АХ з урахуванням їх роботи на міському маршруті Херсона для зарядки акумуляторних батарей.

#### Виклад основного матеріалу.

В табл. 1 наведені основні параметри тролейбусних маршрутів м. Херсона, що слугитимуть вихідними даними при розв'язанні першої з поставлених задач.

Таблиця 1 – Параметри тролейбусних маршрутів м. Херсона (на 21.02.24)

№ м-ту	Кінцеві	Довжина маршруту, км	Тривалість рейсу, хв	Експлуатаційна швидкість, км/год	Примітка
1	3 фабрика ХБК - з/д вокзал	18,6	71	15,72	
2	Одеська площа - з/д вокзал	8,5	38	13,42	Не працює
3	Гідропарк – пл. Чорновола	28,9	97	17,88	
4	Гідропарк – вул. Комкова	23,8	87	16,41	
5	Одеська пл. - пл. Чорновола	18	62	17,42	Не працює
6	вул. Покришева – Миколаївське шосе	13,1	50	15,72	Не працює
7	Гідропарк – вул. Комкова	12,4	53	14,04	Не працює
8	3 фабрика ХБК - вул. Полтавська	19	68	16,76	
9	Пл. Білозерська - Одеська пл.	19,3	76	15,24	
10	3 фабрика ХБК - пл. Чорновола	9,3	40	13,95	Не працює
11	вул. Гринько – Одеська пл.	18,1	79	13,79	
12	3 фабрика ХБК - вул. Покришева	22,5	80	16,88	
13	вул. Дорофєєва – з/д вокзал	17,4	65	16,06	Не працює
14	Пл. Білозерська - Миколаївське шосе	14,2	49	17,39	Не працює
15	Пл. Білозерська - 3 фабрика ХБК (ч/з вул. Кулика)	21	80	15,75	Не працює

Оброблення даних табл. 1 згідно [1] дало можливість встановити, що середнє значення експлуатаційної швидкості  $V_{\text{еср}}$  тролейбусів по м. Херсону коливається в межах від 14,97 км/год до 16,55 км/год з імовірністю 95%, що має практичне значення для виконання подальших техніко-економічних розрахунків.

Для вирішення другої задачі скористаємось можливостями Google Maps для визначення відстаней від найближчих розворотних кілець (місць де тролейбус від'єднується від контактної мережі – зупинок пл. В. Чорновола та пл. Білозерська) до населених пунктів Олешки та Білозерка з метою обчислення потрібної ємності  $C_{\text{нотр}}$  тягових батарей (ТАБ) при русі з автономним ходом (АХ) [2] та потрібної для заряджання довжини маршруту  $L_k$  при русі по місту в режимі тролейбуса і живленні від контактної мережі.

$$C_{\text{нотр}} = \frac{H_0}{k_2} L_{\text{бк}}, \quad (1)$$

де  $H_0 = 2,0$  (кВт×год)/км – питома витрата електроенергії на рух тролейбуса з АХ (із задіяванням опалювальної системи);

$L_{\text{бк}}$  – відстань АХ (без контактної мережі), км;

$k_2 = 0,6$  – відношення робочого діапазону енергетичної ємності ТАБ до її конструктивної енергетичної ємності.

Параметри передбачуваних маршрутів з АХ та потрібна ємність ТАБ наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Параметри передбачуваних маршрутів з АХ та потрібна ємність ТАБ

Маршрут руху АХ	Відстань одного обороту $L_{\text{бк}}$ , км	Потрібна ємність ТАБ $C_{\text{нотр}}$ , кВт×год
Пл. Чорновола – м. Олешки – пл. Чорновола (ч/з Антонівський міст та р. Дніпро)	25	83
Пл. Білозерська – с.м.т. Білозерка	25	

За отриманим значенням  $C_{\text{нотр}}$  вибирається батарея з каталоговою ємністю  $C_{\text{кат}}$  (наприклад 88 кВт×год). Довжину маршруту під контактною мережею можна визначити з рівняння балансу:

$$C_p = C_3, \quad (2)$$

де  $C_p = H_0 L_{\text{бк}}$  – витрата енергії під час руху АХ (розряджання ТАБ), кВт×год;

$$C_3 = P_{\text{зкм}} \frac{L_k}{V_{\text{еср}}} \text{ – ємність, відновлена за рахунок заряджання від контактної мережі при русі}$$

по місту, кВт×год;

$P_{\text{зкм}}$  – потужність, що відбирається від контактної мережі при заряді ТАБ на ходу, кВт (для тролейбусів з АХ моделі PTS-12 становить 20...50 кВт);

$L_k$  – довжина ходу під контактною мережею при заряді ТАБ (міська частина маршруту), км.

Відповідно, матимемо вираз для обчислення потрібної довжини ходу під контактною мережею по місту:

$$L_k = \frac{H_0 L_{\text{бк}} V_{\text{еср}}}{P_{\text{зкм}}}. \quad (3)$$

Розрахунок за виразом (3) при  $V_{\text{еср}} = 15,75$  км/год та  $P_{\text{зкм}} = 40$  кВт для обох намічених маршрутів дає величину  $L_k \approx 20$  км, що цілком реально реалізувати із використанням існуючої тролейбусної інфраструктури міста Херсона.



### Висновки.

1. Показано, що транспортна система м. Херсона потребує удосконалення з урахуванням вимоги законодавства щодо забезпечення екологічності, що можна реалізувати зокрема застосуванням тролейбусів з автономним ходом.
2. За рахунок аналізу наявних тролейбусних маршрутів встановлено, що середнє значення експлуатаційної швидкості  $V_{\text{ср}}$  тролейбусів по м. Херсону коливається в межах від 14,97 км/год до 16,55 км/год з імовірністю 95%, що має практичне значення для виконання подальших техніко-економічних розрахунків.
3. Встановлено, що регулярне сполучення Херсона з м. Олешки (через міст річкою Дніпро) та Херона з райцентром с.м.т. Білозеркою можна забезпечити тролейбусами з АХ, при цьому запас їх ходу під ТАБ повинен бути не менше 25 км.
4. Обчислено, що ємність встановленої ТАБ для такого сполучення повинна бути не менше 83 кВт×год, а для повної зарядки ТАБ довжина ходу під контактною мережею по місту має бути не менше 20 км.
5. Подальші дослідження слід зосередити на уточненні розрахунків з урахуванням реальних витрат енергії під час руху по м. Херсону (у літній та зимовий період), рельєфу місцевості (є ділянки, де можна забезпечити її рекуперацію) та руху антонівським мостом (відсутні зупинки, тому експлуатаційна швидкість буде більшою, а витрата енергії меншою).

### Список використаних джерел

1. Подавання результатів випробування статистичне. Оцінювання середнього значення. Довірчий інтервал (ISO 2602:1980, IDT): ДСТУ ISO 2602:2006. – [Чинний від 2007-10-01]. – Київ: Держспоживстандарт України, 2009. – 7 с. – (Національний стандарт України).
2. Андрусенко С.І. Методика оцінки споживання енергії електробусом та параметрів тягової акумуляторної батареї в умовах експлуатації / С.І. Андрусенко, В.Б. Будниченко, В.С. Подпіснєв // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – 2022. – № 22 (2022). – С. 64-71.
3. Андрусенко С.І. Математична модель енергетичної ємності тягової акумуляторної батареї / С.І. Андрусенко, В.Б. Будниченко, В.С. Подпіснєв // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. К.: НТУ. – 2021. – №3(50). – С. 3-10.

**Будниченко Валерій Борисович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу Національного транспортного університету.

**Проценко Владислав Олександрович** – магістрант кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу Національного транспортного університету.

**Бабій Михайло Володимирович** – магістрант кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу Національного транспортного університету.

**Дикий Владислав Сергійович** – магістрант кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу Національного транспортного університету.

**Budnychenko Valerii** – candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Motor Vehicle Maintenance and Service, National Transport University.

**Protsenko Vladyslav** – master's student of the Department of Motor Vehicle Maintenance and Service, National Transport University.

**Babiy Mikhaylo** – master's student of the Department of Motor Vehicle Maintenance and Service, National Transport University.

**Dikiy Vladyslav** – master's student of the Department of Motor Vehicle Maintenance and Service, National Transport University.

УДК 656.13:004.94

Бурдун В.В., Ревякіна О.О., Рожкова А.Ю.

## ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ДЕЯКИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ ПРИ ВИКЛАДАННІ ДИСЦИПЛІН ПОВ'ЯЗАНИХ З АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

*В тезах подано деякі дані про необхідність та важливість застосування інформаційних технологій при викладанні дисциплін пов'язаних з автомобільним транспортом.*

**Ключові слова:** транспорт, автомобіль, навчання, дисципліна, комп'ютерне моделювання, інформаційні технології.

*The thesis presents some data on the necessity and importance of using information technology in teaching disciplines related to road transport*

**Key words:** transport, car, training, discipline, computer modeling, information technology.

Застосування інформаційних технологій в навчанні дисциплін, пов'язаних з автомобільним транспортом, має велику важливість і низку переваг для студентів та викладачів.

Інформаційні технології дозволяють студентам отримувати доступ до широкого обсягу матеріалів, включаючи відеолекції, онлайн-курси, симулятори та віртуальні лабораторії. Це допомагає підвищити рівень розуміння та навчання студентів, а також дозволяє викладачам створювати більш доступні та цікаві уроки, що в цілому сприяє ефективності навчання.

Адаптація цифрових можливостей до унікальних потреб кожної дисципліни підвищує актуальність ІТ у викладанні дисциплін, пов'язаних з автомобільним транспортом.

Прикладом комп'ютерної програми, яку можна використовувати для викладання дисциплін, пов'язаних з автомобільним транспортом, є «Roadway Online Application for Design (ROAD)». Цей інтерактивний інструмент геометричного проектування був розроблений для покращення навчального процесу для студентів транспортної інженерії. ROAD дозволяє студентам ефективно проектувати геометрію дорожнього полотна і легко модифікувати проєкт, враховуючи економічні та екологічні обмеження. Він дозволяє студентам створювати тривимірну геометричну модель дорожнього полотна, що дає їм змогу випробувати рух по спроектованому дорожньому полотну з максимальною розрахунковою швидкістю. Цей інструмент не тільки полегшує вивчення геометричного проектування, але й забезпечує практичний та досвід, що захоплює студентів, які вивчають дисципліни, пов'язані з автомобільним транспортом.



Рисунок 1 – Принтскрин з діалогового вікна комп'ютерної програми «Roadway Online Application for Design (ROAD)» [1].

Також ще одним прикладом програмного забезпечення для моделювання дорожнього руху в міському середовищі є Road Traffic Library від компанії AnyLogic [2]. Його можна використовувати для моделювання дорожнього руху навіть у віддалених або менш населених районах. Це програмне забезпечення для моделювання дозволяє здійснювати детальне планування, проектування та аналіз транспортних потоків на фізичному рівні, що робить його універсальним для різних сценаріїв, в тому числі й в менш урбанізованих місцях. Здатність програмного забезпечення моделювати поведінку кожного водія, представляти динаміку транспортного потоку і створювати 2D і 3D моделі транспортних засобів і навколишнього середовища робить його цінним інструментом для імітації дорожнього руху в різних умовах, в тому числі в районах з низькою щільністю населення або інфраструктури.

На кафедрі продовжується створення конспектів лекцій та методичних вказівок, спрямованих на наповнення необхідним навчальним матеріалом дисциплін які викладаються.

Викладачі інтегруючи різні стратегії, можуть ефективно використовувати інформаційні технології для викладання дисциплін, пов'язаних з автомобільним транспортом в університеті, надаючи студентам всебічне розуміння того, як цифрові інструменти та системи застосовуються в цій галузі.

### Список використаних джерел

1. Chen-Fu Liao, David M. Levinson. ROAD: Interactive Geometric Design Tool for Transportation Education and Training. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice. Volume 139, Issue 2. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000142](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000142).
2. Road Traffic Library. The Anylogic Company. URL: <https://www.anylogic.com/features/libraries/road-traffic-library>.
3. Кашканов А. А. Технології підвищення ефективності автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2018. 160 с.
4. 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. ISBN 978-966-641-935-7. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/schedConf/presentations>.
5. 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.
6. 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. ISBN 978-966-641-929-6.
7. 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.
8. 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.
9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. Колеснікова Є.Б., Колесніков В.О. Технологічні тенденції та дизайн в автомобілебудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 190–203.

13. 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. ISBN 978-966-641-950-0.

14. 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: I Всеукраїнська міждисциплінарна науково-практичн. конф., 27-28 квітня 2022 р. Полтава: матеріали. Вид-во ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка», 2022. С. 218–222.

15. Бурдун В. В., Шама І. П., Шевякова І. П. Методичні рекомендації щодо організації й проведення педагогічної практики. Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2022. 133 с.

16. Підготовка кваліфікаційної роботи магістра: методичні вказівки до організації та виконання. (Для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня денної та заочної форм навчання спеціальності 015.38 «Професійна освіта» освітньої-професійної програми «Транспорт»)/ укладачі: В. В. Бурдун, О. В. Скібіна. Держ. закл. «Луган. нац. ун-т імені Тараса Шевченка». Полтава : Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2022. 64 с.

17. Конспект лекцій з нарисної геометрії. Навчально-методичний посібник для здобувачів освіти спеціальностей «Дизайн», «Середня освіта. Трудове навчання та технології» «Професійна освіта» денної та заочної форм навчання / Укладачі: О. О. Ревякіна, О. О. Беседа; Держ. закл. «Луган. нац. ун-т імені Тараса Шевченка». – Старобільськ: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2021. – 120 с.

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. Бурдун В. В., Колесніков В. О. Сучасний науковий стан та деякі підходи для розробки навчальної дисципліни «Трибологія». Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 63–66. ISBN 978-966-641-929-6.

20. Колесніков Валерій. Деякі підходи для розробки навчальної дисципліни «Триботехніка». 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. 69-72. ISBN 978-617-8016-78-4. <https://doi.org/10.12958/978-617-8016-78-4-2023>.

21. Конспект лекцій з дисципліни «Триботехніка. Частина 1», 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. 132 с.

22. Конспект лекцій з дисципліни «Триботехніка. Частина 2», 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», 2024. 435 с.

23. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство: методичні рекомендації з конспектом лекцій до виконання контрольних та модульних робіт для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, денної та заочної форм навчання спеціальності 015 «Професійна освіта» освітньої-професійної програми «Транспорт» / В. О. Колесніков; Держ. закл. «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка». Полтава: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. 136 с.

24. 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.

**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.

**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.

**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.

**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.

**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, Lubny.

**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.

УДК 629.31; 629.4.02

Войтків С.В.

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОБУСНОГО ТРАНСПОРТУ

*Електробуси, як пасажирські транспортні засоби громадського користування, стрімко набувають все ширшого застосування у системах міських перевезень пасажирів.*

*На основі огляду і аналізу конструкцій сучасних моделей міських електробусів наведено основні тенденції розвитку електробусного транспорту.*

**Ключові слова:** електробусний транспорт, тягові АКБ, водневі паливні елементи, тягові мости з електроприводом, довжина електробуса, системи заряджання тягових АКБ.

*Electric buses, as passenger vehicles for public use, are rapidly gaining wider application in urban passenger transportation systems.*

*Based on the review and analysis of the designs of modern models of city electric buses, the main trends in the development of electric bus transport are given.*

**Key words:** electric bus transport, electric bus, traction batteries, hydrogen fuel cells, traction bridges with an electric drive, length of the electric bus, traction battery charging systems.

Електробуси різних типів за автономними джерелами електричної енергії (ДЕЕ) та системами їх заряджання все ширше застосовуються для перевезень пасажирів на міських маршрутах, оскільки являються екологічно безпечними у порівнянні з автобусами.

Огляд конструкцій міських низькопідлогових електробусів, створених протягом 2019-2023 років, які були експонатами двох найбільших міжнародних виставок – "Busworld Europe 2019 /2021/ 2023", що традиційно проходить у жовтні непарних років у Брюсселі (Бельгія), та "IAA TRANSPORTATION 2020/ 2022", яка традиційно проходить у серпні парних років у Ганновері (Німеччина), показав, що основними напрямками розвитку конструкцій міських низькопідлогових електробусів являються:

- застосування у якості автономних ДЕЕ тягових акумуляторних батарей (АКБ), суперконденсаторів (СК) та водневих паливних елементів ПЕ (H<sub>2</sub>);
- вдосконалення конструкцій і технологій виробництва тягових АКБ з метою збільшення енергоємності при зменшеній масі;
- застосування різних систем заряджання тягових АКБ та СК а також систем заміни блоків тягових АКБ;
- застосування, окрім колісної формули, 4x2.2, колісної формули 4x2.1;
- застосування електричних тягових мостів з незалежною підвіскою одинарних коліс;
- застосування алюмінієвих сплавів та композиційних матеріалів з метою зменшення мас електробусів у спорядженому стані;
- проектування та виробництво одинарних електробусів середнього і, навіть, малого класів за довжиною кузовів.

Одним із нетрадиційних напрямків розвитку конструкцій міських електробусів являється застосування колісної формули 4x2.1 і, відповідно, тягових мостів з незалежною підвіскою одинарних коліс. Варто відзначити ще одну характерну особливість цього напрямку – він забезпечує проектування типорозмірних рядів максимально-уніфікованих моделей електробусів різної довжини. Для створення електробусів з колісною формулою 4x2.1 італійська компанія "Brist Axle System S.r.l." виготовляє ряд таких тягових мостів. А на останній виставці "Busworld Europe 2023" був презентована нова модель електричного тягового моста IDS LF-225 [1] у двох уже інтегральних виконаннях (рис. 1) – некерованому (тяговому) та керованому (тягового-керованому).



Рисунок 1 – Електричні мости моделі IDS LF-225 з незалежною підвіскою одинарних коліс: а) – тяговий; б) – тягово-керований

Тяговий та тягово-керований мости з допустимою навантагою 12000 кгс (117,68 кН) мають масу, відповідно, 910 та 840 кг разом з тяговими електродвигунами та інвертором. Їх невіднесена маса становить 490 кг. Номінальна потужність електродвигунів сягає 225 кВт для тягового та 190 кВт для тягово-керованого мостів. Конструкція мостів забезпечує ширину проходу по пасажирському салону між арками коліс більшу на 0,15 м у порівнянні з електричними мостами порталного типу.

За останні 5 років суттєво зменшилась кількість нових моделей міських низькопідлогових електробусів, створених на основі застосування СК. Зате, значно зросла кількість моделей, обладнаних у якості автономних ДЕЕ водневими ПЕ (H<sub>2</sub>). Достатньо відмітити, що на останніх автобусних салонах у Ганновері (2022 рік) та Брюсселі (2023 рік) було представлено понад десяток нових моделей електробусів на водневих паливних елементах, зокрема, у 2023 році у Брюсселі їх презентували:

- турецька компанія "Karsan Otomotiv Sanayii ve Ticaret A.Ş." – модель "E-ATA Hydrogen" довжиною 12,0 м, вмістимістю 95 пасажирів, із запасом ходу до 500 км та тривалістю заправлення воднем лише 7 хвилин;

- італійська компанія "IVECO Bus" – модель "E-Way H<sub>2</sub>", розроблену спільно з компанією "Hyundai Motor Group", яка спеціалізується на виробництві ПЕ;

- французька компанія "Renault Truck" – модель "Renault master cite bus H<sub>2</sub>-TECH", створену спільно з партнером в області водневих технологій – фірмою HYVIA.

Розвиток конструкцій міських електробусів, обладнаних тяговими АКБ, відбувається за трьома напрямками, які передбачають:

- вдосконалення конструкцій тягових АКБ з метою збільшення енергоємності при меншій масі;

- зменшення маси електробусів у спорядженому стані, що забезпечує збільшення пасажиромістимості та автономного пробігу;

- застосування систем заміни блоків тягових АКБ під час перебування на маршруті.

Зокрема, на виставці автобусів "Busworld Europe 2023" компанія "Accelera by Cummins" презентувала високовольтні нікель-марганцево-кобальтові (NMC) тягові АКБ з максимальною енергоефективністю, які здатні заряджатися від повністю розрядженого стану до 80 % номінальної ємності за 1 год. [2]. Сучасні тягові АКБ з високою щільністю енергії уже застосовуються в деяких моделях електробусів.

Низькопідлоговий електробус моделі "Danzer" у трьох варіантах виконання "Danzer-75", "Danzer-400" та "Danzer-530" з рекордно низькою масою у спорядженому стані презентувала литовська група компаній "UAB Vėjo projektai". Споряджена маса міського електробуса типу ОС моделі "Danzer-75" з довжиною кузова 12,1 м, обладнаного тяговими літій-титанатними (LTO) АКБ енергоємністю 76 кВт/год. та пантографною системою їх підзарядження, становить всього 8600 кг [3]. Кузов електробуса виготовлений з композиційного матеріалу на основі використання переробленого ПЕТ-пластику.

Активно розвивається і напрямок застосування систем заміни розряджених блоків тягових АКБ на повністю заряджені на спеціально облаштованих станціях. Наприклад,

тестування першої такої станції у Польщі почалось ще у листопаді 2018 року [4]. Цю систему дослідники вважають найбільш доцільною для застосування у конструкціях перспективних міських електробусів [5].

Ще один цікавий напрямок розвитку конструкцій міських електробусів пов'язаний із застосуванням двох типів автономних ДЕЕ – тягових АКБ та водневих ПЕ. Перший у світі такий електробус моделі "eCitaro" виготовив німецький концерн "Mercedes-Benz Group" [6]. Водневий ПЕ потужністю 60 кВт являється подовжувачем запасу автономного пробігу електробуса до 400 км, обладнаного тяговими АКБ типу NMC загальною ємністю 294 кВт/год.

Заслугує особливої уваги застосування у процесі створення міських низькопідлогових електробусів принципів модульного проектування. Системи модульного проектування у сукупності із колісною формулою 4x2.1 забезпечують створення типорозмірного ряду модульно-уніфікованих електробусів на основі компоувальних схем за розміщенням пасажирських дверей 0-2+2-0 (рис. 2а і 2б) та 0-2+2+2-0 (рис. 2в).



Рисунок 2 – Міські низькопідлогові електробуси з подвійними пасажирськими дверима у межах колісної бази моделей:  
а) "TAM Europe Vero"; б) "Steyr eCITY 9"; в) "Alstom Aptis"

Наприклад, у типорозмірному ряду електробусів моделі "Tambus Vero" нараховується чотири моделі з довжиною кузовів 7,7 м, 8,7 м, 9,7 м та 10,7 м [7]. Характерною особливістю таких електробусів являється відсутність арок коліс керованого і тягового мостів у пасажирському салоні, тобто, відсутність вузьких проходів по салону.

Загалом, спостерігається ще одна особливість розвитку конструкцій міських електробусів. Попри значну кількість моделей електробусів, створених на базі кузовів автобусів довжиною біля 12,0 м, щороку з'являються все нові моделі з довжиною кузовів від 6,0 м до 10,0 м.

Активний розвиток відбувається і у напрямку створення та оснащення міських електробусів новими електронними системами. Наприклад, на виставці "Busworld Europe 2023" німецький концерн "Daimler Buses" презентував нові електронні системи допомоги водієві – "Active Brake Assist 6" (шостого покоління), "Preventive Brake Assist", "Frontguard Assist" та "Sideguard Assist". Вони допомагають водієві уникнути зіткнення з іншими учасниками дорожнього руху, застосовуючи автоматичне гальмування, а також попереджають водія про пішоходів та велосипедистів у сліпих зонах. Майже всі моделі автобусів і електробусів а стенді концерну були укомплектовані системою відеокамер "Mirror Cam", яка замінює традиційні зовнішні дзеркала.

Отже, на основі огляду конструкцій міських низькопідлогових електробусів, створених на протязі 2019-2023 років, можна зробити висновки, що найбільш перспективними напрямками розвитку електробусного транспорту являються:

- проектування та виробництво електробусів, оснащених блоками тягових АКБ, та станцій їх автоматизованої заміни на повністю заряджені під час перебування на маршрутах;
- створення перспективних моделей електробусів на основі застосування комбінованих систем живлення їх тягових електродвигунів, наприклад, тягових АКБ (основне ДЕЕ) та водневих ПЕ невеликої потужності для збільшення автономного пробігу;



- проектування і організація виробництва електробусів, обладнаних водневими ПЕ в якості основного ДТЕ;
- застосування композиційних матеріалів та тягових мостів з незалежною підвіскою одинарних коліс для суттєвого зменшення маси електробусів у спорядженому стані та збільшення номінальної пасажиромістимості;
- застосування компоувальних схем за кількістю і розміщенням пасажирських дверей, які передбачають їх встановлення виключно у межах колісних баз електробусів, що значно покращує пасажирообмін під час зупинок;
- застосування допоміжних електронних систем різного призначення для полегшення роботи водіїв і підвищення безпеки перевезень пасажирів.

Для вітчизняних підприємств на даному етапі складного, у зв'язку з веденням війни, економічного розвитку нашої держави, найбільш реальними і доцільними видаються два напрямки впровадження електробусного транспорту, які передбачають:

- створення перспективних моделей електробусів типу ОНС з оптимізованими параметрами довжини кузовів, номінальної пасажиромістимості та автономного пробігу;
- застосування колісної формули 4x2.1 та тягових мостів з незалежною підвіскою одинарних коліс;
- застосування формул пасажирських дверей з їх розміщенням виключно у межах колісних баз електробусів.

#### Список використаних джерел

1. Brist. Corner Drive e-Axle (eCOR). URL: <https://mail.ukr.net/desktop#sendmsg/reply/17106716190638695896> (дата звернення 17.03.2024).
2. Electric and Fuel Cell Buses. Advanced technology for smarter buses. URL: <https://www.accelerazero.com/applications/buses> (дата звернення 17.03.2024).
3. Dancer FC75 technical specification. <https://dancerbus.com/FC75-EN.pdf> (дата звернення 18.03.2024).
4. Abdelrahman Ayad, A. & El-Taweel N. A. (2021). Optimal Design of Battery Swapping-Based Electrified Public Bus Transit Systems. *IEEE Transactions on Transportation Electrification*. 7 (4), 2390-2401. <https://doi.org/10.1109/TTE.2021.3083106>
5. Ruszyła pierwsza stacja wymiany baterii w elektrobusach. URL: [https://transinfo.pl/infobus/ruszyła-pierwsza-stacja-wymiany-baterii-w-elektrobusach-\\_more\\_109959/](https://transinfo.pl/infobus/ruszyła-pierwsza-stacja-wymiany-baterii-w-elektrobusach-_more_109959/) (дата звернення 18.03.2024).
6. The new eCITARO Fuel Cell. Technical data and equipment at a glance. URL: [https://www.mercedes-benz-bus.com/en\\_DE/models/ecitaro-fuel-cell/facts/facts-ecitaro-fuel-cell.pdf](https://www.mercedes-benz-bus.com/en_DE/models/ecitaro-fuel-cell/facts/facts-ecitaro-fuel-cell.pdf) (дата звернення 19.03.2024).
7. VÉRO Flexible, Efficient and Environmentally Friendly. URL: <https://wikibus.blob.core.windows.net/sources5241/TAM%20VERO%202020.pdf> (дата звернення 19.03.2024).
8. Busworld Europe 2023: our report. URL: <https://www.sustainable-bus.com/news/busworld-europe-brussels-2023/> (дата звернення 18.03.2024).

**Войтків Станіслав Володимирович** – кандидат технічних наук, генеральний конструктор НТЦ "Автополіпром", Заслужений машинобудівник України.

**Voytkiv Staniskav** – Cand. of Science, General Designer 1 Scientific and technical Center "Autopoliprom", The Deserved Machine Engineer of Ukraine.

УДК 691.175

Войтків С.В.

## НАПРЯМКИ ЗМЕНШЕННЯ СПОРЯДЖЕНОЇ МАСИ МІСЬКИХ ЕЛЕКТРОБУСІВ

Міські електробуси різних типів характеризуються меншою номінальною пасажировмістимістю порівняно з автобусами на 10-30 чол. у зв'язку з більшою спорядженою масою навіть за умови збільшеної допустимої повної маси до 19500 кг.

На основі огляду і аналізу конструкцій сучасних моделей міських електробусів наведено основні напрямки зменшення їх спорядженої маси та збільшення пасажировмістимості.

**Ключові слова:** міський електробус, споряджена маса електробуса, номінальна пасажировмістимість, електричний тяговий міст, композиційні матеріали.

*City electric buses of various types are characterized by a smaller nominal passenger capacity compared to buses for 10-30 people. due to the greater curb weight, even with the increased permissible gross weight up to 19,500 kg.*

*On the basis of the review and analysis of the constructions of modern models of city electric buses, the main directions for reducing their curb weight and increasing passenger capacity are given.*

**Key words:** city electric bus, equipped mass of an electric bus, nominal passenger capacity, electric traction bridge, composite materials.

Електробуси різних типів з кожним роком набувають все більшого застосування для перевезень пасажирів на міських маршрутах, оскільки являються екологічно безпечними у порівнянні з автобусами.

Як відомо, основною функцією міського пасажирського транспорту громадського користування являється перевезення пасажирів. Тому, основний експлуатаційний параметр його рухомого складу, зокрема, міських електробусів, номінальна пасажировмістимість. Звісно, вона залежить від конструктивних особливостей електробусів, пов'язаних з типом автономних джерел електроенергії (ДЕЕ), їх енергоємністю, системами заряджання тягових акумуляторних батарей (АКБ) або суперконденсаторів (СК) тощо.

Загалом, номінальна пасажировмістимість одинарних міських електробусів з колісними формулами 4x2.2 або 4x2.1 обмежується двома чинниками:

- допустимою повною конструктивною масою, яка для одинарних електробусів становить 19500 кг, або визначається сумою навантаг на керований і тяговий мости;
- площею пасажирського салону, призначеного для розміщення пасажирських сидінь та пасажирів у стоячому положенні.

Зрозуміло, що з урахуванням допустимої повної конструктивної маси номінальна пасажировмістимість міських електробусів залежить від їх маси у спорядженому стані, вираз для визначення якої можна записати у наступному вигляді:

$$M_{\text{пв}} = \sum m_{\text{еос}} + \sum m_{\text{еі}} + \sum m_{\text{оі}} + \sum m_{\text{ааа}} + \sum m_{\text{тс}}, \quad (1)$$

де  $\sum m_{\text{еос}}$  – сумарна маса складових частин та комплектувальних виробів кузова електробуса без урахування мас керованого і тягового мостів з підвісками і колесами, автономних ДЕЕ з відповідними комплектувальними виробами та системами їх заряджання, заправлення або заміни, кг;

$\sum m_{\text{еі}}$  і  $\sum m_{\text{оі}}$  – маса, відповідно, керованого і тягового мостів з підвіскою і колесами, кг;

$\sum m_{\text{ааа}}$  – маса автономних ДЕЕ із відповідними комплектувальними виробами, кг;

$\sum m_{nc}$  – маса складових частин систем заряджання, заправлення або заміни автономних ДЕЕ, кг.

Проблема зменшення спорядженої маси міських електробусів, особливо найбільш поширених моделей з колісною формулою 4x2.2 і довжиною кузова біля 12,0 м, являється дуже актуальною, адже, щоби забезпечити їх пасажировмістимість, принаймні, на рівні 70-80 чол., їх допустима повна маса у порівнянні з автобусами, збільшена з 18000 кг до 19500 кг, тобто, на 1500 кг.

Деякі аспекти розвитку конструкцій міських автобусів з огляду на зниження їх спорядженої маси розглянуті у роботі [1]. У цьому дослідженні, зокрема, йдеться про застосування для виготовлення їх кузовів нержавіючої сталі замість конструкційної вуглецевої сталі, а також алюмінієвих сплавів і технологічних процесів склеювання різних матеріалів з різними властивостями, які забезпечують можливість виготовлення панелей зовнішнього облицювання каркасів кузовів з легких композиційних матеріалів.

На основі аналізу формули (1) зменшення маси міських електробусів у спорядженому стані може відбуватися за двома принципово різними напрямками, які стосуються:

- кузовів електробусів, агрегатів трансмісій і ходових частин та інших комплектувальних виробів ( $\sum m_{\acute{e}c} + \sum m_{ei} + \sum m_{oi}$ );
- типів і енергоємності автономних ДЕЕ та систем їх заряджання, заправлення або заміни ( $\sum m_{\acute{a}a} + \sum m_{nc}$ ).

Стосовно першої групи чинників, характерних для міських електробусів будь-якого типу, основними напрямками зменшення спорядженої маси являються:

- оптимізація розмірних параметрів кузовів електробусів і номінальної пасажировмістимості;
- застосування електричних тягових мостів з незалежною підвіскою одинарних коліс;
- застосування керованих і тягових мостів, обладнаних колесами меншого типорозміру;
- застосування для виготовлення кузовів електробусів високоміцних та легших конструкційних матеріалів, зокрема, алюмінієвих сплавів і композиційних матеріалів;
- застосування для виготовлення деталей кузовів електробусів адитивних технологій (3D-друкування).

Напрямок оптимізації розмірних параметрів кузовів електробусів і номінальної пасажировмістимості розглянутий у роботах [2, 3] забезпечує, у сукупності із застосуванням тягових мостів з незалежною підвіскою коліс, зменшення їх спорядженої маси на 1280-1475 кг та збільшення номінальної пасажировмістимості міських електробусів типу ОНС за умови однакового автономного пробігу 200 км на 19-22 чол. у порівнянні з моделями, довжина кузовів яких близька до 12,0 м. Адже, питома маса кузова електробуса, виготовленого із нержавіючої сталі та композиційних матеріалів, без урахування маси тягових автономних ДЕЕ та керованого і тягового мостів з електроприводом рівна 605-650 кг/м. Оскільки, оптимізована довжина кузова міського електробуса вмістимістю 100 чол. становить лише 10,5-10,6 м, споряджена маса міського електробуса зменшується на 850-975 кг, що збільшує їх вмістимість на 12-14 чол. Окрім того, застосування замість електричних портално-балкових мостів моделі AVE 130, маса яких з колесами та підвіскою рівна 1595 кг, найновіших електричних інтегральних тягових мостів моделі IDS LF-225 [4] з незалежною підвіскою одинарних коліс в аналогічній комплектації, презентованих італійською компанією "Brist Axle System S.r.l." на автобусній виставці "Busworld Europe 2023" у жовтні 2023 року, зменшує споряджену масу міських електробусів ще на 430-500 кг і, відповідно, збільшує їх пасажировмістимість ще на 6-7 чол.

Нетрадиційний підхід до проблеми зменшення спорядженої маси міських електробусів з колісною формулою 4x2.2 і довжиною кузова 12,0 м застосувала угорська група компаній

"Kravtex-Kühne Group", яка виготовляє автобуси під брендом "Credobus". Для перспективного низькопідлогового електробуса моделі "Credobus Electronell 12", який компанія планує презентувати у поточному році, застосовані керований і тяговий мости, обладнані колесами з колісними дисками типорозміру 19.5". За інформацією виробника, застосування керованого моста моделі "Raba A-605" та тягового моста моделі "Raba A-309" у сукупності з оптимізованою структурою каркасу кузова сприяє зменшенню спорядженої маси електробуса принаймні на 1500 кг у порівнянні з аналогами [5].

Інший напрямок зменшення спорядженої маси міських електробусів на основі використання легких високоміцних композиційних матеріалів для виготовлення їх кузовів уже застосований кількома виробниками міських електробусів. Наприклад, литовська група компаній "UAB Vėjo projektai" на минулорічному автобусному салоні "Busworld Europe 2023" презентувала міський електробус моделі "Danzer" у трьох варіантах виконання "Danzer-75", "Danzer-400" та "Danzer-530" з рекордно низькою масою у спорядженому стані. Модель "Danzer-75" типу ОС з довжиною кузова 12,1 м, шириною 2,5 м та висотою по кузову 3,2 м, обладнана літій-титанатними (LTO) тяговими АКБ енергоємністю 76 кВт·год., становить всього 8600 кг [6]. З урахуванням маси 5 блоків тягових АКБ 1340 кг споряджена маса електробуса з перевернутим пантографом системи їх підзарядження та масами керованого моста моделі ZF RL 82 EC і тягового порталного моста моделі ZF AVE 130 рівна 7260 кг. Кузов цього електробуса виготовлений з композиційного матеріалу на основі використання переробленого ПЕТ-пластику. Застосування композиційних матеріалів забезпечило зменшення спорядженої маси міського електробуса моделі "Danzer-75" у порівнянні з попереднім поколінням в однаковій комплектації на 1175 кг.

Композиційні матеріали для виготовлення кузовів електробусів застосовує і нідерландська компанія "Ebusco BV", які розроблені спільно з французькою компанією "Telene SAS". Виготовлення панелей зовнішнього облицювання кузовів електробусів нового покоління моделі "Ebusco 3.0" з полідициклопентадієну (PDCPD) компанії "Telene SAS" забезпечило значне зменшення його спорядженої маси. Електробус з довжиною і шириною кузова, відповідно, 12,0 м і 2,55 м, типу ONC, обладнаний літій-залізо-фосфатними тяговими АКБ енергоємністю 350 кВт·год. має споряджену масу 9950 кг, яка 33 % (на 2900 кг) менша ніж у попередньої моделі "Ebusco 2.2", та номінальну пасажиромістимість до 110 чол. [7] замість 90 чол.

На протязі останнього десятиліття активно розвиваються напрямки застосування адитивних технологій або технологічних процесів. Під узагальненим терміном "адитивні" прийнято розуміти групу технологій, які дозволяють пошарово створювати тривимірні об'єкти на основі даних CAD (Computer-Aided Design) моделі поступовим додаванням вихідного матеріалу на майбутній виріб, що відрізняється від традиційних методів формування деталі, коли з масиву заготовки видаляється зайвий матеріал шляхом механічної обробки. CAD модель – створений цифровий макет об'єкта, який має бути сформований з використанням адитивних технологій на 3D-принтері. Тривимірну CAD модель можна як розробити за власним дизайном методом комп'ютерного проектування, так і створити за даними, зібраними за допомогою 3D-сканера.

Суть адитивного виробництва (Additive Manufacturing (AM)) може бути проілюстрована наступним чином. Ключовим є те, що 3D-друк істотно скорочує тривалість технологічного ланцюга від ідеї або креслення до виробу, а разом з тим скорочується і трудо-, матеріало- та енергоємність виробництва. Таким чином, адитивне виробництво дає можливість створювати кінцеві функціональні вироби безпосередньо від конструктора або інженера через комп'ютер і принтер, не застосовуючи при цьому додаткових технологічних операцій [8]. Адитивне виробництво у сфері 3D-друку деталей уже поширилося на значну частину сектору електромобільності [9].

Отже, на основі розглянутих напрямків зменшення спорядженої маси міських низькопідлогових електробусів без урахування маси автономних ДЄЕ, для застосування

вітчизняними виробниками, за умови мінімізації собівартості їх виробництва, можна рекомендувати, перш за все, наступні:

- оптимізацію розмірних параметрів кузовів електробусів і номінальної пасажиромістимості, тобто, зменшення їх довжини при заданій містимості;
- застосування електричних тягових мостів з незалежною підвіскою одинарних коліс;
- застосування для виготовлення кузовів електробусів високоміцних композиційних матеріалів.

Ще один перспективний напрямок створення міських електробусів типу ОНС полягає у застосування систем заміни блоків тягових АКБ під час перебування на маршруті, наприклад, під час обідньої перерви. Цей напрям забезпечує значне зменшення спорядженої маси та, відповідно, суттєве збільшення їх пасажиромістимості.

#### Список використаних джерел

1. Caban, J., Seńko, J., Nowak, R., Rumianek, P., Podkowski, K., Wolska, N. (2023). Development of the Construction of City Buses in Terms of Reducing the Curb Weight of the Vehicle. *The Archives of Automotive Engineering - Archiwum Motoryzacji*. 102 (4). 91-104. <https://doi.org/10.14669/AM/176907>
2. Войтків С. В. Методика оптимізації основних технічних параметрів перспективних міських електробусів типу ОНС. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: Електронне наукове спеціалізоване видання*. Харків : ХНАДУ, 2021. 20. С. 6-16. <https://doi.org/10.30977/VEIT.2021.20.0.01>
3. Войтків С. В. Оптимізація довжини кузовів міських електробусів за заданою пасажиромістимістю. *Матеріали ЛІІ наук.-техн. конф. підрозділів Вінницького Нац. техн. уні-ту (НТКП ВНТУ–2023) : зб. доп.* Вінниця : ВНТУ, 2023. С. 2736-2780.
4. Brist. Corner Drive e-Axle (eCOR). URL: <https://mail.ukr.net/desktop#sendmsg/reply/17106716190638695896> (дата звернення 17.03.2024).
5. The New Econell 12 Next. URL: <https://credobus.hu/en/modellvalasztek/econell-12-next> (дата звернення 19.03.2024).
6. Dancer FC75 technical specification. URL: <https://dancerbus.com/FC75-EN.pdf> (дата звернення 18.03.2024).
7. Ebusco 3.0. Made to move people. URL: [https://www.ebusco.com/wp-content/uploads/Website\\_Brochure\\_EN\\_V1-3.pdf](https://www.ebusco.com/wp-content/uploads/Website_Brochure_EN_V1-3.pdf) (дата звернення 21.03.2024).
8. Масючок, О. П., Юрженко, М. В., Колісник, Р. В., Кораб, М. Г. Адитивні технології полімерних матеріалів (Огляд). *Автоматичне зварювання*. 2020. 5. 53-60. 10.37434/as2020.05.08
9. A study on additive manufacturing for electromobility. (2020). Schuhmann, D; Rockinger, C.; Merkel, M.; Harrison, D. K. *World Electric Vehicle Journal*. 19 p. <https://doi.org/10.3390/wevj13080154>.

**Войтків Станіслав Володимирович** – кандидат технічних наук, генеральний конструктор НТЦ "Автополіпром", Заслужений машинобудівник України.

**Voytkiv Staniskav** – Cand. of Science, General Designer 1Scientific and technical Center "Autopoliprom", The Deserved Machine Engineer of Ukraine.

УДК 656.137.076:656.7(043.3)

Воронков О.А.

## НАПРЯМ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНОВОГО ЗБІЖЖЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОБІГОВИХ НАПІВПРИЧЕПІВ

Обґрунтовано напрям удосконалення збирально-транспортних процесів із застосуванням обігових напівпричепів. Застосування обігових напівпричепів в складі автотракторних поїздів забезпечує підвищення продуктивності автомобіля. Основною проблемою впровадження такої технології є зменшення ущільнення ґрунту напівпричепами шляхом перерозподілу зерна в кузові під час його перевезення в полі.

**Ключові слова:** зерно, транспортування, транспортні засоби, напівпричепи, ефективність.

*The direction of improvement of collection and transport processes with use of circulating semi-trailers is substantiated. The use of circulating semi-trailers as part of auto-tractor trains ensures an increase in vehicle productivity. The main problem of implementing such technology is to reduce soil compaction by semi-trailers by redistributing grain in the body during its transportation in field.*

**Key words:** grain, transportation, vehicles, semi-trailers, efficiency.

Введення в технологічну лінію між зернозбиральними комбайнами (ЗК) і автотранспортними засобами (АТЗ) під час збирання урожаю проміжної перевантажувальної ланки – міжопераційного компенсатора дозволяє суттєво, порівняно з прямими автомобільними перевезеннями зерна, скоротити час збирально-транспортних операцій і в цілому підвищити ефективність збирально-транспортного комплексу (ЗТК) головним чином за рахунок зменшення простоїв ЗК під час очікування розвантаження зерна з бункера. Роль таких мобільних компенсаторів виконують спеціалізовані тракторні причепа-перевантажувачі (ПП) (інша назва – перевантажувальні бункери-накопичувачі – ПБН, ПНБ) зі шнековими пристроями для розвантаження, а також автомобільні та тракторні універсальні причепа і напівпричепи [1].

Найбільш розповсюдженим типом міжопераційних компенсаторів, що застосовують у виробництві, є ПП, який у складі ЗТК під час збирання зернових культур виконує наступний технологічний процес. Група комбайнів рухається по полю, і по мірі заповнення їх бункерів, зерно розвантажується в кузові ПП, які транспортують його на край поля для перевантаження у великовантажні АТЗ (рис. 1), що здійснюють перевезення зерна у хлібоприймальний пункт (ХПП – тік або елеватор). Застосування шин низького тиску у ПП виключає ущільнення ґрунту колесами великовантажних АТЗ, які транспортують зерно у приймальний пункт лише від краю поля. Підвищення продуктивності ЗК відбувається за рахунок зменшення часу їх простою для очікування розвантаження бункерів. Аналіз технологічної схеми перевезення зерна від комбайнів з використанням ПП дозволяє виявити ряд недоліків, перешкоджаючих досягненню максимального ефекту, до числа яких можна віднести наступні: необхідність своєчасного під'їзду АТЗ до ПП обумовлює простої АТЗ до 36% від часу зміни [2]; необхідність виконання додаткової операції – перевантаження зерна із одного причепа-перевантажувача в великовантажний АТЗ; таке перевантаження зерна із використанням шнекових робочих органів потребує додаткових енерговитрат, витрат часу та не виключає механічне пошкодження зерна. З метою пошуку раціональних схем транспортування продукції урожаю від комбайнів нами застосовані дані аналізу роботи компенсаторів [3]. Оскільки на перевезенні зерна можливо застосування ТЗ різних вантажностей, то для порівняльної їх оцінки доцільно визначити питому тривалість ЗТО, яка віднесена до 1 т перевезеного зерна:

$$t_{num} = \frac{T_n}{q \cdot \gamma} = \frac{t_n + t_{оч} + t_{п.ф.} + t_{рух} + t_{роз}}{q \cdot \gamma}, \quad (1)$$

де:  $T_n$  – тривалість ЗТО, год;  $t_n$ , – тривалість переїздів ТЗ по полю та завантаження зерном автомобіля  $t_n = 0,08 + 0,12\rho$ ,  $\rho$  – кількість бункерів зерна комбайна, яка розвантажується в кузов ТЗ;  $t_{рух}$  – тривалість руху АТЗ від поля до ХПП і назад;  $t_{роз}$  – тривалість розвантаження зерна в ХПП;  $t_{оч}$ ,  $t_{п.ф.}$  – тривалість відповідно очікування автомобілем завантаження зерном та переформування автотракторного поїзда (відчиплення – причіплення НП або причепів);  $q$  – номінальна вантажність ТЗ, т;  $\gamma$  – коефіцієнт статичного застосування вантажності.



а) розвантаження зерна в ПП

б) транспортування зерна з поля

в) вивантаження зерна на краю поля в кузов великовантажного АТЗ.

Рисунок 1 – Технологічні операції обігових напівпричепів

На рис. 2 представлено отримані залежності питомої тривалості ЗТО від вантажності ТЗ [2]. Введення в технологічну лінію між комбайнами і транспортними засобами проміжної ланки дозволяє значно (в 2–5 рази) скоротити час збирально-транспортних операцій (ЗТО) порівняно з прямими автомобільними перевезеннями. Виробниче впровадження схеми V ускладнено реалізацією переформування багатоланкового автотракторного поїзда. Схеми I–IV, VI, мають практично однакові результати. З урахуванням позитивних оціночних показників і наявності певного технічного забезпечення, яке дозволяє проводити удосконалення на сучасному етапі, нами прийнято застосування для транспортування НП трактора із сидельним зчипним пристроєм (СЗП). Такий трактор не тільки ефективно буксирує напівпричеп в полі та має мінімальний час на «причіплення-відчиплення» НП, але і зменшує ущільнення ґрунту, оскільки частка ваги НП з зерном сприймається задніми колесами трактора, кількість яких при цьому збільшується. Таким чином, напівпричеп в поєднанні з трактором може виконувати функцію компенсатора – спеціалізованого транспортного засобу замість, наприклад причепів ПБН-30, ПБН-40, що дозволить знизити витрати на оренду або придбання необхідної техніки. Одночасно такі транспортні засоби використовуються як обігові НП та дозволяють організувати безперервну роботу АТЗ на ділянці «край поля – ХПП» шляхом застосування «складу на колесах». НП в полі працює в складі тракторного транспортного агрегату, який містить трактор з сидельним зчипним пристроєм (сідло –

ідентичне з автотягачами), а на дорозі від поля до ХПП – з автомобілем-тягачем, як транспортний засіб. Після заповнення зерном НП перевозиться на край поля, відчіпляється і замінюється на пустий для подальшої роботи, а завантажені НП перевозяться тягачами на ХПП. Прикладом НП для роботи по даної схемі є напівпричіп самоскид НПС 2150 (зерновоз промислової компанії «Пожмашина») та НП Langendorf Tipper, які призначені для перевезення у складі автопоїзда з сідельним автотягачем зернових та інших насипних, навалочних сільськогосподарських вантажів: комбікормів, соломи, цукрових буряків та ін.

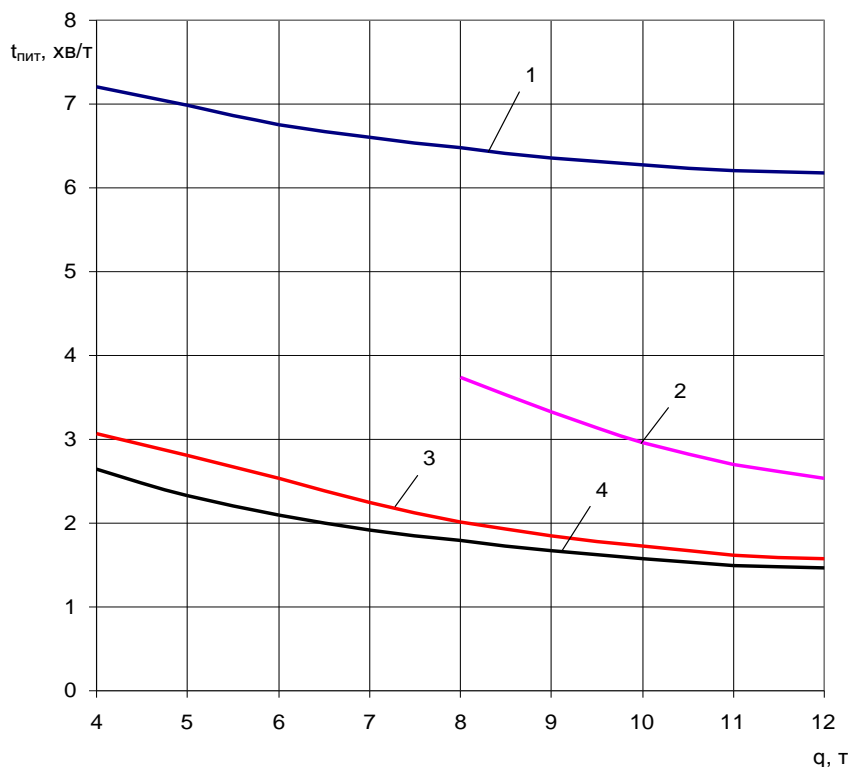


Рисунок 2 – Залежність питомої тривалості збирально-транспортних операцій:  
1 – прямі автомобільні перевезення; 2 – перевезення по схемі V; 3 – перевезення по схемам I, II, III, IV; 4 – перевезення по схемі VI.

Напівпричіп-самоскид НПС 2150 призначений для експлуатації з сідельними тягачами і обладнано гідравлічною системою для підйому кузова. Місткість кузова – 50 м<sup>3</sup>; маса (номінальна) вантажу, – до 25,8 т. Для розрахунку параметрів ЗТК розглянемо ритмічність роботи першої ланки: «ЗК – НП з трактором». Виходячи з основної вимоги поточності для групи комбайнів та одного ТПП, маємо:

$$R_K = I_H, \quad (2)$$

де:  $R_K$  – ритм роботи групи комбайнів, год.;  $I_H$  – інтервал надходження НП до місця взаємодії з технологічною машиною – комбайном, год.

Ритм роботи групи комбайнів в кількості  $m_K$ , якщо в НП завантажуються  $\rho$  бункерів, тобто НП обслуговує  $\rho$  комбайнів ( $\rho = m_K$ ), дорівнює:

$$R_K = \frac{1,11t_B\rho}{m_K} = \frac{1,11\omega_K d_B}{W_{KP}}, \text{ год.}, \quad (3)$$

де:  $t_B$  – час заповнення зерном бункера комбайна:

$$t_B = \frac{\omega_K d_B}{W_{KP}}, \text{ год.},$$

де:  $W_{KP}$  – продуктивність ЗК за 1 годину основного часу, т/год.;  $\omega_K$  – об'єм бункера комбайна, м<sup>3</sup>;  $d_B$  – об'ємна маса зерна, т/м<sup>3</sup>.



Інтервал надходження НП до місця взаємодії з комбайнами:

$$I_H = t_{\Pi} + t_{B-\Pi} - \frac{\omega_K d_B}{W_{ШК}} = 0,08 + 0,12\rho + t_{B-\Pi} - \frac{\omega_K d_B}{W_{ШК}}, \text{ год.}, \quad (4)$$

де:  $t_{B-\Pi}$  – середня тривалість перечіпки (відчіплення – причеплення) НП;  $t_{\Pi} = 0,08 + 0,12\rho$  – тривалість їздки НП по полю [2];  $W_{ШК}$  – продуктивність вивантажувального шнека ЗК, т/год.

Після підстановки значень з (3) та (4) в (2) одержимо:

$$\frac{1,11\omega_K d_B}{W_{КР}} = 0,08 + 0,12\rho + t_{B-\Pi} - \frac{\omega_K d_B}{W_{ШК}}.$$

Звідси кількість бункерів зерна ЗК, що завантажуються в НП, а також кількість ЗК, які обслуговуються одним НП, дорівнює:

$$\rho = INT(\omega_K \cdot d_B (\frac{9,25}{W_{КР}} + \frac{8,33}{W_{ШК}}) - 8,33t_{B-\Pi} - 0,667), \text{ од.}, \quad (5)$$

де:  $INT$  – функція, що повертає найближче менше ціле значення.

Таким чином на підставі теоретичного аналізу роботи збирально-транспортного комплексу із обіговими автомобільними напівпричепами самоскидами обґрунтована методика визначення складу ЗТК. Порівняємо даний варіант технології збирання та перевезення зерна з найбільш прогресивною по темпам впровадження в Україні перевантажувальною технологією із використанням причепа-перевантажувача у наступному прикладі. Розглянемо застосування технологічних схем збирання урожаю зерна з площі 2100 га зерновими комбайнами Джон Дір 9780 і перевезення зерна на приймальний пункт ( $W_{КР} = 15,3$  т/год.,  $\omega_K = 10 \text{ м}^3$ ,  $d_B = 0,75 \text{ т/м}^3$ , урожайність  $U = 6 \text{ т/га}$ , кількість робочих днів для збирання зерна за агровимогами  $D_p = 10$  днів, тривалість зміни  $T_{зм} = 8$  год., коефіцієнт змінності  $K_{зм} = 1,5$ , відстань перевезення зерна  $l_{ij} = 8 \text{ км}$ ,  $v_T = 40 \text{ км/год.}$ ). В табл. 2 представлено розрахунковий склад та показники роботи машин двох ЗТК: для перевантажувальної технологічної схеми і для перевезення із застосуванням НП. З представлених даних видно, що використання НП, які працюють за напівчовниковим рухом у двох ланках: в полі та на дорозі, забезпечує мінімальні простой транспортних засобів. Це дозволяє в 1,5 рази підняти їх продуктивність та відповідно зменшити кількість автотягачів і скоротити витрати палива.

### Список використаних джерел

1. Воронков О. А., Роговський І. Л. Модель технологічної системи перевезення збіжжя збирально-транспортного комплексу агрохолдингу. Розвиток транспорту. Одеса. 2022. No 2(13) С. 42-52. <https://doi.org/10.33082/td.2022.2-13.04>
2. Воронков О. А., Роговський І. Л. Аналітичні положення ефективності роботи збирально-транспортного комплексу зернового збіжжя. Вісник Національного транспортного університету. Серія: технічні науки. 2022. Вип. 1 (51). С. 74-83.
3. Воронков О. А., Роговський І. Л. Інженерний менеджмент моніторингу потоків транспортних засобів при збиранні збіжжя. Автошляховик України. 2023. No3. С. 42-49.

**Воронков Олексій Андрійович** – аспірант, Відокремлений структурний підрозділ «Фаховий коледж інженерії, управління та землевпорядкування Національного авіаційного університету».

**Voronkov Oleksiy Andriyovych** – post graduate student, Separate Structural Division "Specialist College of Engineering, Management and Land Management of the National Aviation University".

УДК 629.113

Галушак Д.О., Галушак О.О.

## ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ АВТОМОБІЛЯ НА СУМІШІ ДИЗЕЛЬНОГО ТА БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВ ЗІ ЗМІНОЮ ЇЇ СКЛАДУ В ЯКОСТІ ПАЛИВА ДЛЯ ДВИГУНА

*У роботі представлено результати критеріальної оцінки ефективності переведення дизельного двигуна автомобіля на роботу на суміші дизельного та біодизельного палив в залежності від швидкості, умов руху та завантаження автомобіля.*

**Ключові слова:** біодизельне паливо, дизельне паливо, суміш палив, критерії оцінки.

*The paper presents the results of a criterion evaluation of the effectiveness of transferring a car's diesel engine to work on a mixture of diesel and biodiesel fuels, depending on the speed, driving conditions and car loading.*

**Key words:** biodiesel fuel, diesel fuel, fuel mixture, assessment criteria.

Переведення дизельного двигуна автомобіля на роботу на суміші дизельного та біодизельного палив, враховуючи відмінність її фізико-хімічних та енергетичних властивостей від дизельного палива, обумовлює вплив на показники двигуна, що в свою чергу здійснює вплив на техніко-економічні та екологічні показники автомобіля в цілому.

Тому необхідно здійснити вибір критеріїв оцінки ефективності переведення дизельного двигуна автомобіля на роботу на суміші дизельного та біодизельного палив зі зміною її складу в залежності від швидкості, умов руху та завантаження автомобіля.

При переведенні дизельного двигуна автомобіля на роботу на суміші дизельного та біодизельного палив зі зміною її складу передбачається використовувати групи критеріїв оцінки ефективності переведення за двома напрямками:

- техніко-економічні та екологічні показники автомобіля;
- вартісні показники, в які повинні входити витрати на переобладнання автомобіля, витрати на проведення технічного обслуговування та поточного ремонту (ТО та ПР) системи живлення дизельного двигуна автомобіля зі зміною складу суміші дизельного та біодизельного палив та матеріальні затрати на експлуатаційні витрати.

Енергоємність суміші дизельного та біодизельного палив менша ніж дизельного палива [1, 2], тому при переведенні двигуна на роботу на суміші дизельного та біодизельного палив, його потужність буде дещо зменшуватися, тому й відповідно буде зменшуватись і максимальна швидкість автомобіля  $V_{max}$ .

Найбільш складним із видів розгону автомобіля є розгін з місця з перемиканням передач від нижчої до вищої та виходом на максимальну швидкість, при якому можна визначити вплив зміни фізико-хімічних та енергетичних показників суміші дизельного та біодизельного палив на динамічний фактор автомобіля  $D_a$  та на час  $t$  його розгону до максимальної швидкості  $V_{max}$ .

Для дослідження техніко-економічних та екологічних показників автомобілів повною масою до 3,5 т прийнято магістральний та міський цикли на дорозі. При русі автомобіля за магістральним та міським циклами можна досліджувати вплив суміші дизельного та біодизельного палив на такі технічні показники автомобіля, як: середня швидкість  $V_{cp}$  та час  $t$  проходження автомобілем даних циклів.

Таким чином, за критерії оцінки зміни технічних показників автомобіля при роботі двигуна на суміші дизельного та біодизельного палив було обрано:

- динамічний фактор автомобіля  $D_a$ ;
- час  $t$  розгону автомобіля до максимальної швидкості;
- максимальна швидкість руху автомобіля  $V_{max}$ ;

- середня швидкість  $V_{cp}$  та час  $t$  руху автомобіля за міським та магістральним циклами на дорозі.

Вищезазначені критерії дозволяють в повній мірі оцінити динамічність автомобіля та вплив використання суміші біодизельного та дизельного палив на його технічні показники.

Як вже відмічалось, розгін автомобіля з місця з перемиканням передач від нижчої до вищої та виходом на максимальну швидкість є найбільш складним із видів розгону, тому оцінювати вплив переведення двигуна на суміш дизельного та біодизельного палив на економічні показники автомобіля доцільно за допомогою витрати палива під час його розгону  $g_{роз}$  з виходом на максимальну швидкість.

Також, оцінити вплив використання системи живлення дизельного двигуна автомобіля зі зміною складу суміші дизельного та біодизельного палив можливо за витратою палива на одиницю пробігу  $g_n$  при русі автомобіля на максимальній швидкості  $V_{max}$  та при русі автомобіля за магістральним та міським циклами на дорозі.

Отже, критеріями оцінки зміни економічних показників автомобіля при роботі двигуна на суміші дизельного та біодизельного палив було обрано:

- витрата палива  $g_{роз}$  під час розгону автомобіля з виходом на максимальну швидкість;
- витрата палива  $g_n$  на одиницю пробігу при русі автомобіля на максимальній швидкості;
- витрата палива  $g_{міс}$  та  $g_{маг}$  на одиницю пробігу при русі автомобіля за міським та магістральним циклами на дорозі.

До основних токсичних речовин, що містяться у відпрацьованих газах дизельного двигуна можна віднести наступні: оксид вуглецю  $G_{CO}$ , вуглеводні (незгорілі частки палива)  $G_{CH}$ , оксиди азоту  $G_{NOx}$  та тверді частки  $G_{тч}$ . Останні складають найбільшу частку у відпрацьованих газах та є найбільш небезпечними для людини [3].

Тому, екологічні показники автомобіля при роботі на суміші дизельного та біодизельного палив було прийнято оцінювати за викидами твердих часток  $G_{тч}$ . При сталих частотах обертання колінчастого валу двигуна викиди  $G_{тч}$  будуть незначними в порівнянні з викидами при розгоні автомобіля. Тому доцільно визначати викиди твердих часток  $G_{тч}$  при розгоні автомобіля. Рух автомобіля за магістральним циклом на дорозі супроводжується розгонами зі сталої швидкості, а рух за міським циклом включає розгони автомобіля з місця. Тому, при переведенні роботи двигуна на суміш дизельного та біодизельного палив екологічні показники автомобіля доцільно оцінювати за сумарними викидами твердих часток  $G_{тч}$  під час руху автомобіля за даними циклами.

Таким чином, за критерії оцінки зміни екологічних показників автомобіля при роботі на суміші дизельного та біодизельного палив було обрано:

- сумарні викиди твердих часток  $G_{тч}$  при розгоні автомобіля до максимальної швидкості;
- сумарні викиди твердих часток  $G_{тч}$  при русі автомобіля за міським та магістральним циклами на дорозі.

Економічну доцільність переведення двигуна на роботу на суміші дизельного та біодизельного палив зі зміною її складу та модернізації системи живлення двигуна можна оцінити за допомогою витрат на переобладнання автомобіля, витрат на проведення ТО та ПР системи живлення дизельного двигуна автомобіля зі зміною складу суміші та матеріальних затрат на експлуатаційні витрати.

Витрати на переобладнання автомобіля  $B_{пер}$  здійснюються одноразово безпосередньо при переобладнанні та включають в себе вартість додаткового обладнання  $B_{до.о.}$  та вартість роботи по його встановленню  $B_{роб.}$ :

$$B_{пер} = B_{до.о.} + B_{роб.} \quad (1)$$

Витрати на проведення ТО та ПР системи живлення дизельного двигуна автомобіля зі зміною складу суміші дизельного та біодизельного палив можливо визначити при проведенні додаткових досліджень. Припустимо, що ці витрати не відрізняються від витрат на ТО та ПР штатної системи живлення дизельного двигуна.

Матеріальні затрати на експлуатаційні витрати включають в себе витрати на паливо,

мастильні матеріали, шини, тощо. Проте переведення дизельного двигуна автомобіля на роботу на суміші палив впливає лише на витрати, що пов'язані із закупівлею палива, тому в подальшому будемо розглядати тільки витрати на паливо. Витрати на закупівлю палива розраховуємо на 1 календарний рік експлуатації автомобіля.

При використанні суміші палив, витрати на закупівлю палива включають витрати на закупівлю дизельного палива та витрати на закупівлю біодизельного палива.

Витрати на закупівлю палива на 1 календарний рік експлуатації автомобіля розраховуються:

$$B_{\text{екс}} = \frac{g_{\text{дн}} \cdot C_{\text{дн}} + g_{\text{бдн}} \cdot C_{\text{бдн}}}{100} \cdot S, \quad (2)$$

де  $g_{\text{дн}}$ ,  $g_{\text{бдн}}$  - витрата дизельного та біодизельного палив, відповідно, л/100км;

$C_{\text{дн}}$  та  $C_{\text{бдн}}$  - ціна дизельного та біодизельного палив, відповідно, грн/л;

$S$  - річний пробіг автомобіля, км.

Отже, використовуючи запропоновані критерії можна здійснювати оцінку ефективності переведення роботи дизельного двигуна автомобіля на суміші дизельного та біодизельного палив зі зміною її складу в залежності від швидкості, умов руху та завантаження автомобіля.

### Список використаних джерел

1. Семенов В.Г. Визначення фізико-хімічних показників альтернативних палив рослинного походження для дизелів сільськогосподарських машин / В.Г. Семенов, Р.В. Колодницька // Вісник ЖДТУ. - 2003. - № 3 (27). - С. 57-65.

2. Третяк В.М. Ефективність використання пального рослинного походження для живлення двигунів внутрішнього згоряння сільськогосподарських машин / В.М. Третяк, В.С. Більбут, О.М. Ганженко, А.М. Мазуренко // Наукові праці Інституту Біоенергетичних культур і цукрових буряків. - 2013. - Випуск 19. - С. 163-167.

3. Гутаревич Ю.Ф. Екологія автомобільного транспорту: Навч. посіб. / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун та ін. -К.: Основа, 2002.-312 с.

**Галушчак Дмитро Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

**Галушчак Олександр Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

**Halushchak Dmytro** – candidate of technical sciences, docent of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

**Halushchak Oleksandr** – candidate of technical sciences, docent of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

УДК 662.75

Гнип М.М.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СУМІШЕВОГО БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА НА СИСТЕМУ ВПОРСКУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Постійно зростаюча потреба у виробництві енергії спонукає до виробництва біодизеля та збереження навколишнього середовища та його ресурсів. Однак більшість виробників автомобілів не рекомендують використовувати біопаливо для останніх паливних систем Common Rail. Тому важливо з'ясувати, чи може біопаливо негативно впливати на новітні системи упорскування, чи воно не робить істотного впливу на роботу системи та її знос.

**Ключові слова:** автомобіль, економія, двигун, біопаливо, ріпакова олія, паливна суміш.

*The ever-growing need for energy production drives the production of biodiesel and the preservation of the environment and its resources. However, most car manufacturers do not recommend the use of biofuels for the latest Common Rail fuel systems. Therefore, it is important to find out whether biofuel can negatively affect the latest injection systems, or whether it does not significantly affect the operation of the system and its wear.*

**Key words:** car, economy, engine, biofuel, rapeseed oil, fuel mixture.

Для забезпечення цих вимог дизельні палива повинні володіти певними фізико-хімічними та експлуатаційними властивостями, які умовно можна розділити на такі, що впливають на роботу системи живлення двигуна і такі, що впливають на випаровування і згоряння палива. [1-4].

Для дослідження використовували сім різних паливних сумішей: дизельне паливо; дизельне паливо та RME до 7%; дизельне паливо та 20% біодизеля; дизельне паливо та 40% біодизеля; дизельне паливо та 60% біодизеля; дизельне паливо та 80% біодизеля; чистий 100% біодизель. У дослідженнях дане паливо позначається як B0 – 0%; B07 – 7%; B20 – 20%; B40 – 40%; B60 – 60%; B80 – 80%; B100 – 100% вміст біодизеля у відсотках.

Після змішування цих сумішей було проведено вимірювання в'язкості та густини для кожної суміші при 20 °С.

За результатами досліджень побудовано графічні залежності (рис. 1, 2).

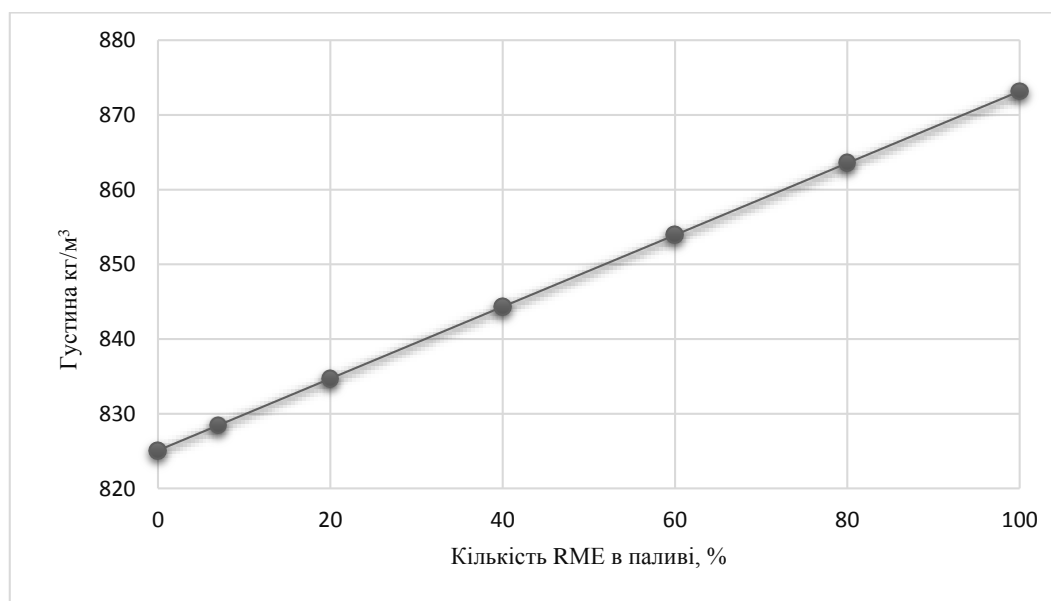


Рисунок 1 – Графік залежності густини паливної суміші від кількості в ній біодизеля

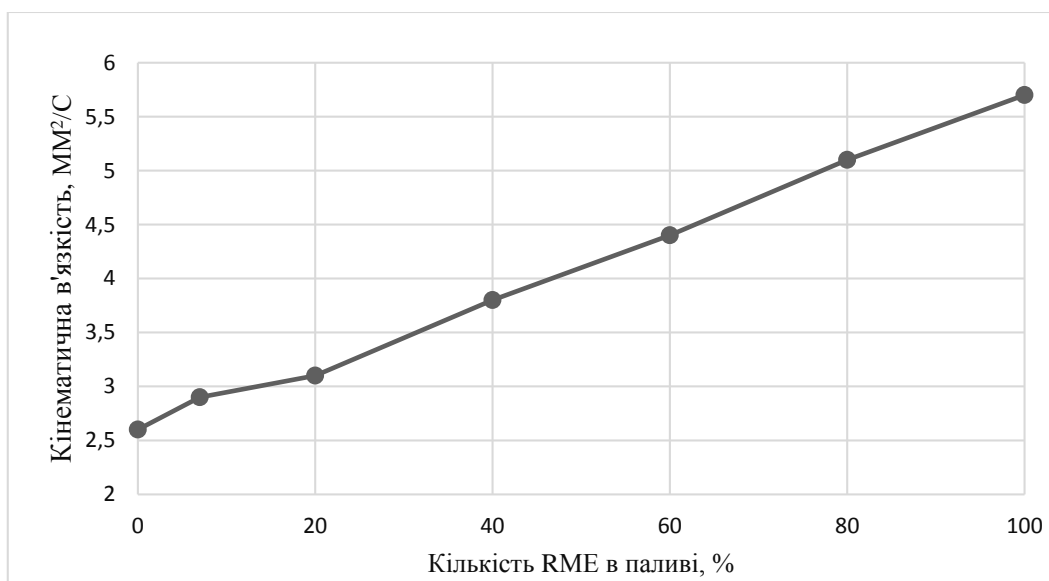


Рисунок 2 – Графік залежності кінематичної в'язкості паливної суміші від кількості в ній біодизеля

Кількість палива, яке розпилюється форсункою через отвори за заданими параметрами форсунки проводилося за допомогою аналітичних розрахунків при тиску 300, 600, 900, 1200 бар, тривалості впорскування 500 мс, для розрахунків використовувалася формула Бернуллі. За результатами розрахунків побудовано графічну залежність (рис. 3).

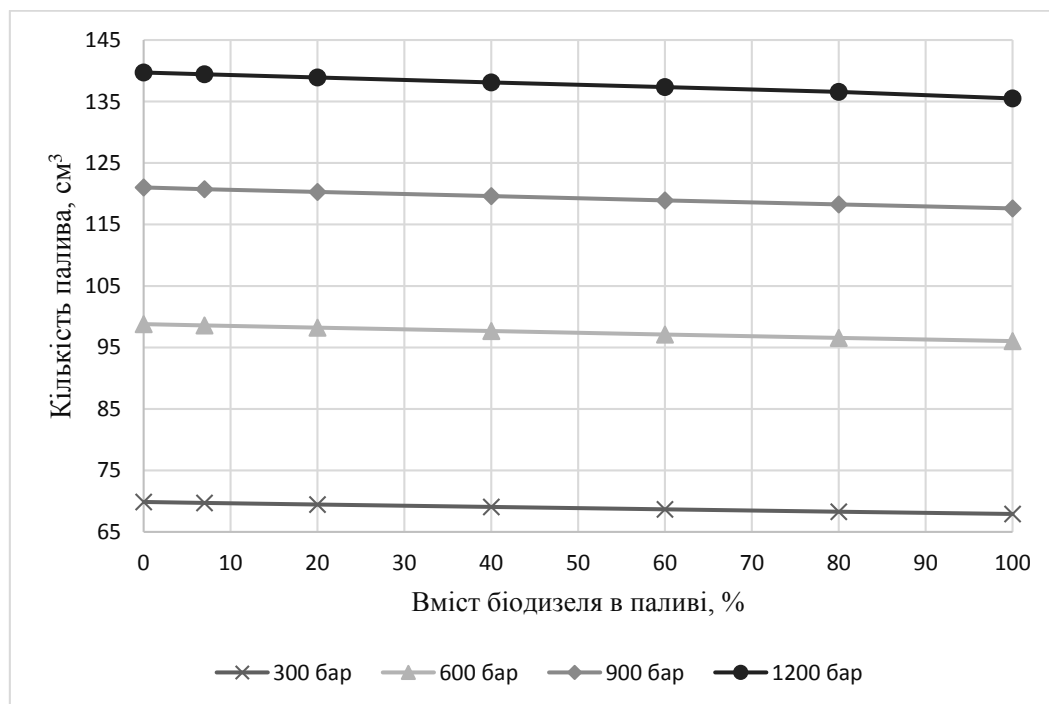


Рисунок 3 – Розрахункова кількість палива при різному тиску і паливних сумішах

З рис. 3. видно, що згідно з формулою Бернуллі при різній густині палива кількість впорскуваного палива змінюється від В0 до В100 при тиску 300 бар - 2,79%, при 600 бар - 2,80%, при 900 бар - 2,81%, при 1200 планка - 3,01%. Підсумовуючи аналітичні розрахунки параметрів впорскування, можна зробити наступні фундаментальні висновки - кількість палива, що впорскується зменшується через різну густину палива, різниця між варіаціями палива В0 і В100 становить в середньому 2,8%, але оскільки тиск збільшується до 1200 бар, відносна різниця трохи збільшується до 3%.

### Список використаних джерел

1. Левтеров А. М. Покращення екологічних характеристик дизеля, що працює на біодизельних паливних композиціях / А. М. Левтеров, В. Д. Са-вицький // Автомобільний транспорт. – 2015. – № 36. – С. 110-117.
2. Журенко Ю. І. Біодизель - альтернативна заміна дизельного палива / Ю. І. Журенко, В. М. Яропуд, І. А. Бабин // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – 2012. – № 10 (58). – С. 44-51.
3. Корпач А.О. Дослідження впливу фізико-хімічних властивостей біодизельного палива на паливну економічність, енергетичні та екологічні показники автомобільного дизеля / А. О. Корпач, О.О. Левківський // Вісник ЖДТУ. – 2016. – № 2 (77). – С. 115-121.
4. Яковлева А. В. Фізико-хімічні властивості біодизельних палив на основі етилових естерів рижієвої олії / А. В. Яковлева, С. В. Бойченко, А. В. Гудзь, С. О. Зубенко // Каталіз та нафтохімія. – 2020. – № 29. – С. 24-30.

*Гнип Марія Михайлівна – доктор філософії, доцент кафедри автомобільного транспорту інституту інженерної механіки та робототехніки Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.*

*Maria Hnyup - Doctor of Philosophy, Associate Professor of the Automobile Transport Department of the Institute of Engineering Mechanics and Robotics of the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas.*

УДК 656:338

Голуб Д.В., Аулін В.В., Замуренко А.С., Кічура Р.П., Ювженко О.В.

## ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ МЕТОДАМИ МІНІМАЛЬНИХ ШЛЯХІВ І ПЕРЕРІЗІВ

З'ясовано сутність методів мінімальних шляхів і мінімальних перерізів для оцінки надійності автомобільних транспортних систем. Отримано вирази ймовірності безвідмовної роботи для узагальненого випадку умов працездатності такої транспортної системи за структурною схемою надійності як диз'юнкцію всіх мінімальних шляхів і як кон'юнкцію заперечень усіх мінімальних перерізів.

**Ключові слова:** автомобільна транспортна система, працездатність, методи, диз'юнкція, кон'юнкція, елемент.

*The essence of the methods of minimum paths and minimum cross-sections for assessing the reliability of automobile transport systems has been clarified. Expressions of the probability of fault-free operation for the generalized case of the operational conditions of such a transport system were obtained according to the structural scheme of reliability as a disjunction of all minimal paths and as a conjunction of negations of all minimal sections.*

**Keywords:** road transport system, efficiency, methods, disjunction, conjunction, element.

Складні автомобільні транспортні системи характеризуються достатньо великою кількістю елементів. Тому надійне функціонування таких систем передусім залежить не тільки від надійності їх окремих елементів, а також і від характеру зв'язків між ними, тобто від функціональної структури [1, 2]. Проаналізувати надійність автомобільних транспортних систем можна за допомогою їх логічних або структурних функціональних схем надійності [3].

В порівнянні з фізичними схемами [4, 5], що можуть відтворювати фізичні зв'язки між елементами, логічні схеми надійності будуються так, щоб вони могли показати, які комбінації відмов окремих конкретних елементів системи приведуть до відмов ланцюга або всієї системи [2, 4, 5]. Отже, побудову логічних схем надійності можна обґрунтувати на основі аналізу наслідків причин відмов окремих елементів системи.

Застосовуючи термінологію булевої алгебри, мінімальний шлях в структурній схемі надійності автомобільної транспортної системи можна інтерпретувати як кон'юнкцію її елементів, з якої не можна вилучити жоден елемент, не порушивши працездатності системи:

$$\mathfrak{R}_i = \bigwedge_{i \in K_{\mathfrak{R}_i}} x_i, \quad (1)$$

де  $K_{\mathfrak{R}_i}$  - множина номерів елементів, яка відповідає  $i$ -му шляху.

Зазначимо, що кожен мінімальний шлях здійснює опис одного із можливих варіантів функціонування автомобільної транспортної системи, при перебуванні її в працездатному стані, за допомогою мінімального набору працездатних елементів.

Мінімальний переріз у структурній схемі надійності автомобільної транспортної системи можна інтерпретувати також як і кон'юнкцію заперечень її елементів, з якої не можна вилучити жоден елемент, не порушивши умов непрацездатності системи:

$$\mathfrak{T}_i = \bigwedge_{i \in K_{\mathfrak{T}_i}} \bar{x}_i, \quad (2)$$

де  $K_{\mathfrak{T}_i}$  - множина номерів елементів, яка відповідає  $i$ -му шляху.

Виходячи з понять і методів булевої алгебри кожен мінімальний переріз описує один із можливих способів порушення працездатності автомобільної транспортної системи за допомогою мінімального набору непрацездатних елементів. В свою чергу схема надійності реальних транспортних систем має скінчену кількість мінімальних шляхів ( $i = \overline{1, d}$ ) і



мінімальних перерізів ( $j = \overline{1, m}$ ).

В загальному вигляді умову працездатності автомобільної транспортної системи за структурною схемою надійності можна уявити як диз'юнкцію всіх мінімальних шляхів:

$$f(x_1, \dots, x_n) = \bigvee_{i=1}^d \mathfrak{R}_i = \bigvee_{i=1}^d \left[ \bigwedge_{i \in K\mathfrak{R}_i} x_i \right], \quad (3)$$

і як кон'юнкцію заперечень усіх мінімальних перерізів:

$$f(x_1, \dots, x_n) = \bigwedge_{j=1}^m \overline{S}_j = \bigwedge_{j=1}^m \left[ \bigvee_{i \in K\overline{S}_j} x_i \right]. \quad (4)$$

Таким чином, вищезазначені формули дають можливість побудувати логічні функції за одним із методів: мінімальних шляхів або мінімальних перерізів в структурній логічній схемі надійності автомобільних транспортних систем.

### Список використаних джерел

1. Голуб Д.В. Теоретична модель транспортної системи як сукупності взаємодіючих і взаємоперетворюючих елементів та підсистем. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. № 5(36). Ч.2 С. 324-334.
2. Мусатенко О.В. Підвищення ефективності логістичної системи постачань з використанням автомобільного транспорту: дис... канд. техн. наук: 05.22.01 / Національний транспортний університет, Київ, 2017. 168 с.
3. Голуб Д.В. Підвищення ефективності управління технологічним процесом доставки на основі аналізу статичних та динамічних резервів транспортної системи. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. Вип. 7(38). Ч.1. С. 214-221.
4. Kathuria Ankit, Parida Manoranjan, Ravi Sekhar Chalumuri. A review of service reliability measures for public transportation systems. International Journal of Intelligent Transportation Systems Research, Vol. 18(1), 2019. P. 243-255.
5. Голуб Д.В., Біліченко В.В., Аулін В.В. та ін. Забезпечення та підвищення надійності й ефективності процесу автомобільних вантажних перевезень побудовою дерева відмов структурних елементів транспортної системи. Вісник машинобудування та транспорту. №2(18), 2023. С. 46-55.

**Голуб Дмитро Вадимович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, [Dimchik529@gmail.com](mailto: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](mailto:AulinVV@gmail.com)

**Замуренко Артем Сергійович** – аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, [artemzamurenko@gmail.com](mailto:artemzamurenko@gmail.com).

**Кічура Руслан Петрович** – аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, [romnik83@ukr.net](mailto:romnik83@ukr.net).

**Ювженко Олександр Володимирович** – аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, [40101001@gmail.com](mailto:40101001@gmail.com).

**Golub Dmitry** – Ph.D. Assoc. Prof, Associate Professor, Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, [dimchik529@gmail.com](mailto:dimchik529@gmail.com).

**Aulin Viktor** – Dr. Prof., Professor, Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, [AulinVV@gmail.com](mailto:AulinVV@gmail.com).

**Zamurenko Artem** – getter Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, [artemzamurenko@gmail.com](mailto:artemzamurenko@gmail.com).

**Kichura Ruslan** - getter Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, [romnik83@ukr.net](mailto:romnik83@ukr.net).

**Yuvzenko Oleksandr** - getter Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, [40101001@gmail.com](mailto:40101001@gmail.com).

УДК 621.891

Гупка А.Б., Ляшук О.Л., Лещук Р.Я., Ярема І.Т.

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ВАЖКОНАВАНТАЖЕНИХ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ АВТОМОБІЛЯ

*Запропоновано методикау дослідження та критерії оцінювання для аналізу антифрикційних та протизносних властивостей мастильних композицій. Одержано експериментальні дані по їх ефективності відносно базового моторного мастила. Розроблено практичні рекомендації з використання даних мастильних композицій для трибо спряжень автомобіля.*

**Ключові слова:** трибоспряження, автомобіль, надійність, мастильні композиції.

*The research methodology and evaluation criteria for the analysis of antifriction and antiwear properties of lubricating compositions are proposed. Experimental data on their effectiveness relative to the base motor oil were obtained. Practical recommendations for the use of these lubricating compositions for car tribo couplings have been developed.*

**Key words:** tribo coupling, car, reliability, lubricating compositions.

Комплексні дослідження проводилися для визначення та порівняння триботехнічних характеристик різних мастильних композицій. Об'єкти дослідження - моторне масло в'язкісного класу SAE 5W-30 та 5 мастильних композицій, які розроблені на його основі і містять спеціальний трибологічний склад для покращення антифрикційних та протизносних характеристик поверхонь тертя деталей циліндро-поршневої групи двигуна внутрішнього згорання. Під час проведення трибологічних досліджень та для аналізу одержаних результатів, мастильні композиції були пронумеровані від 1 до 5, базове моторне мастило – номер 0.

Програма трибологічних випробувань включала наступні основні етапи:

1. Перевірка параметрів хімічної стабільності досліджуваних композицій перед початком випробувань.
2. Визначення антифрикційних властивостей мастильних композицій за допомогою діаграм Штрібека.
3. Оцінка протизносних характеристик трибоспряжень шляхом вимірювання величини лінійного зносу досліджуваного зразка при використанні різних мастильних композицій.
4. Паспортизація трибоспряження та визначення рейтингу по трибологічних властивостях мастильних композицій.

Дослідження проводились з використанням універсального трибометра [1], в лабораторії трибо логічних досліджень Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Зреалізована плоска схема контакту: контр зразок (торцева поверхня диска), при його обертовому русі – досліджуваний нерухомий зразок (торець циліндра), при можливості плавної зміни силових параметрів навантаження. Матеріал контрзразка – сталь 40Х термооброблена, матеріал досліджуваного зразка – спеціальний антифрикційний чавун. Випробування кожної мастильної композиції проводилося з використанням нових пар зразків та контрзразків при ретельному перемішуванні конкретної мастильної композиції [2].

Перед початком випробувань мастильні композиції витримувались в однакових умовах протягом тривалого періоду часу з подальшим візуальним оцінюванням показників їх хімічної стабільності, а саме – ознаки осаду та поділ компонентів (таблиця 1).

Відносно мастильної композиції 2 можливі наступні негативні наслідки при її використанні:

- негативний вплив на роботу системи мащення двигуна за рахунок забруднення масляних фільтрів;

- зменшення зносостійкості робочих поверхонь деталей трибоспряження внаслідок фізико-хімічного антагонізму компонентів трибологічного складу даної мстильної композиції та базового моторного мастила, що може призвести до підвищення зольності і появи коксу в моторному мастилi під час експлуатації двигуна.

Таблиця 1 - Показники хімічної стабільності мастильних композицій

№	Осад	Пошаровий поділ	Текучість Т*,с	Оптична прозорість Р**, бали
0	Відсутній	Відсутній	27	10
1	Відсутній	Відсутній	30	8
2	Є***	Є	33	7
3	Відсутній	Відсутній	34	9
4	Відсутній	Є	36	6
5	Відсутній	Відсутній	38	9

Примітка:

\* - Час виходу фіксованого об'єму мастильної композиції (5 мл) через калібрований отвір діаметром 2 мм вимірювався в секундах. Більший час виходу мастильної композиції відповідає меншій текучості і навпаки.

\*\* - Оптична прозорість мастильної композиції оцінювалася візуально в порівнянні з базовим моторним мастилом.

\*\*\* - Осад у вигляді твердих дрібнодисперсних часток як в основному, так і в додатковому складах.

Після відстоювання в мастильній композиції 4 відмічено шарове розділення компонентів трибологічного складу та основи (базового моторного мастила), причому перший шар, можливо через підвищену щільність, розташувався нижче рівня шару моторного масла. Даний факт свідчить про недостатню хімічну стабільність мастильної композиції 4 та вияв антагонізму до формули даного базового моторного мастила. Під час експлуатації двигуна схильність до шаруватого розділення компонентів мастильної композиції 4 може погіршити її трибологічну ефективність, особливо при тривалих перервах у роботі двигуна.

Показник текучості мастильної композиції в порівнянні з базовим моторним мастилом вказує на вплив їх трибологічного складу на початкову в'язкість базового моторного мастила. Результати замірів текучості показали, що всі мастильні композиції, незважаючи на невелику рекомендовану концентрацію, у певній мірі збільшили в'язкість базового моторного мастила. Найбільше збільшення в'язкості базового моторного мастила відмічено при використанні мастильної композиції 5, найменше – при використанні мастильної композиції 1. Загущувальний ефект антифрикційних присадок на базове моторне мастило, відомий і часто спостерігається. Цей факт має як позитивний і негативний вплив на основні техніко-економічні показники роботи двигуна, в залежності від умов експлуатації та його технічного стану.

Зміна оптичної прозорості як додатковий показник стабільності мастильних композицій, в цілому має взаємозв'язок з показниками осадоутворення і пошарового поділу. Краща прозорість спостерігалася у мастильних композиціях, 1, 3, 5 в яких були відсутні зазначенні порушення.

Порівняно з класичною діаграмою Штрібека, яка відображає залежність коефіцієнта тертя трибосистеми від параметра навантаження або числа Герсі, діаграми Штрібека для досліджуваних мастильних композицій мають деякі відмінності, а саме відсутність правої гілки (ділянки граничного тертя). Це пояснюється високими початковими антифрикційними властивостями базового моторного мастила, а також мастильних композицій 1-5, отриманих на його основі. Під час випробувань трибоспряження працювали в двох режимах - змішаному і гідродинамічному. Характер зміни кривих залежності коефіцієнта тертя від навантаження, для всіх мастильних композицій аналогічний, і відрізняється тільки за рівнем, що свідчить про наявність розбіжностей у антифрикційних властивостях мастильних композицій.

Різниця у антифрикційних властивостях досліджуваних мастильних композицій

відображається у середніх значеннях коефіцієнтів тертя, розрахованих для кожної з діаграм Штрібека, які наведені у трибологічному паспорті (таблиця 2).

Таблиця 2 - Трибологічний паспорт досліджуваних композицій

№	Середній коефіцієнт тертя	Бал А*	Середня ширина смуги зносу, мм	Бал З**	Сума балів	Підсумкове місце мінімум суми балів)
0	0,133	2	2,6	4	6	4
1	0,141	2	2,9	5	7	5
2	0,144	3	3,0	6	9	6
3	0,134	2	2,4	3	5	3
4	0,124	1	2,0	1	2	1
5	0,135	2	2,1	2	4	2

Примітка:

Бал А\* - оцінка антифрикційних характеристик мастильних композицій;

Бал З\*\* - оцінка протизносних характеристик мастильних композицій.

Бал А (антифрикційність) відповідає значенню коефіцієнта тертя і призначається за правилом – чим менший коефіцієнт тертя, тим менший бал.

Бал З (зносостійкість) відповідає значенню ширини полоси зносу і визначається за правилом - чим менша ширина, тим менший бал.

Вимірювання коефіцієнта тертя і ширини полоси зносу, дозволила визначити підсумкове місце кожної мастильної композиції при випробуванні і розподілити ці мастильні композиції в трибологічному паспорті по мірі погіршення трибологічних властивостей.

Аналіз даних трибологічного паспорту показує, що значне зниження середнього коефіцієнта тертя спостерігалось лише у мастильної композиції 4 (з 0,133 до 0,124 або на 6,7%). Ефективність інших мастильних композицій за цим показником була або в межах похибки виміру (композиції 1, 3 і 5), або показала негативний вплив (композиція 2).

Протизносні властивості оцінювалися за середньою шириною смуги зносу верхнього (нерухомого) чавунного зразка трибоспряження при однакових умовах випробувань для кожної мастильної композиції. З приведених діаграм зносу (рис. 1) видно, що мастильні композиції володіють різними протизносними властивостями, які можуть бути кращими або гіршими, у порівнянні із базовим моторним мастилом.

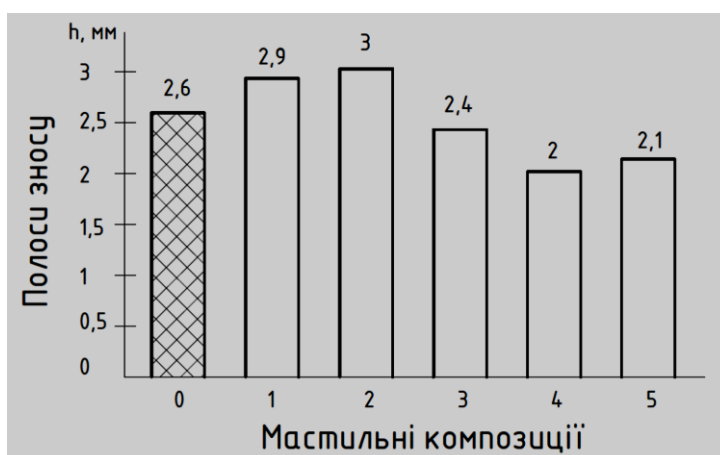


Рисунок 1 – Середня ширина полоси зносу верхнього (нерухомого) чавунного зразка трибоспряження для досліджуваних мастильних композицій 1-5 у порівнянні із базовим моторним мастилом - 0

Наприклад, композиції 1 та 2 погіршили протизносні властивості базового моторного мастила (з шириною смуги зносу 2,6 мм), показавши ширину смуги зносу 2,9 і 3 мм відповідно (на 11,5% і 15,4% гірше). Мастильні композиції 3, 4 і 5 покращили протизносні властивості

базового моторного мастила, знизивши рівень зношування деталей трибоспряження до 2,4; 2; 2,1 мм відповідно на 7,7%; 23,1% і 19,2%.

#### Висновки:

1. Мастильні композиції 1-5 мають різні антифрикційні та протизносні властивості в порівнянні з базовим моторним мастилом - 0.

2. Кращу сукупність властивостей та їх перевищення у порівнянні з базовим моторним мастилом продемонстрували мастильні композиції 4, 5 і 3 в порядку їх зменшення. Мастильні композиції 1 і 2 показали результати, які були на рівні похибки вимірювання, або гірші за аналогічні показники базового моторного мастила. Мастильна композиція 4 знизилася середній коефіцієнт тертя на 6,7% та величину зносу на 23,1%.

3. Під час оцінювання хімічної стабільності мастильних композицій були виявлені порушення у вигляді поширеного розділення (мастильна композиція 4) або поширеного розділення з одночасним випадінням дрібнодисперсного твердого осаду (мастильна композиція 2), що може вплинути на роботу системи мащення двигуна автомобіля і вимагає додаткової перевірки ефективності трибологічних характеристик мастильних композицій в умовах моторних випробувань.

#### Список використаних джерел

1. Aulin, V., Gypka, A., Liashuk, O., Stukhlyak, P., & Hrynkiv, 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 / A Gypka, 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.

**Гупка Андрій Богданович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів факультету інженерії машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, e-mail [Gypkab@gmail.com](mailto:Gypkab@gmail.com)

**Ляшук Олег Леонтійович** – доктор технічних наук, професор, перший проректор Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

**Лещук Роман Ярославович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Конструювання верстатів, інструментів та машин факультету інженерії машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

**Ярема Ігор Теодорович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Конструювання верстатів, інструментів та машин факультету інженерії машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя

**Gypka Andrii** – candidate of technical sciences, assos. prof., assos. prof. of the Department of automobiles and of engineering of machines, structures and technologies faculty of Ternopil Ivan Puluj National Technical University, e-mail [Gypkab@gmail.com](mailto:Gypkab@gmail.com)

**Oleg Lyashyk** – Doctor of Technical Sciences, professor, first vice-rector, of Ternopil Ivan Puluj National Technical University

**Roman Leshchuk** – candidate of technical sciences, assos. prof., assos. prof. of the Department of Design of Machine Tools, Instruments and Machines Department and of engineering of machines, structures and technologies faculty of Ternopil Ivan Puluj National Technical University.

**Igor Yarema** – candidate of technical sciences, assos. prof., assos. prof. of the Department of Design of Machine Tools, Instruments and Machines Department and of engineering of machines, structures and technologies faculty of Ternopil Ivan Puluj National Technical University.

УДК 656.073:004.9

Демченко Є.Б., Дорош А.С., Берун Н.Ю.

## ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ В ПЕРЕВІЗНИЙ ПРОЦЕС ЕЛЕКТРОННИХ ТОВАРНО-ТРАНСПОРТНИХ НАКЛАДНИХ

*Основним документом при транспортуванні вантажів є товарно-транспортна накладна, що, як правило, оформлюється в паперовому вигляді. Обіг паперових транспортних документів спричиняє додаткові витрати учасників перевізного процесу.*

*Представлено аналіз перспектив використання електронних товарно-транспортних накладних для внутрішньодержавних та міжнародних перевезень вантажів.*

**Ключові слова:** *товарно-транспортна накладна, вантажні перевезення, e-TTN, e-CMR.*

*The main document of cargo transportation is the waybill, which is typically issued in paper form. The circulation of paper transport documents incurs additional costs.*

*Analysis of the prospects for using electronic waybills for domestic and international cargo transportation is presented.*

**Key words:** *waybill, cargo transportation, e-TTN, e-CMR.*

Підтвердженням укладання договору перевезення є товарно-транспортна накладна (ТТН) [1, ст. 909] – єдиний для всіх учасників транспортного процесу документ, що призначений для обліку товарно-матеріальних цінностей на шляху їх переміщення, розрахунків за перевезення вантажу та обліку виконаної роботи [2]. ТТН містить відомості про вантажовідправника, перевізника і транспорт, вантажоодержувача, пункти навантаження і вивантаження, характеристики вантажу та пакування.

В теперішній час ТТН в більшості випадків складається у паперовому вигляді щонайменше у 3 примірниках: перший – залишається у відправника, другий – супроводжує вантаж та передається отримувачу, третій – призначається для перевізника. При організації міжнародних перевезень використовується накладна CMR [3], копії якої також надаються митним органам на пунктах пропуску через державні кордони транзитних країн, територією яких здійснюється міжнародне перевезення. На практиці оформлюється не менше 6 ідентичних примірників CMR з підписами та печатками відправника і перевізника.

Оформлення великої кількості примірників товарно-транспортної накладної часто характеризується наявністю помилок або пропусків у заповненні полів. Після здійснення перевезення паперові накладні пересилаються поштою, що тягне додаткові витрати та суттєві часові затримки у взаєморозрахунках. Крім того, в кінцевому підсумку спостерігається нерациональне одноразове використання паперу, а оформленні бланки який після здійснення перевезення просто зберігається в архівах, що також викликає додаткові витрати. Так, згідно дослідження Hasselt University (Бельгія), яке проведено в 2019 р. серед 72 компаній регіону Бенілюкс, вартість оформлення, пересилання поштою та зберігання паперової накладної CMR в розрахунку на одне перевезення може досягати €22,83.

У зв'язку зі вказаними обставинами та враховуючи глобальні тенденції діджиталізації Конвенція CMR у 2008 р. була доповнена протоколом, яким дозволено здійснювати перевезення за електронними накладними e-CMR. У 2020 р. Україна ратифікувала вказаний протокол; станом на теперішній час до протоколу доєдналися 34 країни. Перше успішне перевезення за e-CMR виконано в 2017 р. між Іспанією та Францією. На теперішній час e-CMR є пілотним проектом; в ЄС планується перехід на використання e-CMR в 2026 р.

Як показав аналіз, на теперішній час Україна досягла значних успіхів на шляху впровадження e-CMR. Зокрема, законодавчо врегульовано та впроваджено у експлуатацію систему надання електронних довірчих послуг, практично забезпечено повну технологічну

сумісність (інтероперабельність) електронних підписів, врегульовано правовідносини у сфері електронної комерції, приведено у відповідність з вимогами ЄС національне законодавство у сфері обміну персональними даними, що відкрило шлях до повноцінного створення, обміну та перевірки автентичності електронних документів (в тому числі транскордонних). На основі цього в Україні реалізується проект з переходу на обов'язкове використання у внутрішньому сполученні електронної товарно-транспортної накладної (e-ТТН), в рамках якого створено єдиний реєстр ТТН, що зберігає основні дані про перевезення та забезпечує електронну взаємодію між учасниками транспортного процесу та вебінтерфейси – особистий кабінет користувача та кабінет інспектора. Також Україна приєдналася до процедури спільного транзиту та впроваджує у використання єдину європейську інформаційну систему NCTS, що дозволяє обмінюватись митним органам електронними документами про вантажі.

Таким чином, запровадження e-CMR матиме сприятиме підвищенню ефективності міжнародних автомобільних перевезень та матиме позитивний євроінтеграційний ефект для транспортної системи України.

### Список використаних джерел

1. Конвенція про договір міжнародного автомобільного перевезення вантажів (КДПВ) : Конвенція; ООН від 19.05.1956 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/go/995\\_234](https://zakon.rada.gov.ua/go/995_234) (дата звернення: 15.04.2024)

2. Про затвердження Правил перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні : Наказ; Мінтранс України від 14.10.1997 № 363 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0128-98> (дата звернення: 15.04.2024)

**Демченко Євген Борисович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних вузлів, ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту» Українського державного університету науки і технологій, м. Дніпро

**Дорош Андрій Сергійович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних вузлів, ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту» Українського державного університету науки і технологій, м. Дніпро

**Берун Наталя Юрїївна** – ст. викладач кафедри транспортних вузлів, ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту» Українського державного університету науки і технологій, м. Дніпро

**Yevhen Demchenko** – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transport Hubs, Dnipro Institute of Infrastructure and Transport, Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro.

**Andrii Dorosh** – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transport Hubs, Dnipro Institute of Infrastructure and Transport, Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro.

**Natalia Berun** – Senior Teacher of the Department of Transport Hubs, Dnipro Institute of Infrastructure and Transport, Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro.



УДК 656.073:004.9

Дорош А.С., Демченко Є.Б.

## ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

*В роботі виконано аналіз функціоналу існуючих на ринку автомобільних перевезень України інформаційних систем та розглянуто порядок їх використання при організації перевезень, в тому числі і міжнародних.*

**Ключові слова:** електронний сервіс, інформаційна система, eЧерга, кабінет перевізника.

*The paper analyzes the functionality of the existing information systems on the road transport market of Ukraine and considers the procedure for their use in the organization of transportation, including international.*

**Key words:** electronic service, information system, eCherga, carrier's office.

Одним із пріоритетів державної політики на наземному транспорті, зокрема автомобільному, є цифровізація різних сервісів та адміністративних послуг в транспортній сфері [1]. Наразі в сфері вантажного автомобільного транспорту успішно реалізовано та експлуатується ряд електронних сервісів такі як система «Шлях» та «eЧерга».

Система «Шлях» [2] дозволяє надавати адміністративні послуги в режимі онлайн суб'єктам господарювання у сфері наземного транспорту, а користувачами системи є фізичні особи, фізичні особи-підприємці, юридичні особи, державні органи, а також уповноважені особи апарату ДСБТ та її територіальні органи.

Кабінет користувача в системі «Шлях» передбачає доступ до робочих столів «Ліцензування» та «Перевізник». Перший передбачає подання заяви на отримання ліцензії на внутрішні та міжнародні перевезення пасажирів на таксі чи автобусами, міжнародні перевезення вантажів (в тому числі небезпечних вантажів та небезпечних відходів) вантажними автомобілями та ін. Подача електронної заяви на отримання ліцензії передбачає заповнення реєстраційних даних про юридичну особу, запланованих видів господарської діяльності, інформації про транспортні засоби, матеріально-технічну базу та персонал. Слід відмітити, що в умовах правового режиму воєнного стану передбачено спрощену процедуру отримання тимчасової ліцензії, яка не вимагає заповнення даних про матеріально-технічну базу та персонал здобувача ліцензії.

Доступ до робочого столу «Перевізник» надається лише після отримання і сплати вартості ліцензії і складається з таких розділів:

- перевізник – містить інформацію про організацію та її транспортні засоби, діючі ліцензії та штрафи;
- мої документи – містить інформацію про створені і вже отримані разові дозволи на міжнародні перевезення, заявки на перетин державного кордону «18-60» тощо;
- ЄКМТ – містить інформацію про вже отримані дозволи ЄКМТ, заявки на їх отримання та порядок розподілу;
- інформація – містить дані щодо створених замовлень, їх оплати, отриманих дозволів, залишків разових дозволів в пунктах їх видачі, діючих обмежень тощо.

Впровадження і поступове збільшення переліку послуг в системі «Шлях» дозволило їй увійти до ТОП-5 найактивніших державних сервісів за результатами 2023 року. Так, в 2023 році 99,6 % ліцензій на провадження господарської діяльності в сфері автомобільних перевезень вантажів і пасажирів видано за заявками, надісланими саме через систему «Шлях».

Ще одним пріоритетним проектом стала інформаційна система eЧерга [3], яка

спрямована на вирішення питання організації управління чергами вантажних автомобілів на перетин державного кордону України. Роботу над проектом еЧерга розпочато влітку 2022 року, а її тестування почалось вже у жовтні цього ж року в пункті пропуску «Ягодин – Дорогуськ».

За підсумками тестового періоду було доопрацьовано еЧергу і вже в травні 2023 року відбулось її масштабування на всі 16 міжнародних пунктів пропуску з європейськими країнами. З цього моменту здійснити перетин кордону вантажівкам з масою від 7,5 т можна лише після запису в електронну чергу.

В процесі масштабної експлуатації проект еЧерга постійно зазнав змін та оновлень. Так, за дорученням Міністерства відновлення було додано можливість пропуску автомобілів з товарами, що мають пріоритетне право на перетин кордону відповідно до Митного кодексу України. До цієї групи входить більше 100 товарів, що, як правило, мають обмежений термін зберігання та особливі вимоги до температурного режиму транспортування. Крім того, для товарів 1-24 груп УКТЗЕД, в тому числі і тих, що підлягають ветеринарному контролю, в пунктах пропуску діють окремі електронні черги. Також діють окремі пункти пропуску для пропуску виключно порожніх транспортних засобів.

Таким чином, впровадження еЧерги має безумовні переваги як для перевізників, так для бізнесу і держави. Відтепер водію, незалежно від місця свого перебування, достатньо ввести необхідні дані на сайті або в застосунку еЧерга та спланувати прибуття в пункт пропуску у визначений системою час, а не чекати кілька днів своєї черги в кілометрових заторах перед кордоном. Перевага для бізнесу від впровадження електронної черги полягає в тому, що прогнозовано зменшаться непередбачувані та додаткові витрати на фізичний простій транспортних засобів перед кордоном. Для держави безумовною перевагою запровадження еЧерги є більш швидка та прозора процедура перетину кордону за рахунок виключення людського фактору та корупційних ризиків.

#### Список використаних джерел

1. Пріоритети діяльності Державної служби України з безпеки на транспорті на 2021-2023 роки. Державна служба України з безпеки на транспорті. URL: [https://dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/\\_pdf/priorytety\\_dsbt.pdf](https://dsbt.gov.ua/sites/default/files/imce/_pdf/priorytety_dsbt.pdf) (дата звернення: 01.04.2024).
2. Шлях – DSBT URL: <https://shlyah.dsbt.gov.ua/> (дата звернення: 02.04.2024).
3. еЧерга. Електронна черга перетину кордону. еЧерга. Електронна черга перетину кордону. URL: <https://echerha.gov.ua/> (дата звернення: 03.06.2024).

**Дорош Андрій Сергійович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних вузлів, ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту» Українського державного університету науки і технологій, м. Дніпро

**Демченко Євген Борисович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних вузлів, ННІ «Дніпровський інститут інфраструктури і транспорту» Українського державного університету науки і технологій, м. Дніпро

**Andrii Dorosh** – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transport Hubs, Dnipro Institute of Infrastructure and Transport, Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro.

**Yevhen Demchenko** – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transport Hubs, Dnipro Institute of Infrastructure and Transport, Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro.

УДК 656.13

Жук М.М., Півторак Г.В., Пруський Є.В., Скиба М.Б.

## ОГЛЯД МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У ГАЛУЗІ ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*У тезах проаналізовано існуючі публікації по дослідженнях та можливостях застосування Штучного Інтелекту (ШІ) та Нейронних Мереж (НМ) для вирішення різноматіних задач у галузі транспортних технологій. Наведено приклад анкети онлайн опитування для збору даних про покупки мешканців міста, з метою подальшого їх використання для обрахунку та прогнозування обсягів перевезень.*

**Ключові слова:** штучний інтелект, нейронні мережі, транспортні технології, опитування, збір даних, прогнозування обсягів перевезень.

*The theses analyze existing publications on research and the possibilities of application of Artificial Intelligence (AI) and Neural Networks (NN) for solving various tasks in the fields of transport technologies. An example of an online survey is provided for collecting data on city residents' purchases, for further use in calculating and forecasting volumes of transportation.*

**Key words:** artificial intelligence, neural networks, transport technologies, survey, data collection, transportation volume forecasting.

ШІ і НМ революціонізують транспортні технології, підвищуючи ефективність, безпеку та стійкість. Застосування ШІ варіюються від автономних транспортних засобів, інтелектуальних систем керування дорожнім рухом до прогнозованого технічного обслуговування, що позитивно впливає на процеси прийняття рішень та експлуатаційні можливості. НМ забезпечують аналіз даних і навчання, полегшуючи реагування в реальному часі на складні сценарії транспортування. Спільно, ці технології сприяють розробці та втіленню розумніших транспортних рішень, пришвидчуючи стрибок у майбутнє мобільності.

Стаття [1] проводить ретельний аналіз того, як технології ШІ застосовуються в різних аспектах транспорту. У ній обговорюється використання штучного інтелекту для покращення управління дорожнім рухом, громадським транспортом та міською мобільністю, а також говориться про обмеження і майбутні перспективи штучного інтелекту в транспортному секторі. Це включає застосування алгоритмів машинного навчання та нейронних мереж для оптимізації транспортного потоку, підвищення безпеки та ефективності транспортних систем.

У статті [2] описано трансформаційний потенціал штучного інтелекту для покращення логістики та операцій ланцюга поставок. У ній обговорюється широке застосування технологій штучного інтелекту, використання даних і обчислювальних досягнень для покращення процесів прийняття рішень у ланцюгах постачання. Текст підкреслює роль штучного інтелекту в автоматизації робочих процесів, прогнозуванні потреб в обслуговуванні та підвищенні операційної ефективності, зрештою, підтримці більш стійких, ефективних і стійких ланцюжків поставок.

У статті [3] досліджено використання нейромережевої моделі прокладання маршруту для перевезення вантажів та вибору виду транспорту. Обговорюється використання змішаного методу прийняття рішень, враховуючи численні критерії для формування маршруту та вибору транспорту під впливом методу нечітких коефіцієнтів. Цей підхід об'єднує складні процеси прийняття рішень у логістиці з технологіями штучного інтелекту з метою оптимізації ефективності та результативності транспортування.

У статті [4] досліджується використання штучного інтелекту (ШІ) в управлінні транспортною логістикою, підкреслюється, як ШІ може оптимізувати такі процеси, як управління ресурсами, маршрутизацію, контроль якості доставки та управління складом. У ній

обговорюються програми та методи штучного інтелекту, включаючи машинне навчання, нейронні мережі, контроль трафіку та системи геолокації, підкреслюючи їх потенціал для підвищення ефективності, зниження витрат і покращення якості послуг за допомогою автоматизації та кращого прийняття рішень.

У статті [5] йдеться про розробку прогнозної моделі обсягів вантажних перевезень в Україні за допомогою нейронних мереж, зокрема через платформу Deductor Studio Academic. Модель спрямована на підвищення точності прогнозування для планування та оптимізації транспортування, підкреслюючи потенціал нейронних мереж в управлінні складними шаблонами даних і покращенні процесів прийняття рішень у транспортному секторі.

Стаття [6] розглядає інтеграцію технологій ШІ в логістику, наголошується на підвищенні ефективності, безпеки та кібербезпеки. Автор пропонує комплексний огляд застосувань штучного інтелекту в сучасних логістичних кіберфізичних системах, висвітлюючи різні дослідницькі та промислові рішення, спрямовані на вдосконалення логістичних операцій. Вони включають в себе обговорення розподілу ресурсів, планування та розкладу, вимірювань та моніторингу, автономного водіння та моделювання логістичних систем, а також викликів і майбутніх потенційних застосувань ШІ в цій галузі.

Стаття [7] містить вичерпний огляд ролі штучного інтелекту в трансформації логістики за допомогою різних програм і алгоритмів. Він охоплює історичний розвиток штучного інтелекту, включаючи нейронні мережі та їх застосування в логістиці, аналіз поведінки споживачів за допомогою аналізу даних, роль роботів в автоматизації логістики, еволюцію та вплив безпілотних транспортних засобів, інтеграцію доповненої реальності в логістичні операції, а також використання оптимізаційних алгоритмів для вирішення складних логістичних задач.

У статті [8] обговорюється інтеграція штучного інтелекту в транспорті з метою покращення міської мобільності та транспортних аспектів. Він зосереджується на тому, як машинне навчання, комп'ютерне бачення та обробка природної мови можуть зробити транспорт більш ефективним, безпечним і стійким. Основні сфери впливу включають автономні транспортні засоби, управління дорожнім рухом, прогнозоване технічне обслуговування та персоналізовані послуги мобільності, що підкреслює потенціал штучного інтелекту для революції в транспорті, одночасно вирішуючи питання етики та кібербезпеки.

У статті [9] розглядається потенціал і застосування штучних нейронних мереж (ШНМ) у галузі транспортної інженерії, яка мала активність, незважаючи на зростаючий інтерес ШНМ до них. Автор досліджує унікальні можливості ШНМ порівняно з біологічними нейронними мережами та експертними системами, надаючи розуміння їх переваг, таких як швидкість обробки та виправлення помилок. За допомогою тематичного дослідження щодо прогнозування генерації поїздок, стаття демонструє ефективність ШНМ, припускаючи їх високий потенціал для покращення як програмного, так і апаратного забезпечення додатків транспортної техніки.

Одним з методів збору інформації є онлайн опитування. За допомогою онлайн опитування можна зібрати дані щодо потреби у соціально-побутових переміщеннях, зокрема про об'єми та час здійснення закупівель мешканців міста.

Опитування може включати у себе такі запитання:

- Вік респондента;
- Стать респондента;
- Основний вид діяльності респондента на даний час;
- Розмір домогосподарства респондента на даний час;
- Середній місячний дохід домогосподарства респондента;
- Чи має респондент власний автомобіль або автомобіль когось з членів родини яким він може користуватись;
- Населений пункт у якому проживає респондент;
- Як часто респондент здійснює покупки;

- Де респондент закупає продовольчі товари;
- Де респондент закупає непродовольчі товари;
- Який спосіб переміщення використовує респондент при здійсненні покупок;
- Місце покупки респондента;
- Час виконання покупки;
- Вид товарів;
- Приблизна вага та розмір покупки;
- Наскільки типовою є покупка такої ваги та розміру для респондента;
- Спосіб переміщення респондента з покупками додому.

Таким чином, ШІ та НМ вносять значний вклад у розвиток транспортних технологій завдяки прогнозованому моделюванню, ефективній маршрутизації та автоматизації. Вони пропонують такі переваги, як покращене управління трафіком, оптимізовані логістичні операції та розробка автономних транспортних засобів. Виділені варіанти використання включають ШІ для динамічної маршрутизації в логістиці, мережевий інтелект для прогнозування обсягів перевезень, а також додатки ШІ в розумній логістиці та міській мобільності. Ці технології спільно сприяють тому, щоб зробити транспортні системи більш ефективними, безпечними та екологічно стійкими. За допомогою анкетування можна зібрати дані про покупки мешканців міста та використовувати ШІ і НМ розрахувати та прогнозувати обсяги перевезень міською територією з врахуванням ефективного часу доставки вантажів.

#### Список використаних джерел

1. Rusul Abduljabbar, Hussein Dia, Sohani Liyanage, Saeed Asadi Bagloee // Applications of Artificial Intelligence in Transport: An Overview. Sustainability, Vol. 11, issue 1, 189.
2. Robert N. Boute, Maximiliano Udenio // AI in Logistics and Supply Chain Management / [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ssrn.com/abstract=3862541>
3. Шарай С. М., Сахно В. П., Поляков В. М., Рой М. П., Фадєєв М. С. // Використання моделі нейронної мережі для формування маршруту перевезень вантажів та вибору виду транспорту. Матеріали XI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту» (13-14 квітня 2023 року, м.Вінниця) С.354-357.
4. Головіна Олена // Сучасні технології в управлінні транспортною логістикою. International Science Journal of Management, Economics & Finance. Vol. 2, No. 3, 2023, pp. 35-42. doi: 10.46299/j.isjmef.20230203.04.
5. Н.В. Кудрицька // Прогнозування розвитку транспортно-дорожнього комплексу України за допомогою нейронних мереж. Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем. Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем. Київ, Збірник наукових праць, №19. С. 198-207.
6. Yang Liu, Xin Tao, Xin Li, Armando Walter Colombo, Shiyang Hu // Artificial Intelligence in Smart Logistics Cyber-Physical Systems: State-of-The-Arts and Potential Applications. IEEE Transactions on industrial cyber-physical systems, Vol. 1, 2023. doi: <https://doi.org/10.1109/TICPS.2023.3283230>
7. László Kota // Artificial intelligence in logistics. Applications and algorithms. Advanced Logistic Systems Vol. 12. No. 1. (2018) pp. 47-60. doi: <https://doi.org/10.32971/als.2019.004>
8. Jasmin Praful Bharadiya // Artificial Intelligence in Transportation Systems A Critical Review. American Journal of Computing and Engineering, Vol. 6, Issue 1, pp 35 – 45, 2023.
9. Ardeshir Faghri, Jiuyi Hua // Evaluation of Artificial Neural Network Applications in Transportation Engineering. Transportation Research Record 1358.

**Жук Микола Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій Інституту механічної інженерії та транспорту Національного університету “Львівська політехніка”

**Півторак Галина Василівна** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри транспортних технологій Інституту механічної інженерії та транспорту Національного університету “Львівська політехніка”

**Пруський Євген Володимирович** – аспірант, асистент кафедри транспортних технологій Інституту механічної інженерії та транспорту Національного університету “Львівська політехніка”

**Скиба Микола Богданович** – аспірант, асистент кафедри транспортних технологій Інституту механічної інженерії та транспорту Національного університету “Львівська політехніка”

**Mykola Zhuk** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Transport Technologies at the Institute of Mechanical Engineering and Transport of the National University "Lviv Polytechnic"

**Halyna Pivtorak** – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Transport Technologies at the Institute of Mechanical Engineering and Transport of the National University "Lviv Polytechnic"

**Yevhen Pruskyi** – Postgraduate Student, Assistant of the Department of Transport Technologies at the Institute of Mechanical Engineering and Transport of the National University "Lviv Polytechnic"

**Mykola Skyba** – Postgraduate Student, Assistant of the Department of Transport Technologies at the Institute of Mechanical Engineering and Transport of the National University "Lviv Polytechnic"

УДК 629.331

Жуков В.В., Колесніков В.О., Балицька В.О.

### АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНІ АВТОМОБІЛІ

*Зроблено стислий аналіз даних, що стосуються спеціалізованих автомобілів, які відносяться до аварійно-рятувальних. Як приклад наведено автомобілі Volkswagen Crafter та Peugeot Boxer, які переобладнанні компанією «REFORM».*

**Ключові слова:** *автомобілебудування, автомобіль, автомобільний транспорт, спеціалізовані автомобілі, спеціальні автомобілі, автомобілі спеціального призначення, транспортний засіб, аварійно-рятувальні автомобілі.*

*A brief analysis of data related to specialized vehicles, which are classified as emergency vehicles. As an example, the Volkswagen Crafter and Peugeot Boxer, which were converted by company REFORM.*

**Key words:** *automotive industry, automobile, motor vehicles, specialized vehicles, special vehicles, special purpose vehicles, vehicle, emergency rescue vehicles.*

Аварійно-рятувальні автомобілі — це спеціалізовані транспортні засоби, призначені для використання в надзвичайних ситуаціях, таких як пожежі, аварії на дорогах, природні катастрофи та інші події, що потребують швидкого та ефективного реагування.

Ці автомобілі зазвичай оснащені спеціальними системами та обладнанням для надання допомоги та проведення рятувальних операцій. Серед найпоширеніших видів аварійно-рятувальних автомобілів можна виділити:

**Пожежні автомобілі.** Обладнані системами для боротьби з пожежами, такими як водяні помпи, водяні баки, піни, гасіння газів тощо.

**Швидка медична допомога.** Медичні автомобілі, які мають необхідне обладнання та засоби для надання першої медичної допомоги, транспортування поранених та хворих до медичних установ.

**Аварійно-рятувальні бригади.** Автомобілі, що мають спеціалізоване обладнання для рятування людей під завалами, затопленими будівлями тощо.

**Дорожньо-патрульні автомобілі.** Транспортні засоби, які використовуються для надання допомоги на дорогах під час аварій, для організації дорожнього руху та координації дій рятувальних служб.

**Аварійно-технічні служби.** Автомобілі зі спеціалізованим обладнанням для вилучення транспортних засобів з місця дорожньо-транспортної пригоди, видалення наслідків аварій тощо.

В нашій країні є кілька підприємств які займаються переобладнанням та створенням спеціалізованих автомобілів вже на базі тих, що вже існують. Як приклад, можна навести діяльність компанії «Reform».

Такі автомобілі середнього класу, виробництва компанії «Reform» призначені для технічного забезпечення пошукових, аварійно-рятувальних та невідкладних аварійно-рятувальних та відновлювальних робіт, що виконуються на об'єктах підвищеного ризику, у населених пунктах, на магістральних транспортних комунікаціях, у тому числі на промислових. Серед автомобілів цього класу слід відзначити Peugeot Boxer 4×4 і Volkswagen Crafter 4-Motion, виготовлені на базі шасі підвищеної прохідності.

Висока прохідність та маневровність машини забезпечують оперативне доставляння рятувальників та спеціального обладнання до місця виникнення надзвичайних ситуацій у важких дорожніх та кліматичних умовах.

Аварійно-рятувальний автомобіль МНС використовується з метою екстреного

транспортування рятувальної бригади в місця техногенних або природних катастроф. Автомобіль оснащений спеціальним аварійно-рятувальним обладнанням, що дозволяє здійснити оперативне розгортання та реалізувати операції з порятунку постраждалих.

Аварійно-рятувальні автомобілі у вантажно-пасажирському виконанні мають кабінку водія (1+2 місця), салон для екіпажу (3-4 місця), місце для транспортування потерпілого на ношах та технічний відсік. Технічний відсік обладнаний стелажми, оснащеними комплектом аварійно-рятувального обладнання, засобами захисту екіпажу, засобами зв'язку, освітлювальним обладнанням, медичними засобами, протипожежним обладнанням, засобами життєзабезпечення, спеціальним обладнанням та приладами, спеціальною світловою сигналізацією.

На рис. 1 наведено приклади спеціалізованих аварійно-рятувальних автомобілів від компанії «Reform».



а



б

Рисунок 1 – Volkswagen Crafter (а). Peugeot Boxer (б) [3].

Класичне оснащення аварійно-рятувального автомобіля включає:

- впізнаване забарвлення кузова зі спеціальними наклейками;
- «фару-шукач»;
- сигнал і гучномовний пристрій;
- систему освітлення на бічних дверях;
- додаткове освітлення на даху;
- підніжку для бічних дверей;
- сходи в задньому відсіку;
- лебідку;
- газовий різак;
- бензиновий генератор;
- «комбі-ножиці»;
- гідравлічний універсальний комплект;
- держак;
- вантажну платформу.

У відсіку для екіпажу укладено нековзне покриття для підлоги, передбачені системи кондиціонування, опалення, освітлення, а також присутні ніші для зберігання і транспортування допоміжних елементів.

Вантажна частина аварійно-рятувального автомобіля характеризується рифленою алюмінієвою підлогою, оснащена висувною багаторівневою конструкцією з додатковими полками, а також має на задніх дверях кріплення для шанцевого інструменту. Спецавтомобіль такого типу комплектується обов'язковими перерахованими вище елементами, але також може включати та додаткові за бажанням замовника.



Основні переваги, якими відрізняється спецтехніка даного типу, полягають у високій прохідності, гнучкому комплекті постачання та наявності можливості експлуатації спецтехніки для широкого спектра задач.

Аварійно-рятувальні автомобілі виробництва компанії укомплектовані необхідним медичним обладнанням першої медичної допомоги для доставлення потерпілого до медустанови. Дані автомобілі застосовуються також при порятунку людей при аварійних та нещасних випадках у газовому господарстві та на об'єктах, що використовують або виробляють токсичні, вибухонебезпечні, захисні та інертні гази, легкозаймисті рідини та інші шкідливі речовини. Вони незамінні при ліквідації аварій, що вимагають застосування газозахисної апаратури та спеціального газорятувального обладнання.

Всі конструкції виготовлені на сучасному технологічному обладнанні, серед яких ЧПУ верстати (прес для згинання металу, лазерний та плазмовий верстати), напівавтоматичні та автоматичні зварювальні апарати. Контроль якості забезпечується застосованою на виробництві системою управління якістю, сертифікованою за стандартом ISO 9001:2015.

Аварійно-рятувальні автомобілі грають важливу роль у забезпеченні безпеки та наданні допомоги у надзвичайних ситуаціях, сприяючи швидкому та ефективному реагуванню на аварії та катастрофи.

### Список використаних джерел

1. Форнальчик Є. Ю., Оліскевич М. С., Мاستикаш О. Л., Пельо Р. А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник / За загальною ред. Є. Ю. Форнальчика. Львів: Афіша, 2004 – 492 с.
2. Кашканов А.А., Ребедайло В.М. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту: конструкція. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 164 с.
3. Компанія Reform. URL: <https://www.reform.ua/ryatuvalni/>
4. Аварійно-рятувальний Peugeot Boxer Dangel 4x4. URL: <https://youtu.be/WT86BktLZxY>
5. Огляд на аварійно-рятувальний автомобіль. URL: <https://youtu.be/4diEZTkkZw0>.
6. 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.
7. Колеснікова Є.Б., Колесніков В.О. Технологічні тенденції та дизайн в автомобілебудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-прак. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 190–203.
8. 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. ISBN 978-966-641-950-0.
9. 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. ISBN 978-966-641-950-0.
10. Верецун 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. ISBN 978-966-641-929-6.
11. Єльбакієв Д. Г., Мілютін Є. В., Колесніков В. О. Системи мульти-зарядки для електромобілів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 88–92.

12. Балицький О.І., Колесніков В.О., Гаврилюк М.Р. Стан розвитку та впровадження водневих технологій. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-прак. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 15–19.
13. Стадник Л. Д., Колесніков В. О. Сонячні батареї, як допоміжне обладнання для електромобілів. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., 12–13 квітня 2018 р.: мат. конф. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2018. С. 198 -202.
14. Татарінов В.Р., Бердус А.Ю., Кравцов О.В., Колесніков В.О. Сучасні матеріали для автомобілебудування // Матеріали регіональної наук.-практичної конференції професійна освіта на луганщині: теорія та практика 15–17 квітня 2014 року м. Луганськ. - С. 218-223.
15. Сирота В. І., Сахно В. П. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту. Арістей, 2009. 288 с.
16. 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.
17. 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.
18. Спеціалізований рухомий склад. Конспект лекцій для студентів спеціальності 6.070101 “Транспортні технології” денної форми навчання / Уклад. Дзюра В.О., Цьонь О.П., Ю.Я. Вовк – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 140 с.

**Жуков Владислав Володимирович** – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» 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, науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України, м. Львів.

**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.

**Zhukov Vladyslav Volodymyrovych** – 4rd year applicant for higher education of the first (bachelor's) level, specialty "Vocational Education. Transport" 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, 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.

**Balitska Valentina Oleksiivna** – 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.

УДК 629.331

Жуков В.В., Субота В.К., Колесніков В.О.

## ПРОТОТИПИ АВТОМОБІЛІВ ДЛЯ АСТРОНАВТІВ

*Зроблено стислий аналіз доступних даних, які стосуються розробки прототипів транспортних засобів, які можуть використовуватись під час космічних місій на Місяць та Марс.*

**Ключові слова:** *автомобілебудування, автомобіль, автомобільний транспорт, космос, Місяць, Марс, місяцехід, марсохід, NASA, Hyundai, Kia, Artemis, Toyota, Mitsubishi.*

*A brief analysis of the available data concerning the development of prototype vehicles that can be used during space missions to the Moon and Mars is made.*

**Key words:** *automotive industry, car, road transport, space, Moon, Mars, lunar rover, rover, NASA, Hyundai, Kia, Artemis, Toyota, Mitsubishi.*

Створення автомобілів, які можуть пересуватися по Місяцю, а в перспективі для їх застосування і на інших космічних місіях, наприклад, освоєння Марсу чи супутників в нашій Сонячній системі може бути корисним з кількох причин:

**Дослідження та дослідницька робота.** Місяць та Марс залишаються однією з головних цілей для досліджень у космосі. Автомобілі, які там можуть пересуватися, можуть відігравати ключову роль у зборі даних, вивченні поверхні, зразків ґрунту та інших параметрів для подальшого дослідження.

**Розвиток космічного туризму.** Зацікавленість у космічному туризмі зростає, і подорожі на Місяць можуть стати реальністю у майбутньому. Автомобілі, які можуть пересуватися по Місяцю, можуть надати туристам можливість досліджувати більшу територію та відчувати справжню космічну пригоду.

**Будівництво та експлуатація.** Виробництво та експлуатація «місячних» автомобілів може відкрити нові можливості для будівництва колоній та встановлення інфраструктури для подальших досліджень та експлуатації ресурсів.

**Доступ до ресурсів.** Місяць, Марс та інші супутники містять значні ресурси, такі як водяний лід, мінерали, корисні копалини. Автомобілі, які можуть пересуватися по його поверхні, можуть допомогти у пошуку, видобутку та транспортуванні цих ресурсів.

NASA найняло три компанії, Intuitive Machines, Lunar Outpost і Venturi Astrolab, для створення нового місячного всюдихода Lunar Terrain Vehicle. У кожній компанії є 1 рік для розробки проекту, а потім NASA обере найкращий із них, який і отримає подальше фінансування.

Згідно з планом NASA, новий місячний автомобіль мають доправити на Місяць у 2030 році, коли відбудеться вже третя висадка астронавтів на поверхню супутника Землі в межах місії Artemis 5. Хоча в NASA повідомили, що якщо місячний всюдихід буде готовий до роботи раніше, то він зможе вже взяти участь у попередній пілотованій місії. Наразі NASA планує повернутися на Місяць з астронавтами у 2026 році в рамках місії Artemis 3, після якої відбудеться місія Artemis 4.

За допомогою Lunar Terrain Vehicle (LTV) астронавти зможуть подорожувати перетнутою місцевістю на Місяці зі швидкістю приблизно 15 км/год, при цьому на одному заряді батареї можна буде їздити протягом 8 годин. Після того, як астронавти повернуться на Землю, LTV зможе працювати далі в автономному режимі та проводити наукові дослідження, як це роблять марсоходи NASA на Марсі.

Створені однією з компаній місячні всюдиходи не належатимуть NASA, агентство просто братиме їх в оренду. При цьому компанія-розробник повинна буде не тільки

побудувати місячний автомобіль, а й доставити його на Місяць. Але NASA за все це буде платити. Місячний автомобіль залишиться власністю компанії, обраної для будівництва LTV, і ця компанія зможе здавати його в оренду іншим клієнтам, коли він не знадобиться NASA.

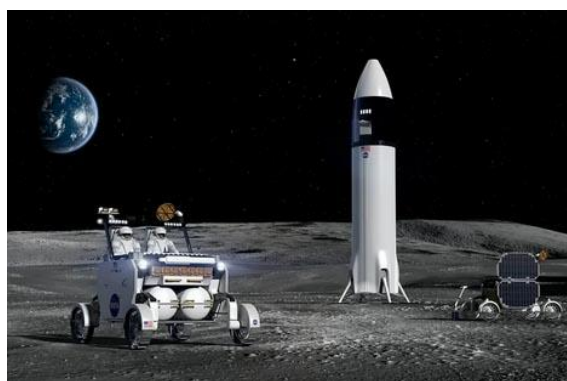
LTV стане першим місячним автомобілем США на Місяці після того, як місячний всюдихід уперше побував на супутнику Землі в 1971 році в межах місії «Аполлон-15».



а



б



в



г

Рисунок 1 – Місячний всюдихід уперше побував на супутнику Землі в 1971 році в рамках місії «Аполлон-15» (а). Проект місячного автомобіля від: Intuitive Machines (б); Venturi Astrolab (в); Lunar Outpost (г) [1, 2].

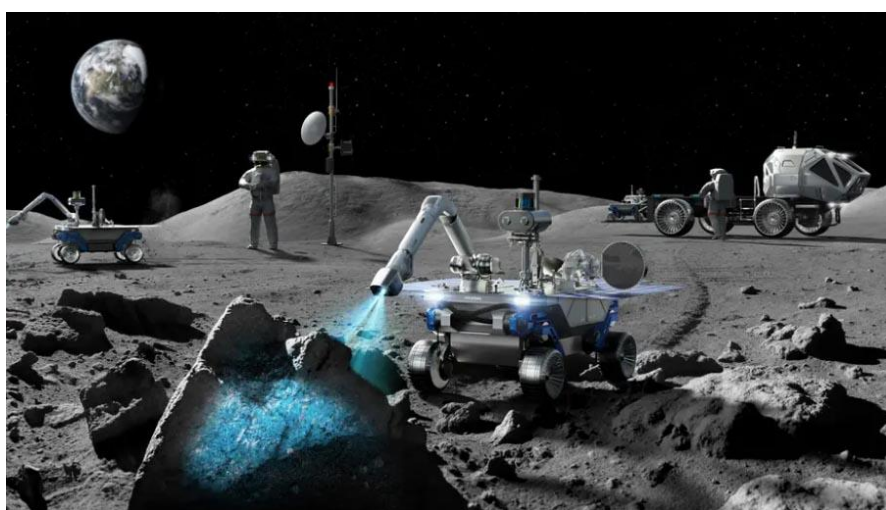


Рисунок 2 – Компанія Hyundai також розробляє місяцехід [3].

Усі три компанії вже показали NASA попередні зображення майбутнього місячного автомобіля і всі вони мають різний дизайн. Відомо, що майбутній транспортний засіб буде двомісним і астронавти зможуть їздити на ньому тільки в скафандрах, як це було і понад 50

років тому.

Нові місячні автомобілі допомагатимуть досліджувати астронавтам південний полярний регіон Місяця, де NASA має намір побудувати базу, і де знаходиться багато водяного льоду. Передбачається використовувати цей лід для життєзабезпечення астронавтів, а також для створення ракетного палива.

Компанія Hyundai розробляє місяцехід, який, як вона сподівається, одного дня буде розміщений на поверхні Місяця.

Компанія планує мати робочий прототип, готовий до випробувань, до другої половини наступного року, і сподівається, що модель буде готова до реальної місії до 2027 року.

У 2022 році компанія підписала угоду з шістьма південнокорейськими аерокосмічними дослідницькими групами, і було прийнято рішення, що це має бути перший проєкт.

«Марсохід» використовуватиме технології Hyundai та Kia: камери та LIDAR для автономного водіння; двигун, колеса та підвіску для рушійної системи, а також сонячні панелі та батареї для зарядки на Місяці.

Toyota співпрацює з Японським агентством аерокосмічних досліджень (JAXA) над розробкою місячного корабля в рамках програми Artemis. Очікується, що його запуск у 2029 році розширить сферу досліджень для пілотованих і непілотованих космічних місій.



Рисунок 3 – Прототип місяцехода від компанії Toyota [4].

Програма Artemis - це перший крок у наступну еру людських досліджень. Разом з комерційними та міжнародними партнерами, такими як JAXA, NASA розраховує встановити стійку присутність на Місяці для місій на Марс. Mitsubishi Heavy Industries (MHI) і Toyota також роблять свій внесок у цю програму. MHI зробиць це через розробку LUPEX (Місячна полярна експедиція), а Toyota – через спільну з JAXA розробку пілотованого місяцехода. За допомогою цього «Місячного крейсера» Toyota розраховує застосувати на Землі відточені технології, що використовуються в екстремальних умовах Місяця.

Хоча їзда на Місяці, безумовно, захоплююча, умови місії вимагають великих зусиль, щоб зробити марсохід комфортним житлом, а не просто надійним транспортним засобом. Екіпажу доведеться жити на борту, в обмеженому просторі над монохромною поверхнею Місяця протягом приблизно місяця. Це створює дві основні проблеми: велике психологічне навантаження, яке може вплинути на працездатність та мотивацію екіпажу, і складність визначення маршруту руху. Тому технології, які будуть застосовані, будуть спрямовані на забезпечення найкращого користувацького досвіду, ефективності водіння та автоматизованого руху по бездоріжжю.

Технології, які Toyota розробляє для місії Lunar Cruiser, включають, серед іншого, запобігання перекиданню на незвіданій поверхні Місяця, навігацію за радіосигналом, безпечну генерацію маршрутів, інтуїтивно зрозумілий контроль водіння, допомогу в управлінні за допомогою накладеного дисплея, а також просторий дизайн інтер'єру з можливістю розміщення від 2 до 4 членів екіпажу. Всі ці напрацювання сприятимуть

безпечному водінню на всіх типах місцевості на Землі. Іншими можливими застосуваннями можуть бути дистанційне та автоматизоване сканування зон стихійних лих або перевезення вантажів у небезпечних зонах.

Таким чином, продовжуються розробки нових транспортних засобів здатних пересуватись у складних умовах під час космічних місій.

#### Список використаних джерел

1. Kenneth Chang. NASA Picks 3 Companies to Help Astronauts Drive Around the Moon. URL: <https://www.nytimes.com/2024/04/03/science/moon-nasa-lunar-terrain-vehicle.html>
2. Андрій Кадук. Поїздки на Місяці: NASA показало, який вигляд матиме новий автомобіль для астронавтів. URL: <https://focus.ua/uk/technologies/637952-pojizdki-na-misyaci-nasa-pokazalo-yakiy-viglyad-matime-noviy-avtomobil-dlya-astronavtiv-foto>
3. Joe Holding. Hyundai is developing a lunar rover for exploring the Moon. URL: <https://www.topgear.com/car-news/electric/hyundai-developing-lunar-rover-exploring-moon>
4. Toyota's Lunar Cruiser: from Earth to the moon and back. URL: <https://www.toyota-europe.com/news/2023/lunar-cruiser>
5. Гібридні та електричні транспортні засоби. Підрозділ: «Водневий транспорт та водневі технології»: конспект лекцій з дисципліни «Гібридні та електричні транспортні засоби»/ В. О. Колесніков ; Держ. закл. «Луган. нац. ун-т імені Тараса Шевченка». Полтава: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. 118 с.

**Жуков Владислав Володимирович** – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» м. Полтава, м. Лубни.

**Субота Вадим Костянтинович** – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» 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, науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України, м. Львів.

**Zhukov Vladyslav Volodymyrovych** – 4rd year applicant for higher education of the first (bachelor's) level, specialty "Vocational Education. Transport" of the State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", the city of Poltava, Lubny.

**Subota Vadym Konstantinovich** – 4rd year applicant for higher education of the first (bachelor's) level, specialty "Vocational Education. Transport" 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, 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 543.271.3

Защепкіна Н.М., Михайлов Є.В., Приміський І.В.

## ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЗАПИЛЕНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

*В статті розглянуто джерела пилу на автошляхах міст, обладнання для визначення його рівня, а також запропоновано вдосконалення приладу для контролю пилу. Висвітлено можливість використання пиломірів у промисловості, медицині, технічному обслуговуванні й інших галузях. Проведений екологічний моніторинг автомобільних доріг дозволяє оцінити ефективність та надійність цих пристроїв для контролю якості повітря в різних умовах.*

**Ключові слова:** пил, якість повітря, система вимірювання якості повітря, екологічний моніторинг.

*The article discusses the sources of dust on city roads, equipment for determining its level, and also proposes an improvement of the device for dust control. The possibility of using sawmills in industry, medicine, maintenance and other industries is highlighted. Environmental monitoring of roads allows us to assess the efficiency and reliability of these devices for monitoring air quality in various conditions.*

**Key words:** dust, air quality, air quality measurement system, environmental monitoring.

Пил – це мікроскопічні тверді частки різних речовин, які можуть бути розповсюджені в повітрі. Запиленість, або високий рівень пилу в середовищі, є серйозною проблемою, яка може мати негативний вплив на здоров'я людини. Джерелом пилу на автошляхах є димові викиди автомобілів, зношування шин, частинки покриття автошляхів.

Лікарі та експерти в галузі охорони здоров'я сходяться на думці, що вдихання дрібних твердих частинок (PM<sub>2.5</sub>) може бути шкідливим для здоров'я людини. Частинки, що переносяться повітрям, у тридцять разів менші за ширину людської волосини, можуть легко проникати в легені та кровотік, де вони можуть збільшити ризик смерті людини від серцевих захворювань, інсульту, раку легень, хронічного обструктивного захворювання легень та інфекцій нижніх дихальних шляхів [1]. Частинки пилу розрізняються за розміром і складом, що впливає на їх потенційний вплив на здоров'я. Частинки PM<sub>10</sub> діаметром менше 10 мікрометрів можуть проникати в легені та викликати проблеми з диханням. Більше занепокоєння викликають частинки PM<sub>2.5</sub>, які мають діаметр менше 2,5 мікрометрів і можуть проникати глибоко в легені та кровотік, створюючи значну небезпеку для здоров'я. Пил, що вдихається, розміром більше 10 мікрометрів, в основному затримується у верхніх дихальних шляхах, але може викликати подразнення та кашель. Дрібнодисперсний пил, розміром менше 10 мікрометрів, може досягати нижніх дихальних шляхів і легень, потенційно призводячи до респіраторних захворювань.[2]

### Аналіз та постановка задач

Одним з основних чинників забрудненості повітря в містах є велика кількість автомобілів, які використовуються щодня. Зокрема, стирання шин і асфальтного покриття вважаються одними з основних джерел пилового забруднення та викидів шкідливих речовин у повітря.

Під час руху автомобілів шини зношуються, відшаровуючи частки гуми у вигляді мікроскопічних часток, які потрапляють у повітря та вдихаються людиною. Асфальтний покриття також піддається стиранню, унаслідок чого у повітря потрапляють частки асфальту та дорожнього пилу. Це може призводити до збільшення рівня пилу та інших часток у повітрі.

Додатково, автомобілі викидають в атмосферу інші шкідливі речовини, такі як оксиди азоту, оксиди сірки, вуглеводні та інші забруднюючі речовини. Ці викиди також сприяють загальному забрудненню повітря в містах.

В таблиці 1 наведені дані щодо пилу його походження [2].

Таблиця 1 – Різновиди пилу та їх джерела

Найменування	Розмір (мкм)	Джерела	Вплив на здоров'я
PM10	< 10	Викиди ґрунту, будівництва, транспорту	Подразнення дихальних шляхів, кашель
PM2.5	< 2.5	Спалювання викопного палива, вторинних аерозолів	Респіраторні захворювання, серцево-судинні проблеми
Пил, що вдихається	> 10	Сільське господарство, пил, що видувається вітром	Подразнення верхніх дихальних шляхів
Дрібнодисперсний пил	< 10	Промислові викиди, вихлопні гази	Ураження легень, проблеми з серцем

Для того щоб дізнатися рівень якості повітря в Україні є спеціальні онлайн ресурси такі як SaveEcoBot, ЛУН Місто AIR, Eco-City. Для мешканців Києва інформація про якість повітря доступна у мобільному застосунку “Київ Цифровий”, який також інформує користувачів про погіршення якості повітря у місті [3].

В онлайн ресурсах SaveEcoBot, ЛУН Місто AIR та Київ Цифровий для оцінки використовується AQI (Air Quality Index) – індекс якості повітря, що розроблений Агенцією з охорони довкілля США і використовується у багатьох країнах світу. Чим більше значення AQI, тим вищий рівень забруднення повітря і негативний вплив на здоров'я. ЛУН Місто AIR це карта якості повітря на яку надходять синхронізовані данні зі станцій. Станції розташовані в 12 містах та їх областях (рис. 1) [5].



Рисунок 1 – Міста та їх AQI

Станції вимірюють концентрацію дрібнодисперсного пилу — PM 1, PM 2,5, PM 10. Серед основних джерел цих часточок – автотранспорт, промисловість, пожежі. Станція



зображена на рис. 2 та складається наступних елементів:

- **Plantower PMS 3003/5003/7003/A003** — сенсор для вимірювання PM 1,0, PM 2,5 та PM 10. Працює на основі розсіювання лазерного випромінювання, як і в професійних каліброваних сенсорах. Використовується у пристроях, які пройшли тестування американської програми оцінки ефективності роботи датчиків якості повітря AQ-SPEC.

- **Bosch Sensortec BME-280** — сенсор для вимірювання температури, вологості та тиску. Використовується у пристроях, які пройшли тестування AQ-SPEC.

- **Mediatek MT7688A** — головне обчислювальне ядро станції. Відповідає за стабільну роботу з Wi-Fi, комунікацію з сенсорами та попередню обробку даних. Має потужний, як для цих задач, процесор. Рекомендується виробником для сфери IoT [4].

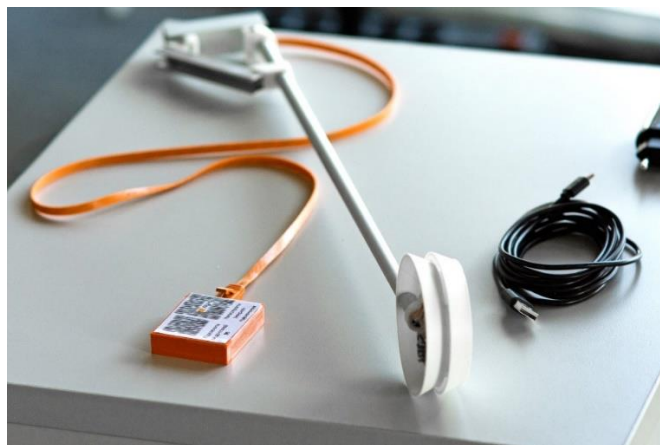


Рисунок 2 – Станція вимірювання Лун Місто AIR

Якщо люди хочуть власноруч виміряти рівень запиленості в повітрі, вони можуть придбати портативні вимірювачі, наприклад, DT-9880 та PCE-RCM-10. Ці пристрої дозволяють вимірювати концентрацію пилу в атмосфері та отримувати дані про якість повітря в конкретних місцях.

DT-9880 – цей прилад є пиломіром з 2,8-дюймовим кольоровим РК-дисплеєм TFT і картою пам'яті MicroSD для зйомки зображень (JPEG) або відео (3GP) для перегляду на вашому ПК. Отримання швидких, простих і точних показань для лічильника твердих частинок, детекторів газу (НСНО, Со), температури повітря та відносної вологості, більшості вимірювань температури поверхні. Прилад зображений на рис. 3.



Рисунок 3 – Аналізатор якості повітря DT-9880

У режимі ввімкнення пристрій відобразить три режими вимірювання та відобразить три параметри налаштування. Ви можете використовувати кнопку або для вибору будь-

якого потрібного вам режиму вимірювання та використовувати функціональну кнопку F1, F2, F3 для входу в інтерфейс системи [6]. Цей прилад має три режими:

- Вимірювання твердих часток
- Вимірювання НСНО (формальдегідів)
- Вимірювання CO<sub>2</sub>

PCE-RCM-10 — це портативний вимірювач частинок та якості повітря, який використовується для моніторингу концентрації твердих частинок (PM) у повітрі. Прилад зображений на рис. 4. Розроблений для допомоги в оцінці якості повітря в приміщенні, цей лічильник частинок також вимірює температуру повітря та відносну вологість.



Рисунок 4 – Побутовий лічильник часток/термогігрометр PCE-RCM-10

PCE-RCM-10 може живитися як від вбудованої акумуляторної батареї, так і від USB-порту. USB-порт також використовується для зарядки акумулятора. При повному заряді акумулятор забезпечує до 5 годин безперервної роботи. Лічильник частинок відображає всі вимірювання одночасно на 2,4-дюймовому LCD-екрані приладу. Найбільші значення PM проявляються в зеленому, жовтому, золотому, помаранчевому, рожевому і червоному кольорах. Ця система візуального колірного кодування дозволяє легко розпізнати, коли рівень концентрації твердих часток стає небезпечним, що дозволяє швидко вжити заходів [7].

#### Запропоноване рішення

Після аналізу пропонуємо розробити інформаційно вимірювальну систему яка буде містити сенсор GP2Y1010AU0F (рис. 5), який може вимірювати концентрацію часток пилу розміром більше 0.8 мкм. Крім того, для врахування впливу вологості та температури повітря на концентрацію пилу буде використано сенсор DHT22 (рис. 6). Дані будуть зчитуватися за допомогою плати Arduino, що дозволить отримати оцінку запиленості повітря.



Рисунок 5 – Зображення модуля датчику пилу GP2Y1010AU0F



Рисунок 6 – Зображення модуля датчика температури та вологості повітря DHT22

Процес вимірювання та оцінки запиленості буде включати зчитування значень концентрації пилу, вологості та температури з відповідних сенсорів. Дані будуть оброблені та аналізовані для визначення залежності між запиленістю, вологості та температурою повітря.

Графічне відображення графіків дозволить візуалізувати ці залежності та зробити їх зрозумілими для користувача. Наприклад, можна буде побудувати графік, де по осі X буде відображена вологість, по осі Y – концентрація пилу, а також інший графік, де по осі X буде температура, а по осі Y – концентрація пилу. Це дозволить легше розуміти, як змінюється рівень запиленості повітря в залежності від вологості та температури.

Для наглядного та зручного порівняння було створено таблицю 2, в якій зібрані технічні характеристики пиломірів [6, 7, 8, 9].

Таблиця 2 – Порівняння технічних характеристик пиломірів

Назва	PCE-RCM 10	DT-9880	На основі сенсорів GP2Y1010AU0F та DHT22
Розмір часток, $\mu\text{m}$	2.5 , 10	0.3, 0.5, 1.0, 2.5, 5.0, 10	> 0.8
Діапазон вимірювання температури, $^{\circ}\text{C}$	-20 ... +70 $^{\circ}\text{C}$	0 $^{\circ}\text{C}$ ... 50 $^{\circ}\text{C}$	-40 $^{\circ}\text{C}$ ... 80 $^{\circ}\text{C}$
Діапазон вимірювання вологості, RH	0 ... 100 %	40% ... 60%	0% ... 99.9%
Час роботи	До 5 годин	До 4 годин	-
Вартість	12 320 грн	43 700 грн	-

### Висновок.

Було проаналізовано системи для моніторингу пилу в повітрі та доступні прилади для їхнього використання на індивідуальному рівні. Запропоновано ідею створення системи моніторингу запиленості автомобільних доріг для надання можливості отримання актуальної інформації щодо стану якості повітря вздовж автомобільних магістралей.

Актуальність впровадження інноваційних інформаційних вимірювальних систем полягає в відстеженні забруднення повітря, контролю пилу на автошляхах та в запровадженні обґрунтованих рішень щодо зменшення негативного впливу транспорту на довкілля. В результаті, створення системи моніторингу запиленості автомобільних доріг вважається перспективним напрямком розвитку, спрямованим на поліпшення якості життя та екологічну безпеку.

### Список використаних джерел

1. How Dust Affects the World's Health. людей [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/151100/how-dust-affects-the-worlds-health>
2. What are dust particles? Everyone should know. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://oizom.com/what-are-dust-particles/>

3. Невидима загроза: як пил PM<sub>2,5</sub> впливає на здоров'я людей [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/nevidima-zagroza-yak-pil-pm2-5-vplivaie-na-zdorov-ya-ljudej/>

4. З чого складається станція: [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://misto.lun.ua/sensors>

5. Карта якості повітря ЛУН Місто AIR. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://misto.lun.ua/air>

6. Particle Counter User Manual [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.tme.eu/Document/90cc4a5c572834c619a0a186b1b18d08/DT-9880.pdf>

7. PCE-RCM-10, Air Quality Particle Counting Meter [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://www.mrclab.co.il/Media/Uploads/PCE-RCM-10\\_SPEC.pdf](https://www.mrclab.co.il/Media/Uploads/PCE-RCM-10_SPEC.pdf)

8. Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132459/ETC2/DHT22.html>

9. GP2Y1010AU0F Datasheet (PDF) - Sharp Corporation. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/412700/SHARP/GP2Y1010AU0F.html>

**ЗАЩЕПКИНА Наталія Миколаївна** – д.т.н., професор кафедри інформаційно-вимірвальних технологій Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

**МИХАЙЛОВ Євгеній Вячеславович** – студент групи ПІ-31мп, Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

**ПРИМІСЬКИЙ Ігор Владиславович** – студент групи , Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

**ZASHCHEPKINA Nataliia** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Information and Measurement Technologies, National Technical University "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute".

**MIKHAILOV Yevhenii** – student of the PI-31mp group, National Technical University "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute".

**PRYMISKYI Ihor** – student of the group, National Technical University "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute".

УДК 621.43: 621.317.7

Ільченко А.В.

## ЗМІНА ЧУТЛИВОСТІ ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧНОГО ВИТРАТОМІРА БІОПАЛИВА

Наведено схему зміни температури між термоперетворювачами термоанемометричного витратоміра біопалива, за якої визначається його чутливість. Зроблено рекомендації щодо покращення чутливості витратоміра для заданих витрат біопалива, що вимірюються.

**Ключові слова:** автомобіль, двигун внутрішнього згорання, біопаливо, витрата палива

The diagram of the temperature change between the thermal converters of the thermoanemometric biofuel flow meter, which determines its sensitivity, is presented. Recommendations are made to improve the sensitivity of the flowmeter for the given biofuel flows being measured.

**Key words:** car, internal combustion engine, biofuel, fuel consumption

Термоанемометричні витратоміри (ТАВ) вважаються привабливими для використання на засобах автомобільного транспорту, оскільки мають низку переваг та сприяють підвищенню ефективності їх експлуатації. ТАВ класично складається з трубки, по якій протікає біопаливо з певною швидкістю, нагрівача та двох термоперетворювачів, що встановлюються в потоці та реєструють температуру: один біля нагрівача, другий – на певній відстані. Термоперетворювачі та нагрівач як правило встановлюються по осі трубки ТАВ. За значеннями температур, що зареєстровано термоперетворювачами, розраховують швидкість потоку біопалива (витрату) [1].

Схему зміни температури, що реєструється двома сусідніми термоперетворювачами, для певної постійної швидкості потоку біопалива в трубці ТАВ наведено на рис. 1. Термоперетворювач  $y$  (точка А) знаходиться біля нагрівача, термоперетворювач  $y+1$  (точка Е) – на відстані  $L$ . Відомо, що зміна температури зі збільшенням відстані від нагрівача відбувається за логарифмічним законом. Для підвищення швидкодії ТАВ проводять лінійну апроксимацію залежності зміни температури [2].

Зі збільшенням витрати палива спостерігатиметься зменшення кута  $\alpha$  і навпаки – зменшення витрати палива призведе до збільшення різниці температур, що реєструється термоперетворювачами, тобто до збільшення кута  $\alpha$ .

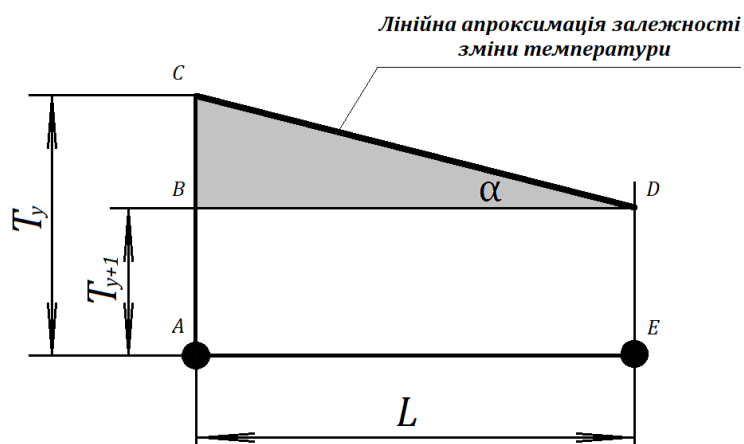


Рисунок 1 – Схема зміни температури між сусідніми термоперетворювачами ТАВ (об'ємна витрата палива  $Q=const$ ):  $L$  – відстань між сусідніми термоперетворювачами; точка А – термоперетворювач  $y$ ; точка Е – термоперетворювач  $y+1$ ;  $T_y$  – температура, що реєструється термоперетворювачем  $y$ ; ;  $T_{y+1}$  – температура, що реєструється термоперетворювачем  $y+1$

З рис. 1 видно, що під час руху палива від термоперетворювача у до термоперетворювача  $y+1$  температура знижується на величину:

$$\Delta T = T_y - T_{y+1} \quad (1)$$

При цьому для відносно малих значень  $L$  між термоперетворювачами величина температури  $\Delta T$  буде зменшуватись, що зменшує чутливість ТАВ на даній ділянці потоку палива. Тому величину  $L$  необхідно обирати такою, щоб для даної постійної швидкості потоку можна було виміряти величину  $\Delta T$  з заданою достатньою точністю. Також для малих значень  $L$  визначені величини швидкостей руху палива будуть наближатись за значеннями одна до одної, їх можна буде вважати однаковими в точках  $A$  та  $B$  і в режимах змінних витрат. Зміна внутрішньої енергії нагрітого біопалива відбувається пропорційно площі трикутника  $BSC$ , тобто для заданої відстані  $L$  - пропорційно величині  $\Delta T$ , яку визначаємо:

$$\Delta T = L \operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

де  $\operatorname{tg} \alpha$  – чутливість ТАВ

Коли  $\operatorname{tg} \alpha \rightarrow 0$ , ТАВ втрачає чутливість і зареєструвати різницю температур не уявляється можливим. Це зменшує чутливість ТАВ, погіршує точність вимірювання витрат біопалив. Зі збільшенням відстані  $L$  між термоперетворювачами для заданої об'ємної витрати палива (швидкості потоку) величина  $\operatorname{tg} \alpha$  зменшується, чутливість ТАВ погіршується, точність вимірювання витрат палива зменшується. Таким чином, чутливість ТАВ зменшується в двох випадках: за збільшення відстані для вимірюваного значення  $\Delta T$  і/або збільшення витрати біопалива для заданого значення  $L$ .

Треба підкреслити, чим більша площа трикутника  $BSC$  для заданої відстані між термоперетворювачами (більша величина  $\Delta T$ , яка реєструється між двома термоперетворювачами), тим більша величина  $\operatorname{tg} \alpha$  і, відповідно, чутливість ТАВ на даній ділянці потоку палива.

Таким чином можна зробити висновок, що більшу точність вимірювання витрати біопалива за допомогою ТАВ можна досягти на ділянках з найбільшими різницями температур між сусідніми термоперетворювачами для заданої відстані між ними. У випадку зменшення швидкості потоку біопалива (невеликої різниці температур, що реєструється сусідніми термоперетворювачами ТАВ) треба зменшувати відстань між термоперетворювачами. Такий підхід повинен бути врахований при виборі конструктивних параметрів ТАВ та в алгоритмі його роботи.

#### Список використаних джерел

1. Korobiichuk, I. Calorimetric flow meter of motor fuel with inlet temperature regulation / I. Korobiichuk, O. Bezvesilna, A. Ilchenko, ... M. Nowicki, R. Szewczyk // 2017 4th International Conference on Control, Decision and Information Technologies, CoDIT 2017, 2017, 2017-January, p. 975–979.
2. Korobiichuk, I. Thermoanemometric flowmeter of biofuels for motor transport / Korobiichuk, I., Bezvesilna, O., Ilchenko, A., Trostenyuk, Y. // Advances in Intelligent Systems and Computing, 2017, 519, p. 443–448.

**Ільченко Андрій Володимирович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету, 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, e-mail: avi\_77@ukr.net

УДК 621.43: 621.317

Ільченко А.В.

## РОЛЬ І МІСЦЕ БІОПАЛИВ В СВІТОВОМУ БАЛАНСІ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Показано роль біопалива, як частки серед усіх відомих джерел для вироблення електричної енергії, та його привабливість щодо використання на автомобільному транспорті через заміну нафтової складової палив, які споживають двигуни внутрішнього згорання. Наведено динаміку світового виробництва біодизеля, яка свідчить про зростання його об'ємів для використання в якості джерела енергії.

**Ключові слова:** автомобіль, двигун внутрішнього згорання, біопаливо, енергоресурси, витрата палива, ефективність експлуатації.

*The role of biofuel, as a share among all known sources for the production of electrical energy, and its attractiveness for use in road transport due to the replacement of the petroleum component of fuels consumed by internal combustion engines are shown. The dynamics of the global production of biodiesel is presented, which indicates the growth of its volumes and advantages when used as an energy source.*

**Key words:** car, internal combustion engine, biofuel, energy resources, fuel consumption, operational efficiency.

Джерела та носії енергії можна поділити на відновлювальні та невідновлювальні. До перших відносяться такі, що практично кількісно не зменшуються, до других – які виснажуються (не підлягають відновленню). Багато дослідників вказують, що відновлювальні джерела енергії вже сьогодні відіграють велику роль в забезпеченні людства різними видами енергії та їх частка в цьому процесі постійно збільшується.

Щодо використання біопалив для вироблення електричної енергії, то вони займають всього 6 відсотків серед всіх джерел, які використовують для цього (рис. 1), але дуже привабливим є їх використання на автомобільному транспорті в якості альтернативи паливам нафтового походження. Наприклад, для отримання біопалива на основі низькоотанового бензину А-80 марки БІО-100 необхідно замінити в паливі близько 48 відсотків (по об'єму) технічним етиловим спиртом. Біодизель Б-40 має в своєму складі 40 об'ємних відсотків біологічної складової.

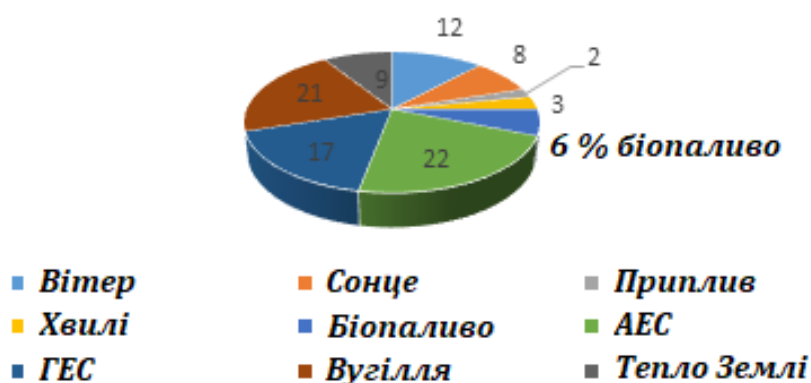


Рисунок 1 – Світовий баланс енергоресурсів [1]

За даними Укрінформ 2023 рік характеризується зростанням споживання дизельного палива, але зменшенням споживання бензину на 16 % у порівнянні з попередніми роками, що можливо пов'язано з повномасштабним вторгненням росії в Україну [2].

Світова тенденція зростання виробництва біодизеля, незалежно від впливу минулих

світових подій, пов'язаних з Covid-19, та подій сучасності, зберігається (рис. 2). Це говорить про розуміння спеціалістами автомобільного транспорту актуальності його використання для підтримки світового енергетичного балансу і розподілу енергетичних ресурсів.

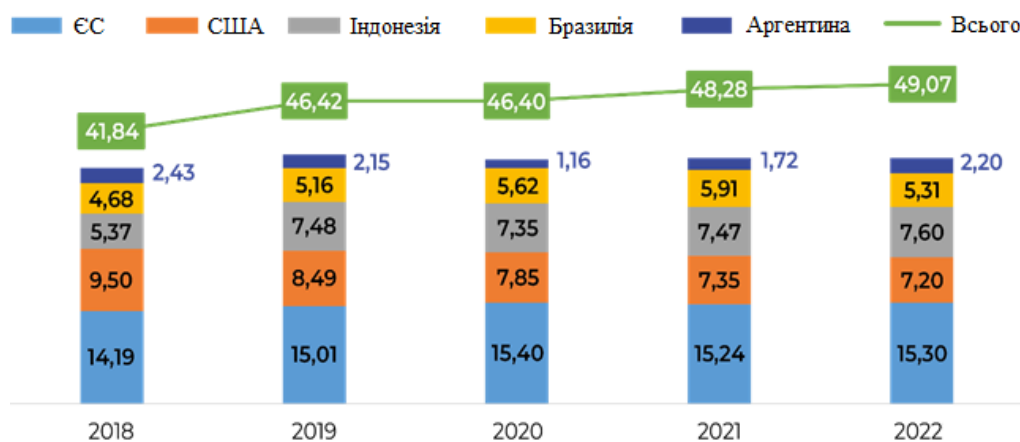


Рисунок 2 – Динаміка світового виробництва біодизеля, млн.т [1]

Важливо зазначити, що одним з джерел отримання біопалив є побутові та промислові відходи, що мають в своєму складі органічну частину - так звана біомаса, яка використовується не тільки для виробництва електричної енергії, але і в якості палива (біогаз) для двигунів внутрішнього згорання. Такий підхід безпосередньо впливає та покращує екологічну ситуацію в світі. Біогаз під час використання має наступні основні переваги: нульовий баланс викидів вуглекислого газу, що виділяється; нижчі, ніж викопне паливо, викиди діоксиду сірки, оксидів азоту та монооксиду вуглецю. До основних недоліків відносяться: великий діапазон вологості сировини та низька її щільність, що ускладнює процес переробки; менша енергетична складова; в деяких випадках лише сезонна доступність.

Важливо зазначити також, що виробництво та використання біопалив, як відновлювального ресурсу, має не тільки економічну, але і соціальну та екологічну складові і сприяє сталому розвитку економік світу [3].

Таким чином можна стверджувати, що біопалива займають важливе місце в світовій енергетиці, кількість їх отримання та споживання щороку зростає, а їх використання актуально в якості палива для автомобільних двигунів не тільки з енергетичної точки зору. В зв'язку з цим виникає необхідність удосконалення існуючих методів контролю їх витрат на автомобільному транспорті.

#### Список використаних джерел

1. Ел.ресурс: <https://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/1528162>
2. Ел. Ресурс: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3803255-cogoric-v-ukraini-pocalo-zrostati-spozivanna-palnogo-ekspert.html>
3. Kolodnytska R.V. Hemp biofuel for automotive transport. Ukrainian perspective / R.V. Kolodnytska // Житомир : Вісник ЖДТУ, № 2(77), 2016. С. 102-107.

**Ільченко Андрій Володимирович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу Поліського національного університету, 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, e-mail: avi\_77@ukr.net



УДК 656.1

Канчуга М.К., Кузьменко Р.В.

## ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ТА ГІБРИДИЗАЦІЯ ТРАНСМІСІЇ У ВІЙСЬКОВІЙ КОЛІСНІЙ ТЕХНІЦІ МАЙБУТНЬОГО

*Імплементация електрических и гибридных трансмиссий является одной из основных тенденций в развитии автомобилестроения. Эти трансмиссии предлагают больше преимуществ эксплуатации, поэтому ведущие армии мира сосредотачиваются на преобразовании своего автопарка с помощью этих технологий.*

*Проанализированы преимущества использования таких трансмиссий и проблемы, которые могут возникнуть в процессе их эксплуатации.*

**Ключові слова:** *автомобілебудування, акумулятор, військова техніка, трансмісія, гібридизація, двигун.*

*The implementation of electric and hybrid powertrains is one of the main trends in the development of the automotive industry. These transmissions offer better operational benefits, so the world's leading armies are focusing on transforming their parks with the help of these technologies.*

*The advantages of using such transmissions and the problems that may arise during their operation are analyzed.*

**Key words:** *automotive, battery, military equipment, transmission, hybridization, engine.*

Ринок військового автомобілебудування стрімко розвивається завдяки технологічному прогресу, мінливих військових потреб та екологічних міркувань. Колісна техніка набуває все більшої популярності завдяки покращеній прохідності, кращій економії пального та нижчими витратам на технічне обслуговування порівняно з гусеничною технікою. Зокрема, очікується, що електричні двигуни будуть найшвидше зростаючим сегментом на ринку, відповідаючи глобальним зусиллям щодо скорочення викидів парникових газів і пропонуючи експлуатаційні переваги, такі як скритність та скорочення витрат на обслуговування. Інтеграція електричних та гібридних трансмісій, а також безпілотних систем, є ключовими тенденціями що формують цей сектор. Перехід до електрифікації відкриває можливості для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, одночасно покращуючи експлуатаційну ефективність і маскувальні можливості військової колісної техніки. З прогнозованим значним зростанням розвитку в найближчі роки ця галузь має реальні можливості для задоволення різноманітних і непростих вимог сучасності.

Проте, висока вартість і складність сучасної військової колісної техніки створює значні проблеми. Передові технології та спеціалізовані матеріали на ринку автомобілебудування збільшують витрати на виробництво, роблячи закупівлю та обслуговування такої техніки занадто дорогою для військових. Тому дотримання балансу між бюджетними обмеженнями та потребою в передових можливостях є ключовим викликом для урядів і військових організацій провідних армій світу.

Наприклад, військові США зацікавлено вивчають гібридно-електричні варіанти для своїх колісних броньованих машин Stryker 8x8. Останніми роками військово-промисловий комплекс США дедалі більше займається розробкою гібридно-електричних силових установок, які пропонують численні переваги, включаючи зменшення споживання палива, а також набагато тихіший хід, на відміну від стандартних дизельних двигунів, які використовуються на різних типах таких машин. Американські вчені заявляють, що майбутні бойові дії вимагатимуть нових інвестицій у сучасні джерела енергії [1]. Це приковує увагу до доцільності розвитку існуючого авіаційно-реактивного палива, дизельного пального та біодизеля. Незважаючи на інтерес військових до електромобілів, дослідження «Powering the

US Army of the Future» [2] зазначає, що повністю електричні бойові платформи є непрактичними в теперішній час. Такий висновок був зроблений через те, що питома ємність електроенергії сучасних акумуляторних батарей значно менша, ніж у викопного палива. Це призведе до надмірного збільшення ваги та об'єму транспортного засобу і не відповідатиме потребам легкого маневрування. Крім того, відповідно до дослідження, підзарядка повністю електричних транспортних засобів за короткий час вимагатиме великої кількості електроенергії, яка буде недоступною на полі бою. Однак, знайдено компромісне рішення, що майбутня концепція має включати гібридну електричну трансмісію транспортного засобу з двигуном внутрішнього згоряння (далі - ДВЗ), а не повністю електрифікований транспортний засіб.

Концептуально це електромобіль, у якого ДВЗ і електрогенератор забезпечують заряд акумулятора. Батарея подає енергію електродвигунам та їхнім електронним контролерам. Електродвигуни та їх контролери розглядаються як «користувачі» мережі, яка підтримується на номінальному значенні напруги та частоти. Можлива автомобільна електромережа постійного або змінного струму. По суті це гібридизація транспортного засобу, тобто звичайний транспортний засіб із поршневим двигуном і електричним двигуном, що підтримує прискорення та максимальне навантаження, генерує механічну енергію шляхом перетворення електричної енергії в механічну за допомогою генератора. Трансмісія використовує декілька режимів роботи. Перший — «режим електромобіля» або «режим безшумної мобільності». Автомобіль працює виключно від акумулятора з вимкненим ДВЗ. Другий — «режим живлення», в якому електроенергія, вироблена генератором і ДВЗ, живить електродвигуни. У «комбінованому режимі» батарея та система ДВЗ/генератор забезпечують електродвигуни енергією, щоб краще справлятися з високими навантаженнями. У «режимі розділеної потужності» електродвигуни та батарея отримують частину енергії, виробленої генератором. Для заряджання батареї система ДВЗ/генератор генерує електроенергію, поки автомобіль знаходиться у «стаціонарному режимі заряджання». У «режимі генератора» система ДВЗ/генератор генерує електроенергію, яка використовується зовнішніми споживачами, поки машина знаходиться на стоянці. І на кінець, у «режимі регенеративного гальмування» функція гальмування автомобіля повністю або частково виконується за допомогою електродвигунів як генераторів, та за допомогою рекуперації відбувається підзаряджання акумулятора.

У таких конструкціях транспортних засобів потужність передається по силових проводах, замість валів і важких диференціалів, що покращує гнучкість конструкції транспортного засобу. Керування такою трансмісією є зручнішим і легшим ніж механічною трансмісією, так як управління здійснюється електрично. Оскільки електродвигуни є єдиним джерелом руху, їх розміри повинні визначатися необхідною піковою потужністю. Наприклад, всі ці електродвигуни у військовій колісній машині 8×8 повинні мати розміри відповідно до необхідної пікової потужності. Двигун і електричний генератор повинні бути розраховані на максимальну потужність, особливо якщо машина призначена для руху на затяжних схилах чи по пересічній місцевості. В результаті електрична трансмісія не повинна бути більшою та дорожчою, ніж механічна трансмісія зі звичайним ДВЗ.

Водночас, електрична трансмісія досить складна, а алгоритми керування ускладнюються через численні змінні параметри, які пов'язані як з джерелами живлення, так і з широким діапазоном робочих циклів. Експлуатація ДВЗ у його низькому оптимальному режимі також ускладнена, оскільки ДВЗ не повністю від'єднаний від коліс. Це впливає на загальну ефективність. Також проблемним питанням залишається небезпека від акумуляторної батареї, оскільки технології їх виробництва знаходяться на стадії розробки і постійно прогресують. Через це, зберігається висока ймовірність виникнення загоряння та пожежі, бо використовуються легкозаймисті електролітичні матеріали при їх виготовленні. Висока ймовірність зовнішніх пошкоджень акумуляторів внаслідок руху по пересічній місцевості чи від осколків снарядів, що може призвести до виходу з ладу трансмісії, загоряння акумулятора і, як наслідок, нанесення шкоди особовому складу та довікілью. Ще одна проблема – низька

температура навколишнього середовища. Значна кількість акумуляторів взагалі не працюють при температурі нижче 0 °С і можуть пошкодитися в разі швидкої зарядки при температурі нижче 10 °С. Швидкість зарядки залежить від температури, і щоб мати прийнятний час заряджання, акумулятор потрібно нагрівати для досягнення оптимальної температури [3]. Саме тому технології акумуляторів ще не достатньо зрілі для застосування на військовій колісній техніці.

Отже, впровадження електроприводів на сучасній військовій техніці є початком оновлення парку військових транспортних засобів і поєднання кращих характеристик двигуна внутрішнього згорання разом з електричною трансмісією. Такі машини зможуть отримувати дуже високий та миттєвий крутний момент при нульових або низьких обертах. Також це покращення паливної економічності, прискорення, максимальної швидкості, генерації електроенергії та можливостей накопичення енергії, за відповідної повної ваги транспортного засобу, та безпечне розміщення батареї, яке унеможливує ушкодження екіпажу. Цей факт ідеально підходить для військового транспорту. Сучасна електроніка не тільки дає можливість мати надійні трансмісії, але й уникати встановлення великих батарей між двигунами та генераторами. Попри те, що використання акумуляторів у військовій техніці все ще викликає проблеми, переваги застосування електричної трансмісії разом з двигуном внутрішнього згорання невдовзі перевершать традиційні конструкції колісних машин.

#### Список використаних джерел

1. <https://www.twz.com/army-is-looking-for-hybrid-drivetrains-for-its-strykers>.
2. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2021. Powering the U.S. Army of the Future. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/26052>.
3. [https://batteryuniversity.com/article/bu-304a-safety-concerns-with-li-ion#google\\_vignette](https://batteryuniversity.com/article/bu-304a-safety-concerns-with-li-ion#google_vignette).

**Канчуга Мар'ян Казимирович** – викладач кафедри водіння бойових машин та автомобілів Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного.

**Кузьменко Руслан Валентинович** – кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри водіння бойових машин та автомобілів Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного.

**Marian Kanchuha** – teacher at the Department of Driving Combat Vehicles and Automobiles of Hetman Petro Sahaidachnyi The National Army Academy.

**Ruslan Kuzmenko** – Ph. D., Associate Professor, Chief of the Department of Driving Combat Vehicles and Automobiles of Hetman Petro Sahaidachnyi The National Army Academy.

УДК 656

Катрушенко Н.А., Добровольський О.С.

## ВИЗНАЧЕННЯ ОКРЕМИХ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА БЕЗПЕКУ МІЖНАРОДНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

*На безпеку міжнародних автомобільних перевезень впливає багато факторів. Велике значення серед них мають втома та сонливість водіїв комерційного транспорту. Розглянуто важливість повноцінного і якісного відпочинку водіїв для підвищення безпеки міжнародних автомобільних перевезень в цілому.*

**Ключові слова:** втома, сонливість, щоденний період відпочинку, щотижневий період відпочинку, безпека міжнародних автомобільних перевезень

*Many factors affect the safety of international road transport. Fatigue and sleepiness of commercial transport drivers are of great importance among them. The importance of full and high-quality rest for drivers to increase the safety of international road transport as a whole is considered.*

**Key words:** driver fatigue, driver sleepiness, daily rest period, weekly rest period, international road transport safety

Важливе значення для розвитку економіки країни має високий рівень транспортної безпеки, оскільки остання прямо пропорційно впливає на рівень загальнонаціональної безпеки в цілому. Особливо актуальним це питання є і в контексті міжнародних автомобільних перевезень.

Міжнародні автомобільні перевезення виконуються дорогами міжнародного значення, на яких крім водіїв комерційного транспорту в кожен момент часу є ще ряд інших учасників дорожнього руху. Серед них: водії та пасажирів приватного легкового транспорту, водії та пасажирів автобусів і т. д.

Рівень безпеки міжнародних автомобільних перевезень залежить від якості відпочинку водіїв, які виконують такі перевезення. Навіть в максимально ідеальних і комфортних умовах тривала робота водія може викликати заколихуючий ефект, оскільки є монотонною. Зі слів водіїв-міжнародників: «ніби хто колискові наспівує», «не помічаєш, коли і сон приходить». В умовах втоми водія такий ефект лише посилюється і в певний момент часу може призвести до фатальних наслідків. Звичайно це навіть може бути неконтрольоване закриття очей всього на декілька секунд, але від усвідомлення водієм свого стану – швидке і неадекватне реагування, яке в більшості випадків призводить до дорожньо-транспортних пригод. Наслідками останніх є: травмування або загибель водія, пошкодження або втрата транспортного засобу, пошкодження або втрата вантажу, що перевозиться; травмування або загибель інших людей-учасників дорожнього руху; забруднення навколишнього середовища і отруєння людей у випадку перевезень небезпечних вантажів і т. д.

Сонливість є поширеним людським фактором серед водіїв вантажних транспортних засобів, що виникає внаслідок втрати сну або часу доби та спричиняє погіршення пильності, уваги та здатності керувати автомобілем [1]. Що стосується втоми, то найбільш загальними факторами, які її викликають, є брак сну, погана якість сну та потреби у сні, спричинені внутрішнім біологічним годинником [2].

Одним із заходів запобігання дорожньо-транспортним пригодам, пов'язаних з втомою, серед водіїв комерційного транспорту є контроль режиму роботи і відпочинку водіїв через законодавство і відповідно використання тахографів [3].

Режим роботи і відпочинку водіїв-міжнародників регулюється Європейською Угодою щодо роботи екіпажів транспортних засобів, які виконують міжнародні автомобільні перевезення (ЄУТР). Відповідно до вимог її положень водії, які працюють в даному секторі,

повинні використовувати щоденні і щотижневі періоди відпочинку.

Щоденний період відпочинку – це такий щоденний період, протягом якого водій може вільно розпоряджатися своїм часом. Він може бути нормальним або скороченим. Нормальний щоденний період відпочинку являє собою будь-який період відпочинку не менше 11 годин. Зазначений період відпочинку може бути розділений на два періоди, перший з яких повинен бути безперервним періодом тривалістю не менше 3 годин і другий – безперервним періодом тривалістю не менше 9 годин. Скорочений щоденний період відпочинку – це будь-який період відпочинку тривалістю принаймні 9 годин, але менше 11 годин. Щотижневий період відпочинку – це такий щотижневий період, протягом якого водій може вільно розпоряджатися своїм часом. Він також може бути нормальним або скороченим. Нормальний щотижневий період відпочинку являє собою будь-який період відпочинку не менше 45 годин. Скорочений щотижневий період відпочинку – це будь-який період відпочинку тривалістю менше 45 годин, але не менше 24 послідовних годин [4].

З точки зору безпеки міжнародних автомобільних перевезень, важливо, щоб водії комерційного транспорту не просто витримували прописані їм щоденні і щотижневі періоди відпочинку, а дійсно в цей час повноцінно і якісно відпочивали. Протягом періоду відпочинку водій не повинен хвилюватись за свою власну безпеку, збереження транспортного засобу в цілісному стані і схоронність вантажу. Крім того, у водія під час щоденного чи щотижневого періодів відпочинку обов'язково повинен бути доступ до сервісу та послуг, які забезпечують нормальну життєдіяльність людини.

#### Список використаних джерел

1. Investigating the effects of sleepiness in truck drivers on their headway: An instrumental variable model with grouped random parameters and heterogeneity in their means. URL: <https://www.researchgate.net/publication/362669204> Investigating the effects of sleepiness in truck drivers on their headway An instrumental variable model with grouped random parameters and heterogeneity in their means (дата звернення 25.03.2024).
2. Mobility & Transport –Road Safety. Fatigue. URL: [https://road-safety.transport.ec.europa.eu/european-road-safety-observatory/statistics-and-analysis-archive/fatigue/fatigue\\_en](https://road-safety.transport.ec.europa.eu/european-road-safety-observatory/statistics-and-analysis-archive/fatigue/fatigue_en) (дата звернення 02.04.2024).
3. Fatigue Management. URL: <https://toolkit.irap.org/safer-people-treatments/fatigue-management/> (дата звернення 04.04.2024).
4. European agreement concerning the work of crews of vehicles engaged in international road transport (AETR). URL: <https://unece.org/DAM/trans/doc/2010/sc1/ECE-TRANS-SC1-2010-AETR-en.pdf> (дата звернення 25.03.2024).

**Катрушенко Наталія Анатоліївна** – старший викладач кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [n.katrushenko@gmail.com](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto:dobrovolskiy@ntu.edu.ua)

УДК 629.113

Кашканов А.А., Кав'юк В.В., Долинський М.П.

## АСЕКУРАЦІЯ НАДІЙНОСТІ ЯК ШЛЯХ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ АЕРОДРОМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЛЬОТІВ АВІАЦІЇ

*Проведено загальний аналіз проблем асекурації надійності та ефективності роботи засобів аеродромно-технічного забезпечення польотів авіації. Здійснено критеріальне оцінення стану питання на прикладі аеродромних кондиціонерів, змонтованих на шасі засобів транспортування.*

**Ключові слова:** автотранспортні засоби, аеродромно-технічне забезпечення, підвищення ефективності, прогнозування надійності, асекурація.

*A general analysis of the problems of ensuring the reliability and efficiency of the airfield technical support of aviation flights was carried out. Criterion assessment of the state of the issue was carried out using the example of air conditioners mounted on the chassis of vehicles.*

**Key words:** vehicles, airfield technical support, efficiency improvement, reliability forecasting, asecuration.

Одним із найголовніших критеріїв ефективності роботи аеродромно-технічних підрозділів є час, витрачений на підготовку повітряних суден до вильоту. Тому будь-яка затримка на шляху проходження підготовки до польотів або відмова будь-якої системи засобів аеродромно-технічного забезпечення польотів (ЗАТЗП) під час забезпечення польотів може призвести до значних збитків, а часто – і до людських жертв. В Україні гостро стоїть проблема збільшення ресурсу роботи, зниження працевитрат і покращення рівня технічного обслуговування ЗАТЗП. Ця проблема має комплексний характер, її розв'язання належить до першочергових задач, які мають державне значення [1].

Розвиток Збройних Сил України неможливий без міжнародної кооперації в проведенні системних досліджень з питань імплементації основних принципів НАТО щодо пошуку шляхів переоснащення армії на новітні зразки озброєння та військової техніки (ОВТ), їх випробування і сертифікації, а також створення сучасних інформаційних технологій прийняття рішень у військовій сфері [2, 3].

ЗАТЗП складаються з електричних, пневматичних і гідравлічних установок, агрегатів, пристроїв і пристосувань, призначених для технічної експлуатації та проведення за їх допомогою робіт, підготовок та контролю технічного стану повітряних суден (ПС). Аналіз існуючих зразків електро- та газової техніки Збройних Сил України показав, що з 1992 року парк техніки ЗАТЗП не оновлювався. Впродовж тривалого часу прийняття рішень під час випробувань і контролю якості ОВТ носило по суті інтуїтивний і суб'єктивний характер. Треба відзначити, що вже на сьогодні розроблені різні підходи до використання теоретичних основ прийняття обґрунтованих рішень для потреб аналізу якості складних технічних систем, до яких відносяться сучасні зразки ОВТ. Однак методологія їх практичного застосування достеменно не розроблена [4, 5].

Сучасні ЗАТЗП монтуються на шасі автотранспортних засобів (АТЗ) і використовуються в системі людина-машина-середовище [6], де більшість факторів, які впливають на їх надійність, є випадковими. Це насамперед навантаження, що діє на машину, і показники несучої здатності їх деталей і конструкцій. Тому методи асекурації надійності ЗАТЗП та вирішення теоретичних питань ґрунтуються на теорії імовірностей, теорії випадкових процесів, теоретичних положеннях фізико-статистичних досліджень [7].

Важливим питанням у надійності шасі АТЗ та ЗАТЗП у цілому є визначення їх показників надійності в експлуатаційних умовах, розрахунок показників надійності складових

частин, розроблення заходів для підвищення надійності. Підвищення надійності досягається зниженням рівня навантажень складових частин, спрощенням конструктивних схем, підвищенням несучої здатності і зносостійкості деталей, здатності до діагностування, широким впровадженням прискорених випробувань на всіх етапах їх створення, покращенням їх технічної експлуатації [8].

Щоб спрогнозувати надійність ЗАТЗП, насамперед треба проаналізувати якісну оцінку відмов його вузлів і агрегатів. З аналізу розподілу відмов за системами та механізмами аеродромних багатоцільових кондиціонерів (АБК), як зразка ЗАТЗП (рис. 1), за даними [9] до 70% несправностей припадає на енергетичну установку та її системи. Аналіз тривалості знаходження АБК в ремонті вказує на менший час усунення відмов спецобладнання.

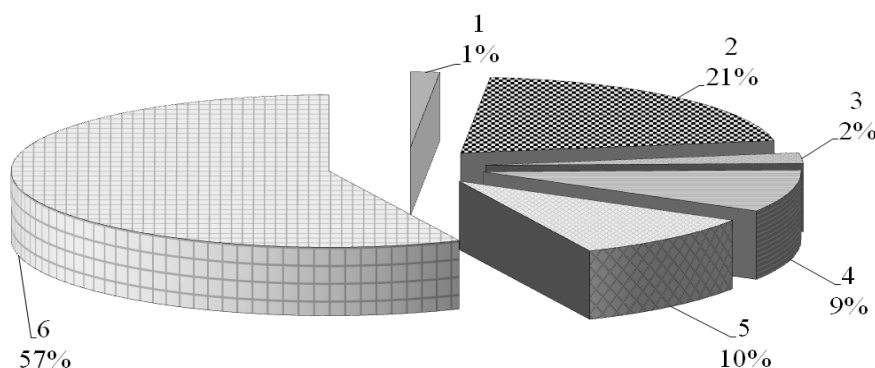


Рисунок 1 – Розподіл відмов шасі АТЗ АБК за системами та механізмами:

- 1 – кривошипно-шатунний механізм та газорозподільний механізм; 2 – системи двигуна;  
 3 – трансмісія; 4 – ходова частина; 5 – рульове керування та гальмівні системи;  
 6 – електрообладнання

Основною причиною простою АБК в несправному стані є:

- експлуатація АБК понад встановлені строки (практично усі ЗАТЗП мають строк експлуатації більш ніж 30 років);
- проблеми з постачанням запасних частин;
- відсутність необхідного запасу запасних частин, інструменту та приналежностей на складах авіаційно-технічного майна військової частини, а також несвоєчасне затребування їх в органах забезпечення;
- непридатність до використання групових ремонтних комплектів внаслідок їх тривалого зберігання і несвоєчасного поповнення.

Для прогнозування справної роботи ЗАТЗП, як складної системи, можна застосовувати метод статистичного моделювання (статистичних випробувань), який отримав назву методу Монте-Карло. Основна ідея цього методу полягає в багаторазовому розрахунку параметрів за формалізованою схемою, що є математичним описом цього процесу (в нашому випадку – процесу втрати працездатності). Кожне статистичне випробування полягає у виявленні однієї з реалізацій випадкового процесу, оскільки підставляючи, хоча і випадковим чином, вибрані, але зафіксовані дані, отримуємо детерміновану залежність, яка описує цей процес за прийнятих умов.

Особливу увагу під час прогнозування надійності машин із застосуванням методу статистичного моделювання приділяють розподілу Вейбула. Це досить універсальний розподіл напрацювання машин до відмови, тому що охоплює шляхом варіації параметрів широкий діапазон випадків. Розподіл Вейбула описує напрацювання об'єктів у період нормальної експлуатації і деградаційних відмов. Щільність розподілу Вейбулла:

$$f(t) = \frac{b}{a} \left( \frac{t}{a} \right)^{b-1} \exp \left[ - \left( \frac{t}{a} \right)^b \right], \quad (1)$$

де  $a$  – параметр масштабу;

$b$  – параметр форми.

Графіки функцій щільності розподілу Вейбула наведено на рисунку 2, якщо  $b=1$ , то розподіл Вейбула перетворюється в експоненціальний з параметром  $\lambda = 1/a = \text{const}$ . Якщо  $b=2$ , то розподіл Вейбула перетворюється у розподіл Релея з лінійною функцією інтенсивності відмов, якщо  $b=3$ , то розподіл Вейбула стає близьким до нормального розподілу.

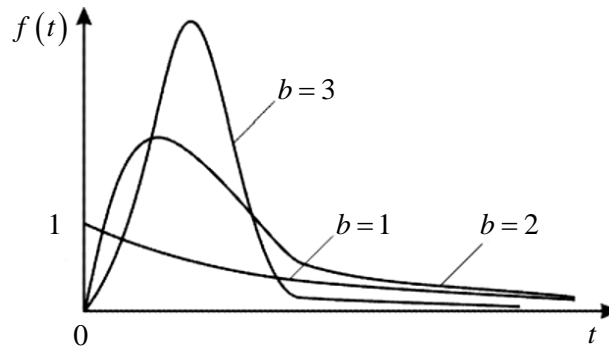


Рисунок 2 – Щільність розподілу Вейбула (імовірність безвідмовної роботи)

Серед розрахункових методів, орієнтованих на використання обчислювальної техніки, значного поширення набув метод кінцевих елементів. Він успішно замінює методи опору матеріалів і механіки під час розрахунку деталей простої конфігурації, а при розрахунку деталей складної геометрії на цей час є практично єдиним інженерним методом.

Вибір методу розрахунку ЗАТЗП на надійність залежить від наслідків відмов, від складності конструкції його вузлів та використовуваних матеріалів.

Відомо, що для систем ЗАТЗП, рекомендований рівень імовірності напрацювання до відмови знаходиться в межах 0,8-0,9 [10]. Проведення порівняльного аналізу фактичної надійності елементів системи аеродромного кондиціонера із допустимим значенням дає змогу прогнозувати залишковий ресурс безвідмовної роботи із заданою імовірністю. Такий підхід дає змогу попередити відмову та вчасно виконати необхідні профілактичні роботи. Розподіл відмов елементів на групи залежно від часу їх настання дає змогу встановити види додаткових технічних обслуговувань. Відповідні переліки робіт із додаткових технічних обслуговувань встановлюються на основі раніше зробленого аналізу відмов елементів за зібраними статистичними даними.

Використовуючи положення з надійності аеродромного кондиціонера, було визначено імовірність його безвідмовної роботи, яка повинна становити  $R(t_1, t_2) = 0,8$ , а імовірність відмови  $F(t_1, t_2) = 0,2F$ .

Крім цього, середнє напрацювання до відмови кондиціонера становить  $\bar{t} = 1600 - 1700$  мотогодин. Таке значення не відповідає сучасним вимогам до аеродромної техніки. Тому основним напрямком роботи щодо надійності аеродромної техніки є визначення технічного стану систем ЗАТЗП, що забезпечує підтримку заданого рівня надійності за рахунок попередження відмов шляхом визначення залишкового ресурсу безвідмовної роботи та оптимальної періодичності додаткових робіт.

Розроблена методика оцінювання надійності ЗАТЗП складається з виконання етапів:

- збір та опрацювання початкових даних для дослідження надійності ЗАТЗП;
- математичне опрацювання статистичних даних;
- проведення випробувань на надійність вузлів та систем;
- розрахунок надійності окремих систем, вузлів і механізмів;
- проведення порівняльних випробувань.

Отримані дані потребують подальшого удосконалення з використанням результатів експериментальних досліджень, що сприятиме підвищенню асекурації надійності ЗАТЗП.



### Список використаних джерел

1. Жданюк М.М., Чередник Ю.М., Макаров С.М., Мотяков Ю.М., Швець С.А. Системний підхід до розробки загальних вимог до засобів наземного обслуговування польотів. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. Випуск №4/10, 2021. С. 45-55.
2. Про схвалення Стратегії розвитку оборонно-промислового комплексу України на період до 2028 року: розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 червня 2018 р. № 442-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.
3. Павлов Я. В., Кашканов А. А. Аналіз наявних методів та підходів до пошуку пошкодженої автобронетанкової техніки під час технічної розвідки в сучасних арміях світу. Вісник машинобудування та транспорту, 2024. №2(18), С. 134-140. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-134-140>.
4. Лист Міністерства оборони України №720/1/1334 від 19.05.2021.
5. Кашканов А. А., Краснокутський В. М., Кав'юк В. В., Матющенко С. Я. Обґрунтування тактико-технічних характеристик додаткової енергетичної установки при модернізації аеродромного багатоцільового кондиціонера АМК-24/56-131. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер.: Автомобіле- та тракторобудування: зб. наук. пр. Харків : НТУ «ХПІ», 2023. № 2. С. 3-17. <https://doi.org/10.20998/2078-6840.2023.2.01>
6. Rotshtein A., Katielnikov D. & Kashkanov A. A fuzzy cognitive approach to ranking of factors affecting the reliability of man-machine systems. Cybernetics and Systems Analysis. Vol. 55, No. 6, November, 2019. P. 958-966. <https://doi.org/10.1007/s10559-019-00206-8>.
7. Automotive Handbook. 11th Ed. Karlsruhe: Robert Bosch GmbH, 2022. 2048 p.
8. Кашканов А. А., Біліченко В. В. Експлуатація та обслуговування транспортних машин: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2004. 136 с.
9. Краснокутський В.М., Кав'юк В.В., Вахнюк С.А. Аналіз шляхів підвищення технічних показників енергетичного силового агрегату блоку приводу контуру обладнання аеродромного багатоцільового кондиціонера АМК-24/56-131. Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції "Актуальні питання забезпечення службово-бойової діяльності військових формувань та правоохоронних органів", 27 жовтня 2023 року. Х.: НА НГУ, 2023. С. 171-174.
10. Методичні рекомендації щодо встановлення та визначення норм напрацювання (строків служби) до ремонту автомобільної техніки та автомобільного майна. К.: Озброєння ЗС України, 2017. 30 с.

**Кашканов Андрій Альбертович** – д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [a.kashkanov@vntu.edu.ua](mailto: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](mailto:super-kvv1971@ukr.net).

**Долинський Михайло Петрович** – викладач кафедри аеродромно-технічного забезпечення авіації, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, e-mail: [makenzzyzz@gmail.com](mailto:makenzzyzz@gmail.com).

**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](mailto: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](mailto:super-kvv1971@ukr.net).

**Dolynskiy Mykhailo** – teacher of the Department of airfield technical support of aviation, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, e-mail: [makenzzyzz@gmail.com](mailto:makenzzyzz@gmail.com).

УДК 656.11

Кашканов В.А., Василик Д.В.

## ДО ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ПЛАТНОГО ПАРКУВАННЯ У МІСТІ ВІННИЦЯ

В публікації розглянуто питання доцільності впровадження системи платного паркування в місті Вінниця та надано рекомендації щодо визначення коефіцієнтів, які використовуються при розрахунку тарифів на паркувальні послуги.

**Ключові слова:** паркування, паркомісце, транспортний потік, попит на паркування, тариф на паркування.

*The publication examines the feasibility of implementing a paid parking system in the city of Vinnytsia and provides recommendations for determining the coefficients used in the calculation of tariffs for parking services.*

**Key words:** parking, parking space, traffic flow, parking demand, parking tariff.

Проблема паркування виявляється актуальною та складною для багатьох міст України, зокрема і для міста Вінниця. Зростання автомобільного трафіку, обмежена кількість паркувальних місць та неефективне використання наявних паркувальних майданчиків створюють серйозні виклики для місцевої адміністрації та незручності для мешканців міста. Недоліки у системі паркування призводять до заторів на дорогах, забруднення навколишнього середовища та негативно впливають на економічний розвиток та якість життя населення [1, 2].

Восени 2021 року були розроблені Правила паркування транспортних засобів на території Вінницької міської територіальної громади. 3-го лютого виконком міської ради розглянув проєкт рішення міської ради «Про затвердження зональної схеми ВМТГ для встановлення ставок збору за місця для паркування транспортних засобів» [3]. Дані з онлайн-опитування, проведеного КП "Агенція просторового розвитку" Вінницької міської ради у 2021 році, підтверджують загальну обтяженість місць для паркування у місті. Більшість респондентів, які володіють автомобілями, відзначають проблеми з пошуком вільних місць для паркування та виражають готовність платити за гарантовану можливість паркування. Ці дані свідчать про необхідність введення ефективної системи управління паркуванням у місті Вінниця для забезпечення зручності та доступності паркувальних майданчиків для мешканців та відвідувачів міста.

Кабінет Міністрів України своєю постановою від 28 жовтня 2020 р. № 1019 вніс зміни до «Порядку формування тарифів на послуги з користування майданчиками для платного паркування транспортних засобів» (надалі Порядок), який затверджено Постановою «Про затвердження Порядку формування тарифів на послуги з користування майданчиками для платного паркування транспортних засобів» від 2 березня 2010 р. № 258. У відповідності до Порядку: «...тарифи на послуги визначаються окремо для відведених і спеціально обладнаних майданчиків як відношення річної вартості послуг до річного обсягу їх надання з урахуванням коефіцієнта завантаженості майданчика та коефіцієнтів, що встановлюються органами місцевого самоврядування для досягнення оптимального завантаження вулично-дорожньої мережі» [6].

Тариф на послуги паркування  $T$  визначається за формулою [6]:

$$T = \frac{B_p \cdot K_{p1} \cdot K_{p2} \cdot K_{p3} \cdot K_{p4}}{O_p \cdot K_s}, \quad (1)$$

де  $B_p$  - річна вартість послуг, грн;  $O_p$  - річний обсяг надання послуг, грн;

$K_3$  - коефіцієнт завантаженості майданчика;  $K_{p1}$  - коефіцієнт, що враховує місце розташування майданчика для паркування;  $K_{p2}$  - коефіцієнт, що враховує час користування майданчиком для паркування;  $K_{p3}$  - коефіцієнт, що враховує тип транспортного засобу, що розміщується на майданчику для паркування;  $K_{p4}$  - коефіцієнт, що враховує категорію осіб, які розміщують транспортні засоби на майданчику для паркування.

Якщо за Положенням, рекомендовано використовувати  $K_3 \geq 0,5$ , то для решти коефіцієнтів вказівки відсутні. Тому, об'єднано, постає питання про підходи до визначення органами місцевого самоврядування коефіцієнтів  $K_{p1}$ ,  $K_{p2}$ ,  $K_{p3}$ ,  $K_{p4}$ .

1. Коефіцієнт, що враховує місце розташування майданчика для паркування –  $K_{p1}$ .

Зосередження місць тяжіння цілей поїздок громадян на приватному транспорті чинить вплив на попит щодо паркування біля таких місць. Адже, в певних зонах міста, де щільно розташовані ділові центри, торгівельні центри, учбові заклади, комунальні установи об'єктивно існує підвищений попит на паркування приватного транспорту. Тому, коефіцієнт  $K_{p1}$  пропонуємо розглядати як коефіцієнт попиту на паркувальне місце, яке розміщене у відповідній зоні міста.

Для визначення величини коефіцієнту попиту на паркувальне місце необхідно вирішити такі задачі: 1) провести експериментальне дослідження доцентрових та відцентрових транспортних потоків; 2) визначити максимальне транспортне навантаження в зоні міста (надалі зона), де вводиться платне паркування, протягом робочого дня.

Якщо позначити як  $N_{i\partial\omega}$  – кількість одиниць у транспортному потоці, який входить у зону міста, де вводиться платне паркування, на  $i$ -й магістралі;  $N_{i\omega\omega}$  – кількість одиниць транспортного потоку, який виходить на цій магістралі, тоді сумарні потоки, які спрямовані в зону (вхідні) та із зони (вихідні) в період виконання основної кількості трудових та ділових поїздок, відповідно, становлять  $N_{\text{сум}}^{\text{вх}} = \sum_{i=1}^m N_{i\partial\omega}$ ,  $N_{\text{сум}}^{\text{вих}} = \sum_{i=1}^m N_{i\omega\omega}$  ( $m$  – кількість магістралей).

Якщо знехтувати величиною транспортних потоків, що зароджуються в досліджуваній зоні та вливаються в  $N_{i\omega\omega}$ , то різниця  $\Delta N = N_{\text{сум}}^{\text{вх}} - N_{\text{сум}}^{\text{вих}}$  є тією частиною сумарного транспортного потоку, який залишається в зоні та формує попит на паркування в ній. Вочевидь, що частина пасажирів у потоці  $N_{\text{сум}}^{\text{вх}}$  виконує не трудові, а ділові поїздки, і протягом робочого дня залишає зону. Але на звільнене місце буде в'їжджати інший транспорт (відбувається часткова ротація автомобілів у зоні).

Тоді, сумарний незабезпечений попит на паркування в певній зоні, який і обумовлює необхідну сумарну місткість системи паркінгів, можна визначити як:

$$N_{\Sigma\Pi} = K_p \cdot K_{\Pi} \cdot \Delta N, \quad (2)$$

де  $K_p$  - поправочний коефіцієнт, який уточнює нерівномірність попиту на паркування автомобілів у зоні протягом робочого дня під час виконання ділових поїздок і визначається за формулою

$$K_p = \frac{N_{\text{max}}}{\Delta N}, \quad (3)$$

де  $N_{\text{max}}$  - максимальна кількість автомобілів, яка потребує паркування в досліджуваній зоні протягом робочого дня під час виконання ділових поїздок, авт.;  $K_{\Pi}$  - коефіцієнт запасу, який враховує збереження тенденції підвищення рівня автомобілізації. З достатньою точністю та деяким запасом можна прийняти  $K_{\Pi} = 1,25-1,3$ .

Потоки транспортних засобів слід визначати в періоди пікових навантажень у робочі дні, в теплу, але не відпускну, пору року, а протягом дня – в період виконання основної маси

трудових переміщень (з 8.00 до 10.00 та з 17.00 до 19.00).

Коефіцієнт попиту на паркувальне місце буде визначатися з його потреби за формулою:

$$K_{\text{ПМ}} = \frac{N_{\Sigma\Pi}}{P}, \quad (4)$$

де  $P$  - існуюча кількість місць платного паркування в паркувальній зоні.

Отже, коефіцієнт, що враховує місце розташування майданчика для паркування, можна визначити за формулою:

$$K_{p1} = K_{\text{ПМ}} = \frac{K_{\Pi} \cdot N_{\text{max}}}{P}. \quad (5)$$

2. Коефіцієнт, що враховує час користування майданчиком для паркування –  $K_{p2}$ .

Даний коефіцієнт дозволяє процедурно диференціювати вартість послуг паркування транспортних засобів (тарифу), в залежності від часу перебування на майданчику для паркування. Зазначена диференціація тарифу є примусовим заходом для забезпечення сталого високого обороту використання паркомісць. Зазвичай, така практика використовується у європейських містах для недопущення паркування транспортних засобів на щільних вулицях протягом тривалого проміжку часу.

Якщо значення даного коефіцієнта прийняти  $K_{p2} = 1$ , як це реалізовано в більшості великих міст України, то це означає, що в певній паркувальній зоні (або місті в цілому) не реалізовано принцип диференціації тарифу на паркування. Рекомендуємо, застосовувати діапазон значень  $0,5 \leq K_{p2} \leq 1,5$ , що дозволить збалансувати попит на паркувальні місця.

3. Коефіцієнт, що враховує тип транспортного засобу, що розміщується на майданчику для паркування –  $K_{p3}$ .

Цей коефіцієнт призначений для коригування вартості паркувальних послуг, в залежності від типу транспортного засобу, який користується майданчиком для паркування.

Тут слід враховувати чи буде створений паркувальний простір міста передбачати паркування виключно легкових транспортних засобів. Якщо паркувальні майданчики будуть облаштовані тільки для легкових автомобілів, слід прийняти  $K_{p3} = 1$ .

4. Коефіцієнт, що враховує категорію осіб, які розміщують транспортні засоби на майданчику для паркування –  $K_{p4}$ .

Даний коефіцієнт направлений на диференціацію тарифу вартості послуг паркування транспортних засобів для різних користувачів майданчиками для паркування. Відповідно до Правил паркування транспортних засобів [4], відведені майданчики для платного паркування обов'язково повинні бути обладнані паркувальними автоматами з розрахунку не менш як один автомат на 20 місць для паркування з обох боків уздовж проїзної частини вулиці, дороги або тротуару та/або інформаційними знаками про можливість і порядок надання послуги "мобільне паркування".

Якщо технічні засоби, передбачені для сплати послуг паркування, матимуть можливість щодо ідентифікації користувачів, то запровадження диференційованого тарифу вартості послуг паркування транспортних засобів для різних категорій громадян буде доцільним та технічно можливим для реалізації. В іншому випадку пропонуємо  $K_{p4} = 1$ .

Обґрунтоване впровадження платних послуг з паркування у містах може забезпечити ефективне використання паркомісць та стимулювати мешканців до використання альтернативних видів транспорту.

З появою додаткових коштів у бюджеті, місто може вибудувати багаторівневі паркувальні системи на в'їзді до міста, щоб автомобілісти могли пересісти на громадський транспорт, зменшивши при цьому шкідливі викиди, біля торгових центрів та місць відпочинку. Загалом, запровадження системи платного паркування може бути ефективним інструментом для покращення управління міським транспортом, зменшення заторів та

покращення якості життя мешканців міста.

#### Список використаних джерел

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. 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]. Вінниця: ВНТУ, 2022. (PDF 331 с.) URL: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/view/683/1213/2431-1>
3. У Вінниці визначили зони, де буде платне паркування. Спочатку – центр міста. URL: <http://surl.li/shxev>
4. Про затвердження Правил паркування транспортних засобів: Постанова Кабінету міністрів України від 3 грудня 2009 Р. За № 1342 //Офіційний Вісник України. 2009. № 96. Ст. 3314.
5. «Правила зберігання транспортних засобів на автостоянках». Затверджено Постановою КМУ від 22 січня 1996 р. N 115. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/115-96-п#Text>
6. «Про затвердження Порядку формування тарифів на послуги з користування майданчиками для платного паркування транспортних засобів». Постанова Кабінету міністрів України від 2 березня 2010 р. N 258. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/258-2010-п#Text>

**Кашканов Віталій Альбертович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету, e-mail: [v.kashkanov@vntu.edu.ua](mailto:v.kashkanov@vntu.edu.ua)

**Василик Дмитро Вадимович** – студент групи 1ТТ-22мс Вінницького національного технічного університету, e-mail: [kralotheroi@gmail.com](mailto:kralotheroi@gmail.com)

**Kashkanov Vitalii** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Automobile and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [v.kashkanov@vntu.edu.ua](mailto:v.kashkanov@vntu.edu.ua)

**Vasylyk Dmytro** – student of group 1TT-22ms, Vinnytsia National Technical University, e-mail: [kralotheroi@gmail.com](mailto:kralotheroi@gmail.com)

УДК 629.331

Кищун В.А.

## ЩО НЕ ТАК З ЕЛЕКТРОМОБІЛЯМИ?

*Розглянуто переваги та більш докладно недоліки електромобілів над традиційними автомобілями. Звернута увага на суперечливі судження щодо переваги електричних транспортних засобів у контексті їх екологічності. Попри зростаючу популярність електромобілів, у світі продовжується виробництво транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання, а також автомобілів-гібридів.*

**Ключові слова:** електромобіль, переваги і недоліки, екологічність електромобіля, перспективи традиційних автомобілів і гібридів.

*The advantages and, particularly, the disadvantages of electric vehicles over traditional automobiles have been discussed. Attention has been given to conflicting judgments regarding the advantages of electric vehicles in terms of their environmental friendliness. Despite the increasing popularity of electric cars, the production of vehicles with internal combustion engines, as well as hybrid vehicles, continues worldwide.*

**Key words:** electric car, advantages and disadvantages, environmental friendliness of an electric car, prospects of traditional cars and hybrids.

Плюси і мінуси електромобіля цікавлять багатьох потенційних покупців таких транспортних засобів нового покоління. Якщо порівнювати електромобілі з традиційними автомобілями, то вони мають ряд беззаперечних переваг, через що їх популярність з кожним роком зростає. Вдосконалення у процесі виробництва дозволяють усувати наявні недоліки та забезпечувати електромобілям гідні технічні, а значить споживчі характеристики.

З практичної точки зору електромобіль має ряд переваг над авто з двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ), зокрема:

1) у світовому масштабі ключовою перевагою електричних транспортних засобів є їх екологічність: вони не застосовують пального яке необхідно спалювати, тому не виділяють вуглекислий газ, оксиди азоту та інші шкідливі речовини;

2) ефективність експлуатації – коефіцієнт корисної дії електричного двигуна значно вищий (90...95%), ніж ККД двигуна внутрішнього згорання. Він не потребує попереднього розігріву, а максимальний крутний момент досягається з перших обертів. Електромобілі можуть підзаряджатися шляхом рекуперації енергії, яка виділяється при гальмуванні, що дозволяє збільшувати дальність ходу;

3) дешевше обслуговування і ремонт – у конструкції електромобіля менша кількість вузлів, електричний двигун має значно менше компонентів, ніж ДВС, що знижує ймовірність поломок. Вони не вимагають надто дорогого регулярного обслуговування;

4) доступна електроенергія – зокрема в Україні є чотири атомні електростанції та багато сонячних, гідравлічних, вітрових і теплових електростанцій. Вартість заряджання електромобіля менш ніж заправка традиційного автомобіля паливом;

4) безпека руху – електроавтомобілі відрізняються кращою стійкістю, оскільки важка акумуляторна батарея розташована уздовж днища авто знижує центр ваги та дозволяє отримати близький до ідеального розподіл ваги по осях. Часто автовиробники обмежують максимальну швидкість руху для своєї продукції (150...160 км/год), що також позитивно впливає на безпеку;

6) тиша і комфорт – електромобілі створюють значно менше шуму у порівнянні з автомобілями оснащеними двигунами внутрішнього згорання. Через більш високу частоту обертання вала електродвигуна досягається краща плавність ходу. Відсутність третьої педалі

робить водіння легким і комфортним, особливо в умовах міської їзди;

7) відкриття і застосування нових технологій – сьогодні виробництво електромобілів є однією з небагатьох інноваційних галузей промисловості. Продукт постійно удосконалюється з метою розв'язання основних проблем: покращення ефективності батареї, збільшення запасу ходу і швидкості зарядки;

8) доступ до субсидій і пільг – у багатьох країнах держава стимулює майбутніх власників електроавтомобілів різноманітними пільгами, як-от фінансові субсидії, зниження податків, безкоштовна зарядка і парковка тощо.

Однак, електричний автомобіль не ідеальний, як видається; він має суттєві недоліки, які потрібно зважити:

1) обмежений запас ходу – так, моделі бізнес-класу можуть вже їздити досить далеко, але якщо мова йде про більш популярні малий чи середній клас автомобілів, то на одній зарядці вони долають від 100 до 250 км. Цього недоліку позбавлені автомобілі-гібриди;

2) тривалий час заряджання – заряджання батареї електромобіля займає значно більше часу, ніж заправка автомобіля з паливним двигуном. Сьогодні нові авто можна зарядити здебільшого до 80% за 40 хвилин, тоді як заправка легковиків паливом на АЗС здійснюється лічені хвилини. Найчастіше власники заряджають свої електромобілі від побутових розеток, що може тривати вісім годин і більше;

3) висока початкова вартість – електромобілі зазвичай коштують дорожче, ніж автомобілі з двигуном внутрішнього згорання, хоча потенційна довгострокова економія на електроенергії та зменшеному обсягу технічного обслуговування може компенсувати цю різницю. Пов'язано це, у тому числі, з високою вартістю батареї та новітніми технологіями, які використовуються у їх виробництві;

4) ліквідність електромобіля на вторинному ринку залежить у першу чергу від залишкової вартості батареї, яка щороку втрачає до 5% ємності. Через 5...8 років щоб продовжити ефективну експлуатацію електромобіля її необхідно міняти. У багатьох випадках заміна акумулятора може коштувати декілька тисяч доларів, збільшуючи таким чином загальні витрати на експлуатацію електромобіля;

5) обмеженість інфраструктури – мережа електростанцій (ЕЗС) для електромобілів не настільки розвинена, як АЗС для традиційних автомобілів. У деяких регіонах проблематично знайти доступну зарядну станцію, особливо на віддалених ділянках доріг. Тому далека поїздка може створювати певні незручності. Існує також проблема у пошуках СТО, що спеціалізується на електромобілях;

6) вибірковість поїздок – електромобілі підходять не для всіх видів поїздок, зокрема тривалих поїздок на великі відстані, перевезення вантажів або великої кількості пасажирів. Швидкість і пробіг транспортних засобів обмежені батареями, ємність яких сьогодні не дозволяє суттєво збільшити ці показники, не збільшуючи їх маси;

7) залежність від погодних умов – експлуатація електромобілів менш ефективна при низьких температурах. Ємність батареї зменшується під час похолодання (при +5° на 20%, при -12°С на 50%), що впливає на дальність поїздок. Кондиціонер, якщо працює від батареї відбирає обсяг заряду приблизно ще на 20%. Через включення обігріву салону, керма та сидінь запас ходу при мінусових температурах знижується в середньому на 25...30% [1];

8) проблеми з утилізацією батареї – батареї, що використовуються в електромобілях містять рідкоземельні високотоксичні хімічні елементи (кобальт, нікель, літій), небезпечні для навколишнього середовища. Неконтрольована утилізація таких батарей може створювати проблеми, тому вони підлягають особливому обліку.

Заради справедливості слід зазначити, що окремі недоліки перестають бути критично важливими. Так, з часом електромобілі втрачатимуть у ціні не більше ніж автомобілі з ДВЗ, через майбутнє зниження вартості заміни батареї. Ситуація з ЕЗС постійно покращується, уряди та приватні компанії активно працюють над розвитком інфраструктури. Завдячуючи сучасним технологіям ємність батареї збільшується, а вага і час її заряджання зменшуються.

Водночас існують аргументовані думки стосовно рівня ефективності використання електромобілів як важливого фактора зменшення негативного впливу на довкілля через відсутність викидів. Адже 2/3 усієї світової електроенергії виробляється не відновлювальними джерелами (сонце, вітер, вода), а теплоелектростанціями (ТЕЦ). Тобто усе тим же шляхом спалювання ресурсів. Різниця лише в тому, де і коли саме вони спалюються: у момент їзди чи трохи раніше, на ТЕЦ.

Окрім того автомобілі забруднюють атмосферу не лише відпрацьованими газами, але й шинами та гальмівними колодками, які стираються. На думку експертів, шини електромобілів зношуються приблизно вдвічі швидше, ніж у автомобілів з ДВЗ, через різні технічні і технологічні причини [2]. Так, вага електромобілів, особливо моделей, які оснащені громіздкими батареями, переважно вища, ніж у автомобілів-однокласників з ДВЗ, що створює додатковий тиск на шини та прискорює їх зношення. Електродвигуни приводу розвивають максимальний момент відразу майже при нульових обертах за хвилину, що сприяє додатковому тиску на шини при рушанні з місця. Рекуперативне гальмування, при якому енергія від гальмування перетворюється в електричну для зарядки батареї, може збільшити крутний момент на колесах і також пришвидшити зношення шин. Як наслідок, викиди від шин багатократно перевищують викиди з вихлопних труб. З точки зору екології, різниця між електромобілями та авто з ДВЗ полягає в тому, що тверді частинки від перших як правило, здебільшого забруднюють воду та ґрунт, тоді як вихлопні гази від других негативно впливають на якість повітря.

В інституті IFO при Мюнхенському університеті були проведені дослідження з метою порівняти загальні викиди CO<sub>2</sub> пов'язані з дизельним MERCEDES-BENZ C 220d і TESLA Model 3 впродовж усього «життєвого» шляху. Тобто враховувалися викиди парникових газів під час виробництва, експлуатації, зарядки (заправки) і утилізації автомобілів. Висновок науковців був невтішним: з точки зору впливу на клімат електроавтомобілі завдають шкоди довкіллю навіть більше ніж дизельні авто.

Видобуток і обробка рідкоземельних хімічних елементів необхідних для виготовлення електричних батарей – процес достатньо енергозатратний. Виробництво однієї батареї супроводжується емісією 11...15 тон вуглецю. За пробігу 15,0 тис. кілометрів на рік Model 3, зазначали вчені, залишає за собою 73...98 г/1 км. А з огляду на викиди CO<sub>2</sub> у виробництві електроенергії (у ФРН майже 50% електроенергії отримується шляхом спалювання вугілля), парниковий шлейф електромобіля TESLA зріс до 156...181 г/1км. У дизельного авто MERCEDES-BENZ ця величина склала 112 г/1 км [3].

Існує ще одне пов'язане з електромобілями явище, яке, на думку дослідників, здатне завдати значної шкоди безпосередньо здоров'ю людини. Мова йде про електромагнітне поле, що створюється у процесі роботи акумуляторної батареї. І головна небезпека не у потужності електромагнітного випромінювання, а той факт, що в електромобілі ця величина нерівномірна. Низькочастотне поле змінюється у тисячному діапазоні, що негативно впливає на працездатність організму.

Спостерігаються також побіжні, але не менш суттєві недоліки електромобілів:

- збої в електромережах коли зростає кількість, так званих, «блекаутів», що унеможливує зарядку електромобіля у потрібний час і потрібному місці;
- для виробництва електромобілів потрібно менше на 90% запчастин і на 30% людино-годин у порівнянні з традиційними автомобілями, що може призвести до соціальної напруги через скорочення працівників в автомобільній галузі [4].

Динаміка попиту та ринкові умови змушують уряди країн і автовиробників змінювати своє ставлення до електромобілів. Європейський Союз планує переглянути заборону на продаж нових бензинових та дизельних автомобілів починаючи з 2035 року. Ініціатором такого кроку виступила Німеччина, яка відмовилася підтримати пропозицію про нульовий рівень CO<sub>2</sub> для нових автомобілів до середини наступного десятиліття.

Так, керівництво BMW не поспішає відмовлятися від авто з двигунами внутрішнього



згоряння, а публічно відстоює їх збереження. Представники BMW заявили, що вони, як виробники бренду «люкс», наразі не хочуть списувати з рахунків двигуни внутрішнього згоряння, оскільки неправильно заперечувати продукти, які все ще користуються попитом.

MERCEDES-BENZ оголосив про плани зосередитися на автомобілях доступного цінового сегменту, включивши у свою лінійку більше транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння. Орієнтуючись на показники продажів, компанія проінформувала своїх дилерів про те, що вона змінює структуру поставок, приділяючи більше уваги моделям з нижчою ціною, а не електромобілям. Керівництво компанії зазначало, що воно підтримує зв'язок з реальністю і відмовляється від свого плану продавати лише електромобілі після 2030 року. Бензинові та гібридні транспортні засоби залишаться частиною майбутнього MERCEDES-BENZ на довгі роки.

Голова правління TOYOTA Акіо Тойода заявив, що електромобілі ніколи не перевищать і третини світового ринку. Він переконаний, що автомобілі на акумуляторних батареях займуть максимум 30% ринку, а решта 70% припадуть на гібриди, водневі двигуни та інші типи силових установок. Свою позицію він пояснив тим, що більше 10% людей у світі все ще живе без електрики [5].

Оскільки TOYOTA є глобальним автовиробником і повинна обслуговувати світову аудиторію, то протягом багатьох років корпорація просуває «багатосторонній підхід» та стверджує, що клієнти повинні мати можливість вибрати будь-який тип автомобіля, що відповідає їхнім потребам. Електромобілі дорогі, а TOYOTA задовольняє запити дешевого сегменту ринку. Такий підхід забезпечує клієнтам, які не можуть дозволити собі витрати на електромобіль, можливість пересісти з традиційних авто з ДВЗ на гібридні моделі, що знову опинилися у центрі уваги.

А що ж Китай? У 2023 році в глобальному масштабі було реалізовано приблизно 13,6 млн електрифікованих автомобілів, з яких 9,5 млн – це повністю електричні; більше 50% електромобілів було зібрано і продано у Китаї. Подібна тенденція спостерігалася і у 2022 році [6]. Одному з директорів компанії Glencore – постачальника кобальту, приписують ніби такий вислів: «Електромобілі – це не турбота про навколишнє середовище й чисте повітря. Це спосіб переділу автомобільного ринку. Китайці розуміють, що ніколи не обженуть Європу або Японію у напрацюваннях в області ДВЗ або трансмісії, тому намагаються перестрибнути це і стати на чолі електроери» [3].

### Список використаних джерел

1. Переваги та недоліки електромобілів. URL: <https://carbazar.lviv.ua/perevagi-ta-nedoliki-elektromobiliv/>.
2. Електромобілі шкодять планеті більше, ніж авто на бензині. URL: <https://avtodream.org/vsi-novini/avtosvit/62297-elektromobili-shkodiati-planeti-bilshe-nizh-avto-na-benzyni.htm.l>.
3. Сергій Суховський. Електромазохізм: десять доводів не купувати електрокар. URL: <https://thepage.ua/ua/auto/elektromazohizm-desyat-dovodiv-ne-kupuvati-elektrokar>.
4. Електромобілі – це глухий кут? URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2024/02/14/709849/>.
5. Toyota скептично ставиться до прогнозів щодо електрокарів. URL: [https://internetua.com/toyota-skepticsno-stavitsya-do-prognoziv-sxodo-elektrokariv?utm\\_source=news.ukrnet](https://internetua.com/toyota-skepticsno-stavitsya-do-prognoziv-sxodo-elektrokariv?utm_source=news.ukrnet).
6. Global EV Outlook 2023. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>

**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 614.84

Коваленко Р.І.

## АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПОЖЕЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ДЛЯ ПІДЙОМУ НА ЗАЗНАЧЕНУ ВИСОТУ

*Представлено аналіз переваг та недоліків відомих конструкцій автомобілів для підйому на зазначену висоту.*

**Ключові слова:** *пожежна автодрабина, пожежний автопідіймач, цистерна, насос, базове шасі.*

*An analysis of the advantages and disadvantages of known car designs for climbing to the specified height is presented.*

**Key words:** *fire truck ladder, fire truck lift, tank, pump, basic chassis.*

**Вступ.** На оснащенні пожежно-рятувальних підрозділів перебувають різні види протипожежної техніки, зокрема, пожежні автомобілі для підйому на зазначену висоту. До них відносять пожежні автодрабини та пожежні автопідіймачі різної конструкції. Цікавою тенденцією у виробництві протипожежної техніки став випуск комбінованих автоцистерн, які обладнані колінчастим підіймачем або автодрабиною. Ці автомобілі здатні вивозити запас вогнегасних речовин, який зберігається в цистернах і мають пожежний насос, що дає можливість подавати вогнегасні речовини на гасіння пожежі. На практиці виявляється, що вказані багатофункціональні автомобілі є достатньо габаритними, що значно обмежує їх застосування і, як результат, погіршує тактичні можливості пожежно-рятувальних підрозділів. За цих умов розробникам протипожежної техніки необхідно розуміти як ті чи інші конструктивні рішення впливатимуть на тактичні можливості пожежно-рятувальних підрозділів.

Метою дослідження є проведення аналізу конструкції сучасних пожежних автомобілів для підйому на зазначену висоту.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** В Україні лише ТОВ «Компанія ТІТАЛ» займається виготовленням пожежних автомобілів для підйому на зазначену висоту, зокрема, пожежних телескопічних автопідіймачів АТП-30. Через це більшість нових зразків пожежних автомобілів для підйому на зазначену висоту, які надходять до пожежно-рятувальних підрозділів України виготовлені закордоном. Пожежні автопідіймачі названої раніше компанії згідно [1] мають висоту підйому комплексу колін 30 м, здатні перевозити 7 чоловік особового складу включно з водієм, обладнані цистерною для води ємністю 2000 л та пінобаком ємністю 120 л. Крім цього, вони обладнані пожежним насосом продуктивністю 1500 л/хв., який здатен розвивати робочий тиск 10 бар.

Іншим виробником пожежних автомобілів для підйому на зазначену висоту, який представлений на ринку України є французька компанія «GIMAEX». Ця компанія виготовляє пожежні автодрабини з висотою підйому комплексу колін від 18,6 м до 41,8 м [2]. Більшість з них обладнані навісним обладнанням у вигляді люльки до якої по колінам драбини прокладено трубопровід для подачі по ньому вогнегасних речовин до стаціонарного лафетного ствола.

Одним із світових лідерів у виробництві протипожежної техніки, який також представлений на ринку України є німецька компанія «Magirus». Ця компанія виготовляє достатньо широке найменування продукції серед якої є і пожежні автомобілі для підйому на зазначену висоту. В першу чергу це пожежні автодрабини різних моделей, які мають висоту підйому комплексу колін від 27 м до 68 м та обладнані люлькою, а деякі також обладнані стаціонарно встановленим рятувальним ліфтом (рис. 1) [3]. Крім цього, компанія виготовляє автоцистерни, які обладнані телескопічною підйомною стрілою з люлькою, що забезпечує висоту підйому до 30,5 м [4]. Залежно від побажань замовника цистерна для води може мати

об'єм або 1900 л або 2400 л. Пожежний насос, який встановлений на цей автомобіль має продуктивність 3000 л/хв. при робочому тиску 10 бар, а при використанні ступені високого тиску продуктивність його буде складати 400 л/хв. при робочому тиску 40 бар. Чисельність особового складу, який може бути розміщений в кабіні цього автомобіля становить 9 осіб разом з водієм.



Рисунок 1 – Рятувальний ліфт вантажопідйомністю 300 кг, який встановлений на автодрабині Magirus M68L

Компанія «Metz», яка входить до групи компаній «Rosenbauer Group» виготовляє пожежні автодрабини. Ці пожежні автодрабини обладнані люльками, які мають достатньо продуману конструкцію, що дозволяє розміщувати в них пожежний лафетний ствол, носилки, пожежних-рятувальників та потерпілих, при цьому, можливим є також розміщення в них потерпілих на інвалідних візках (рис. 2) [5]. Залежно від типу пожежної автодрабини по ній можуть одночасно спускатися до 15 осіб.



Рисунок 2 – Вигляд люльки, якою обладнані автодрабини від компанії «Metz»

Компанія «Rosenbauer» виготовляє пожежні телескопічні автопідіймачі. Довжина висунення комплекту колін залежно від моделі може складати від 32,2 м до 62 м. Максимальне завантаження люльки залежно від моделі може складати від 500 кг до 630 кг. Одним із важливих показників, який впливатиме на можливість її встановлення на певній місцевості є ширина опорного контуру, яка також залежно від моделі складає від 5,93 м до 8,7 м. Окремі моделі цих пожежних телескопічних автопідіймачів обладнані також збоку висувною пожежною драбиною, що дозволяє проводити безперервну евакуацію потерпілих з поверхів

будівель (рис. 3) [6].



Рисунок 3 – Пожежний телескопічний автопідіймач від компанії «Rosenbauer»

В пожежно-рятувальних підрозділах України на сьогодні перебувають в експлуатації сучасні зразки пожежних автомобілів для підйому на зазначену висоту, які були вироблені в Китаї. Це і пожежні автодрабини і пожежні автопідіймачі. Наприклад, пожежний телескопічний автопідіймач DG54/M1 має висоту підйому люльки 54 м, вантажопідйомність люльки складає 500 кг, на ньому встановлена цистерна для води об'ємом 3400 л та пінобак об'ємом 2000 л, а також пожежний насос продуктивністю 70 л/с, який здатен розвивати робочий тиск до 16 бар (рис. 4). Люлька обладнана камерою відеоспостереження та стаціонарним лафетним стволом. Збоку він обладнаний висувною пожежною драбиною. Поряд з цим він має значні габарити (11,76×2,5×4 м) та масу (36050 кг), а також достатньо велику ширину опорного контуру.



Рисунок 4 – Пожежний телескопічний авто підіймач DG54/M1

**Висновок.** Таким чином, промисловістю випускається достатньо багато різних видів пожежних автомобілів для підйому на зазначену висоту. В цій роботі було проведено аналіз їх конструкцій, а також різних технічних інноваційних рішень. При цьому, особлива увага була приділена компаніям, виробу яких представлені на ринку України. Деякі з цих зразків вже перебувають в експлуатації в пожежно-рятувальних підрозділах. Поряд з цим можна відмітити ряд практичних проблем, які пов'язані з експлуатацією цих пожежних автомобілів:

- всі автомобілі обладнані сучасними двигунами, які потребують палива високої якості, що не завжди можна забезпечити, особливо в теперішніх умовах;
- комбіновані автоцистерни, які обладнані колінчастим підіймачем або автодрабиною не

зважаючи на те, що можуть забезпечити достатньо широкі функціональні можливості пожежно-рятувальним підрозділам зазвичай мають великі габарити, масу та ширину опорного контуру. Через це час їх прибуття до місця виклику є достатньо великим. Крім цього, не завжди є можливість їх встановити поблизу будівель особливо в умовах міста з високою щільністю забудови;

- сучасні пожежні автомобілі для підйому на зазначену висоту мають велику кількість різних електронних систем, які з одного боку дають змогу підвищити рівень безпеки та зручність керування але, поряд з цим, достатньо часто трапляються випадки виходу їх з ладу. Вказані випадки зазвичай супроводжуються не можливістю їх подальшого використання і потребою залучення техніки з інших підрозділів на що витрачається додатковий час.

### Список використаних джерел

1. АПТ-30 Автопідіймач пожежний телескопічний. URL: <https://titalcompany.com/product-category/pozhezno-rjatuvaljna-tekhnika/pidjomnyky-ta-drabynty/>
2. Echelles Riffaud. URL: <https://gimaex.eu/echelles-riffaud/> (дата звернення 12.04.2024).
3. A revolution: Magirus turntable ladders. URL: <https://www.magirusgroup.com/de/en/products/turntable-ladders/> (дата звернення 12.04.2024).
4. Magirus MultiStar. URL: <https://www.magirusgroup.com/de/en/products/special-vehicles/multistar/> (дата звернення 12.04.2024).
5. Drehleitern. URL: <https://www.rosenbauer.com/de/at/world/fahrzeuge/hubrettungsfahrzeuge/drehleitern> (дата звернення 12.04.2024).
6. Hubrettungsbühnen. URL: <https://www.rosenbauer.com/de/at/world/fahrzeuge/hubrettungsfahrzeuge/hubrettungsbuehnen> (дата звернення 12.04.2024).

**Коваленко Роман Іванович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки, Національний університет цивільного захисту України, e-mail: [pandora.kr@ukr.net](mailto:pandora.kr@ukr.net)

**Kovalenko Roman** – Ph. D (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of Department of engineering and rescue machinery, National University of Civil Defence of Ukraine, e-mail: [pandora.kr@ukr.net](mailto:pandora.kr@ukr.net)

УДК 629.331

Колесніков В.О.

## АВТОМОБІЛІ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Зроблено стислий аналіз даних які стосуються спеціалізованих автомобілів. Як приклад, наводиться перелік автомобілів, що виготовляються компаніями Camper Master, «РЕФОРМ», «Validus Special Auto», які є лідерами виробництва спеціалізованих автомобілів в Україні.

**Ключові слова:** автомобілебудування, автомобіль, автомобільний транспорт, спеціалізовані автомобілі, спеціальні автомобілі, автомобілі спеціального призначення, транспортний засіб.

*A brief analysis of data related to specialized vehicles is made. As an example, a list of vehicles manufactured by Camper Master and «REFORM», «Validus Special Auto», which are the leaders in the production of specialized vehicles in Ukraine, is given.*

**Key words:** automotive industry, automobile, motor vehicles, specialized vehicles, special vehicles, special purpose vehicles, vehicle.

Транспортний засіб спеціального призначення - транспортний засіб, призначений для виконання спеціальних робочих функцій (для аварійного ремонту, автокран, пожежний, автобетономішалка, вишка розвідувальна чи бурова на автомобілі, для транспортування сміття та інших відходів, технічна допомога, автомобіль прибиральний, автомобіль-майстерня, радіологічна майстерня, автомобіль для пересувних телевізійних і звукових станцій тощо) [1].

Автомобілі спеціального призначення (спеціалізовані автомобілі, спеціальні автомобілі) - це транспортні засоби, що виконують нестандартні роботи. До таких автомобілів можна віднести [2]:

- комунальні автомобілі, які виконують різні завдання з ремонту та обслуговування;
- пожежні автомобілі;
- мобільні магазини;
- мобільні офіси;
- автомобілі рятувальних служб і технічної підтримки;
- мобільні ремонтні майстерні;
- автомобілі для перевезення мототранспорту та спортивного обладнання;
- автомобілі для перевезення спорядження для серфінгу та віндсерфінгу;
- мобільні лабораторії тощо.

В Україні існує кілька компаній які спеціалізуються на переобладнанні автомобілів. Додаткове обладнання для автомобілів спеціального призначення дуже різноманітне. Найбільш популярними видами обладнання є фіксатори вантажів, опалювачі, системи водопостачання і кондиціонування, висувні трапи. Спеціальні автомобілі, які виконують не транспортну функцію можуть дообладнатись різним інвентарем залежно від поставленого завдання, в мобільну лабораторію — лабораторні принадлежности, шафи, столи для ремонтних майстерень — пристосування для ремонту, шафи для інструментів та інше обладнання.

Для прикладу наведемо результати діяльності компанії «РЕФОРМ», яка є одним з лідерів виробництва спеціалізованих автомобілів в Україні. За час своєї роботи вони зробили понад 2000 спеціалізованих автомобілів для різних сфер діяльності.

На сайті компанії [3] наведена така класифікація:

**Спецавтомобілі:** мобільні майстерні, аварійно-рятувальні, аварійно-ремонтні, кінологічні, піротехнічні, для радіоактивних відходів, перевезення затриманих, оперативні. До мобільних рішень можна віднести: електролабораторію Nissan, мобільний офіс, мобільну кухню.

*Комерційні автомобілі:* евакуатор, вантажопасажирські, автобуси.

*Автомобілі швидкої допомоги:* санітарні автомобілі, Medicar, Infina, Infina Military, автомобілі для осіб з обмеженими фізичними можливостями.

*Броньовані автомобілі:* санітарний броньований автомобіль на базі Toyota LC79, санітарний броньований автомобіль Reform MLA, інкасаторські автомобілі, автомобілі для гуманітарного розмінування, цивільні броньовані автомобілі, автомобілі для силових відомств, VIP броньовані автомобілі.

На рис. 1 наведено фото спеціального автомобіля САРМ-В який виготовлений для аеропорту та обладнаний високоточними приладами й гаджетами.



Рисунок 1 – Приклад спеціалізованого автомобіля від українського виробника Validus Special Auto - САРМ-В, який виготовляють для безпекових аеропортів [4]

Автомобіль оснащений:

кількома системами радіозв'язку для оперативної роботи пересувного командного пункту;

мобільним інтернетом;

комп'ютером та принтером;

аудіо та відео обладнанням для проведення відеоконференцій;

сигнально-гучномовним пристроєм;

щоглою з ліхтарями для першочергового освітлення місця проведення аварійно-рятувальних операцій.

У кабіні встановлені спеціальні кріплення для засобів індивідуального захисту органів дихання та касок.

Особливістю саме цієї машини є й те, що на її покрівлі встановлено безпроводну відеокамеру із кутом огляду 360 градусів, з можливістю передачі сигналу та управлінням всередині автомобіля.

Отже, розробка та переобладнання на базі вже існуючих автомобілів для створення спеціальних транспортних засобів є доцільними та необхідними кроками, які дозволяють оптимізувати використання ресурсів, підвищувати ефективність та швидкість реагування у складних та надзвичайних ситуаціях.

#### Список використаних джерел

1. ВР України, Закон "Про автомобільний транспорт" від 05.04.2001 N 2344-III.

2. Автомобілі спеціального призначення. Компанія Camper Master. URL: <https://camper-master.com/ua/specializovaniy-transport/>.
3. Спеціалізовані автомобілі. Компанія «РЕФОРМ». URL: <https://www.reform.ua>.
4. Мірошниченко Максим. Український виробник виготовив новий спеціальний автомобіль. URL: <https://startermedia.com.ua/news/spetsialna-tekhnika/2023/07/18/ukrainskyy-vyrobnyk-vyhotovyy-novyy-spetsialnyy-avtomobil/>
5. Кашканов А.А., Ребедайло В.М. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту: конструкція. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 164 с.
6. Гладков Г. І., Петренко А.М. Спеціальні транспортні засоби. Проектування і конструкція. Навчань. для внз М. : ИКЦ: «Академкнига», 2004. 320 с.
7. Форнальчик Є. Ю., Оліскевич М. С., Мاستикаш О. Л., Пельо Р. А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник / За загальною ред. Є. Ю. Форнальчика. Львів: Афіша, 2004 – 492 с.
8. 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.
9. Колеснікова Є.Б., Колесніков В.О. Технологічні тенденції та дизайн в автомобілебудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 190–203.
10. 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.
11. 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.
12. 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. ISBN 978-966-641-950-0.
13. 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. ISBN 978-966-641-950-0.
14. Верецун Андрій, Ануфрієв Владислав, Колесніков Валерій. Деякі переваги та недоліки гібридних автомобілів. 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. 388-390. ISBN 978-617-8016-78-4. <https://doi.org/10.12958/978-617-8016-78-4-2023>.
15. 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.
16. Шуліка С. О., Серіков О. Р., Колесніков В.О. (Наук. кер.) Гібридні автомобілі // Матеріали I всеукраїнської наукової інтернет-конференції студентів та молодих вчених 16 квітня 2020 рік, м. Старобільськ, Україна. С. 100 – 103.
17. Верецун 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. ISBN 978-966-641-929-6.

18. Риб'янець С. Р., Колесніков В. О. Розвиток та впровадження водневих технологій на автомобільному транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 223–226.

19. Мілютін Є. В.; Пронін О. С.; Колесніков В. О. Електрична платформа для майбутніх електромобілів брендів Hyundai, Kia, Genesis та Ionic. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 185–189.

20. Єльбакієв Д. Г., Мілютін Є. В., Колесніков В. О. Системи мульти-зарядки для електромобілів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 88–92.

21. Балицький О.І., Колесніков В.О., Гаврилюк М.Р. Стан розвитку та впровадження водневих технологій. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-прак. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 15–19.

22. Савінова В. В., Стадник О. І., Колесніков В. О. Розвиток і впровадження нанотехнологій в автомобілях. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: V-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., 13–14 квітня 2017 р.: мат. конф. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2017. С. 121 -124.

23. Стадник Л. Д., Колесніков В. О. Сонячні батареї, як допоміжне обладнання для електромобілів. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., 12–13 квітня 2018 р.: мат. конф. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2018. С. 198 -202.

24. Татарінов В.Р., Бердус А.Ю., Кравцов О.В., Колесніков В.О. Сучасні матеріали для автомобілебудування // Матеріали регіональної наук.-практичної конференції професійна освіта на луганщині: теорія та практика 15–17 квітня 2014 року м. Луганськ. - С. 218-223.

25. Сирота В. І., Сахно В. П. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту. Арістей, 2009. 288 с.

26. Спеціалізований рухомий склад. Конспект лекцій для студентів спеціальності 6.070101 “Транспортні технології” денної форми навчання / Уклад. Дзюра В.О., Цьонь О.П., Ю.Я. Вовк – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 140 с.

**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, 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 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, 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 629.331

Колесніков В.О.

## ВОДНЕВІ АВТОМОБІЛІ ТА ВОДНЕВИЙ ТРАНСПОРТ

*Зроблено стислий аналіз розвитку та впровадження водневих технологій на автомобільному транспорті та транспортній галузі.*

**Ключові слова:** *автомобілебудування, автомобіль, водень, водневі технології, водневий автомобільний транспорт, водневий автомобіль, паливо, екологія, майбутнє, електромобіль.*

*A brief analysis of the development and implementation of hydrogen technologies in road transport and the transport industry is made.*

**Key words:** *automotive industry, automobile, hydrogen, hydrogen technology, hydrogen road transport, hydrogen car, fuel, environment, future, electric car.*

Згідно з даними досліджень [1-25], стан розвитку та впровадження водневих технологій на автомобільному транспорті є актуальним питанням. Дослідження підкреслюють необхідність розширення використання водню як альтернативи вуглецевому паливу, що може сприяти сталому розвитку суспільства та зменшенню викидів. Технології, які дозволяють знизити собівартість виробництва водню, такі як електролізери та альтернативи платиновому каталізатору, відіграють важливу роль у цьому процесі. Подальший розвиток водневих технологій, зокрема з використанням зеленого водню, є ключовим напрямком для майбутнього автомобільного транспорту.

Водневі технології на автомобільному транспорті, активно розвиваються в Японії, Німеччині, США, Китаї, Південній Кореї, Франції та в деяких інших країнах. Ці країникладають значні зусилля у розвиток і впровадження водневих технологій з метою зменшення викидів та переходу до більш екологічно чистих видів палива в автомобільній промисловості.

Серед автомобільних гігантів, які активно впроваджують водневі технології, можна виділити: Toyota, Honda, Hyundai, BMW та Mercedes-Benz.

Транспортний засіб на паливних елементах FCV (FCV - fuel cell vehicle) або FCEV (FCEV - fuel cell electric vehicle) електромобіль на паливних елементах — це електромобіль, який використовує паливний елемент, іноді в поєднанні з невеликим акумулятором або суперконденсатором, для живлення свого бортового електродвигуна. Паливні елементи в транспортних засобах виробляють електроенергію, як правило, використовуючи кисень з повітря і стиснений водень. Більшість транспортних засобів на паливних елементах класифікуються як транспортні засоби з нульовим рівнем викидів, які виділяють лише воду і тепло. На відміну від транспортних засобів внутрішнього згорання, водневі транспортні засоби централізують забруднення на місці виробництва водню, де водень зазвичай отримують з реформованого природного газу. Транспортування та зберігання водню також може створювати забруднення. Паливні елементи використовуються в різних видах транспортних засобів, включаючи навантажувачі, особливо в приміщеннях, де їхні чисті викиди важливі для якості повітря, а також у космічній галузі. Також паливні елементи розробляються і випробовуються на вантажівках, автобусах, човнах, кораблях, мотоциклах і велосипедах, серед інших видів транспортних засобів.

Першим дорожнім транспортним засобом на паливних елементах був Chevrolet Electrovan, представлений General Motors у 1966 р. Toyota FCHV та Honda FCX, які почали здаватися в лізинг 2 грудня 2002 р., стали першими у світі сертифікованими урядом комерційними транспортними засобами на паливних елементах. Honda FCX Clarity, який почали здавати в лізинг у 2008 р., став першим у світі транспортним засобом на паливних елементах, розробленим для серійного виробництва. У 2013 році Hyundai Motors розпочала

виробництво Hyundai ix35 FCEV, який був заявлений як перший у світі серійний електромобіль на паливних елементах, який згодом був представлений на ринку лише як лізинговий автомобіль. У 2014 році Toyota розпочала продаж Toyota Mirai, першого у світі спеціалізованого автомобіля на паливних елементах.

На рис. 1 для прикладу наведено фото автомобіля Toyota Mirai, який був вдосконалений у порівнянні з першою моделлю.



Рисунок 1 – Автомобіль Toyota Mirai (2021) [24].

Всі паливні елементи складаються з трьох частин: електроліту, анода і катода. В принципі, водневий паливний елемент функціонує як акумулятор, виробляючи електроенергію, яка може працювати від електродвигуна. Замість того, щоб вимагати «перезарядки», паливний елемент можна заправляти воднем. Існують різні типи паливних елементів: з полімерно-електролітною мембраною (ПЕМ) ((ПЕМ - polymer electrolyte membrane), з прямим метанолом, з фосфорною кислотою, з розплавленим карбонатом, з твердим оксидом, з реформованого метанолу та регенеративні паливні елементи.

Кількість патентних заявок на водневі паливні елементи зросла в 1960-х роках, частково завдяки космічній програмі НАСА (NASA), ще одне зростання у 80-х роках було зумовлене дослідженнями для автомобілів. За цим наступив сплеск заявок з 2000 по 2005 рік, поданих винахідниками з Японії, США та Південній Кореї. Зараз у подачі заявок на патенти в цій галузі домінує Китай, з меншою кількістю Японія, Німеччина, Південна Корея та США. У період з 2016 по 2020 рік щорічна кількість заявок, особливо на транспортні засоби, зросла ще на 23%.

Майже 80% патентів у галузі паливних елементів для транспорту були подані автомобільними компаніями. Наукові кола активно співпрацюють з промисловістю. Хоча переважають заявки, що стосуються дорожніх транспортних засобів, таких як легкові та вантажні автомобілі, зростає кількість винаходів в інших сферах, таких як судноплавство, авіація, залізничний транспорт та інші спеціальні транспортні засоби. Airbus, великий виробник літаків, збільшив свою патентну активність у цій галузі з 2019 року. Кількість патентів на паливні елементи для судноплавства за обсягом можна порівняти з кількістю патентів на паливні елементи для авіації, але темпи їхнього зростання є такими самими низькими, як і в галузі авіації.

У звіті Всесвітньої організації інтелектуальної власності за 2022 рік стверджується, що оскільки важкі транспортні засоби, такі як будівельні машини, навантажувачі та буксири в аеропортах, потребують більшого корисного навантаження, висока енергетична щільність водню може зробити паливні елементи більш вигідним рішенням, ніж застосування акумуляторів.

Таким чином, водневі технології на автомобільному транспорті та транспортній галузі взагалі – продовжують розвиватись та впроваджуватись.

### Список використаних джерел

1. Albatayneh, A.; Juaidi, A.; Jaradat, M.; Manzano-Agugliaro, F. Future of Electric and Hydrogen Cars and Trucks: An Overview. *Energies* 2023, 16, 3230. <https://doi.org/10.3390/en16073230>.
2. Hassan, Q.; Azzawi, I.D.J.; Sameen, A.Z.; Salman, H.M. Hydrogen Fuel Cell Vehicles: Opportunities and Challenges. *Sustainability* 2023, 15, 11501. <https://doi.org/10.3390/su151511501>
3. A. T-Raissi and D. L. Block, "Hydrogen: automotive fuel of the future," in *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 2, no. 6, pp. 40-45, Nov.-Dec. 2004, doi: 10.1109/MPAE.2004.1359020.
4. Шрайбер О.А., Дубровський В.В., Тесленко О.І. Сучасний стан і перспективи розвитку водневої енергетики у світі. *Енергетика*. С. 199 - 209. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.5/30>.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Бувалець М. Ю., Рулевська Т. Ф., Колесніков В. О. Стан впровадження водневих технологій на сучасному транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-та міжн. науково-практичн. конф., 12–13 квітня 2018 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2018. С. 97– 102.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. Бахмут М. І.; Колесніков В. О. Приклади впровадження деяких нових технологій в автомобілебудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: X-та міжн. науково-прак. конф., 14–15 квітня 2022 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 10–13.
13. Балицький О.І., Колесніков В.О., Гаврилюк М.Р. Стан розвитку та впровадження водневих технологій. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-прак. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 15–19.
14. Колесніков Валерій Олександрович. Перспективи використання зеленого водню для різних технічних галузей. Актуальні питання, проблеми та перспективи розвитку науки та освіти: зб. матеріалів I Всеукр. міждисцип. наук.-практ. конф. 27-28 квіт. 2022 р. Полтава: Вид-во ДЗ «Луганський національний університет ім. Т. Шевченка», 2022. С. 211–215.
15. 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. ХІV-та міжн. науково-практичн. конф., 25-27 жовтня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 22–25.

16. Колесніков Валерій. Значення зеленого водню для енергетичної та транспортних галузей. Сучасна наука та освіта: стан, проблеми, перспективи: ІІІ Міжн. науково-практичн. конф., 20-21 березня 2023 року: матеріали. Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. С. 407-408. ISBN 978-617-8016-78-4. <https://doi.org/10.12958/978-617-8016-78-4-2023>.

17. В.О. Колесніков. Впровадження водневих технологій на транспорті та суміжних галузях. ХІV Міжнар. наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 179-181. ISBN 978-966-641-950-0.

18. 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.

19. Савінова В. В., Стадник О. І., Колесніков В. О. Розвиток і впровадження нанотехнологій в автомобілях. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: V-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2017 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2017. С. 121–124.

20. Р.С. Сидоренко, В.А. Ануфрієв, В.О. Колесніков. Нові технології в галузі автомобільного водневого транспорту. ХІV Міжнар. наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 317-319. ISBN 978-966-641-950-0.

21. 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.

22. Шуліка С. О., Серіков О. Р. Гібридні автомобілі. // Матеріали І всеукраїнської наукової інтернет-конференції студентів та молодих вчених 16 квітня 2020 рік, м. Старобільськ, Україна. С. 100 – 103.

23. Шуліка С.О., Серіков О.Р. Застосування нових технологій в гібридних автомобілях Toyota Prius. „Науковий пошук молодих дослідників”. Серія „Технічні науки”. ДЗ „ЛНУ ім. Тараса Шевченка”, 2020 № 4. м. Старобільськ. с. 79 - 87.

24. Fuel cell vehicle. Вікіпедія – вільна енциклопедія. Електроний ресурс. URL: <https://en.wikipedia.org>.

25. Gene D. Berry, Alan D. Pasternak, Glenn D. Rambach, J. Ray Smith, Robert N. Schock, Hydrogen as a future transportation fuel, Energy, Volume 21, Issue 4, 1996, Pages 289-303, ISSN 0360-5442, [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(95\)00104-2](https://doi.org/10.1016/0360-5442(95)00104-2).

**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, 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 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, 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 629.331

Колесніков В.О.

## ЕЛЕКТРОМОБІЛІ – СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ

*В роботі наведено деякі відомості про електромобілі. Наведено статистичні дані про продаж автомобілів у 2022, 2023 роках та намічена тенденція на 2024 рік.*

**Ключові слова:** *автомобілебудування, автомобіль, автомобільний транспорт, спеціалізовані автомобілі, електромобіль, електричний автомобіль, транспортний засіб.*

*The paper provides some information about electric vehicles. It provides statistical data on car sales in 2022, 2023, and outlines the trend for 2024.*

**Key words:** *automotive industry, car, motor vehicles, specialized vehicles, electric car, electric vehicle, vehicle.*

Сучасні тенденції в автомобілебудуванні мають такий вектор розвитку, що збільшується частка електричних автомобілів серед тих, що мають лише двигун внутрішнього згоряння.

Електромобіль — автомобіль, що приводиться в рух одним або декількома електродвигунами з живленням від акумуляторів (BEV) або паливних елементів тощо, а не двигуном внутрішнього згоряння. Електромобіль слід відрізнити від автомобілів із двигуном внутрішнього згоряння та електричною передачею та від тролейбусів. Підвидами електромобіля вважаються електрокар (транспортний засіб для перевезення вантажів на закритих територіях) і електробус (автобус з акумуляторною тягою).

Термін електромобільність (англ. Electro Mobility, E-Mobility) охоплює повністю електричні транспортні засоби, а також гібридні електричні транспортні засоби та автомобілі, які використовують технологію водневих паливних елементів.

Таким чином, деякі водневі автомобілі теж можна віднести до електромобілів.

Наведемо деякі переваги та недоліки електричних автомобілів.

*Переваги електромобілів:*

*Екологічність.* Електромобілі не викидають шкідливих викидів у повітря, сприяючи зменшенню забруднення довкілля.

*Енергоефективність.* Вони ефективніше використовують енергію порівняно з традиційними автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння.

*Зниження залежності від нафтових ресурсів.* Електромобілі допомагають зменшити залежність від нафтових ресурсів та ризику коливань цін на паливо.

*Недоліки електромобілів:*

*Обмежений запас ходу.* Батареї електромобілів мають обмежений запас ходу, що може бути проблемою для подорожей на великі відстані.

*Інфраструктурні обмеження.* Недостатня розвиненість інфраструктури зарядних станцій може ускладнити зарядку електромобілів.

*Вартість.* Електромобілі можуть бути вищою вартістю порівняно з традиційними автомобілями, що ускладнює їх доступність для більшої кількості людей.

Серед останніх новин які стосуються електромобілів можна відзначити такі:.

Tesla відзвітувала про виконання плану продажів — компанія ексцентричного мільярдера Ілона Маска відвантаживши клієнтам 1,8 млн електромобілів (якщо точніше, 1 808 581) протягом 2023 року, що на 38% вище результату 2022 року. Загалом автовиробник виробив на своїх п'ятьох ключових заводах 1 845 985 машин за рік [3].

Група дослідників з Університету науки та технологій Китаю розробила галоген-опосередкований електроліт, який запобігає формуванню дендритів на аноді марганцево-металевих батарей. Технологія допоможе вдосконалити недорогі марганцеві акумулятори, що

дасть їм можливість конкурувати з літій-іонними [4].

Вчені вважають, що марганцево-металеві батареї є гідною заміною літій-іонним, тому що вони мають високу щільність енергії, а витрати на їх виробництво досить низькі. Однак є у них і проблема: досить сильна взаємодія між марганцем і розчинниками, що містять кисень.

Цю проблему і спробували вирішити за допомогою галоген-опосередкованого електроліту. У підсумку, батарея має ефективність розчинення-осадження понад 90% і може стабільно циклічно працювати понад 1000 годин.

Попередні дослідження були зосереджені виключно на водних електролітних системах. І тут вчені не досягли успіху, оскільки аноди марганцю з часом під час розрядження/зарядження акумулятора обростали дендритами. Вони зробили висновок, що слід звертатися до «не водних» систем, які потенційно могли б сприяти осадженню марганцю при збереженні низької поляризації, оскільки осадження марганцю у водних електролітних системах неможливе без великої зовнішньої поляризації.

Розробники також підкреслюють, що кора Землі містить досить велику кількість марганцю. Також цей матеріал, за їхніми словами, теоретично може забезпечити найбільшу потужність завдяки режиму синхронного двоелектронного перенесення електронів і високій щільності. Виробництво акумуляторів на основі марганцю має обійтися набагато дешевше, ніж виробництво літій-іонних батарей, водночас впала б і собівартість зберігання енергії.

Хорватський автовиробник Rimac, відомий завдяки потужним та швидким електричним гіперкарам, цього року готується вийти у новий для себе сегмент. Влітку відбудеться прем'єра безпілотного електричного таксі, над яким компанія працює у рамках проекту Project 3 Mobility [5].

У березні 2023 року світові продажі електромобілів зросли на 28% порівняно з аналогічним періодом попереднього року, до 1,097 млн од., повідомляє Clean Technica [6].

Згідно з даними видання, показник березня став другим найкращим за всю історію після грудня 2022 року. Загалом на електрокари, що заряджаються від мережі, припадає 16% від загального обсягу реєстрацій автомобілів. Причому на чисті акумуляторні електромобілі (BEV) припадає 12% продажів.

Цікаво, що парк гібридів, які не заряджаються від розетки, у березні також поповнився на 1 млн од. Отже, понад 2 млн автомобілів, проданих у березні, або 31% світового ринку, мали певну форму електрифікації.

За підсумками січня-березня частка електрокарів в структурі реєстрацій авто у світі зросла до 13%, зокрема на BEV припадало до 9%.

Популярність чистих електрокарів продовжує зростати. У березні на BEV припадало 72% реєстрацій електромобілів. Для порівняння: на початку року цей показник становив 68%.

Tesla Model Y встановила новий рекорд продажів: у березні було зареєстровано у 145 306 електромобілів цієї моделі, що зробило її бестселером серед усіх авто, в тому числі бензинових та дизельних. Згідно з даними Clean Technica, Model Y змогла обійти такі популярні автівки як Toyota Corolla та RAV4.

Тим часом у сегменті електрокарів Tesla Model 3 зуміла обійти китайських конкурентів від BYD, зокрема популярну модель BYD Song (інформація за 2022, 2023 роки) [6].

Повний фінансовий звіт з усіма подробицями Tesla опублікує 23 квітня 2024 року, тоді й подивимося, наскільки сильно погіршаться ключові фінансові показники — можна пригадати, що Tesla вже почала відчувати на собі наслідки цінової війни [7]. Фактично компанія Ілона Маска вичерпала потенціал подальшого зниження цін в Китаї, і рентабельність продовжує падати.

#### Список використаних джерел

1. Електромобіль. Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. URL: <https://uk.wikipedia.org>.
2. Milad Haghani, Frances Sprei, Khashayar Kazemzadeh, Zahra Shahhoseini, Jamshid Aghaei,

Trends in electric vehicles research, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 123, 2023, 103881, ISSN 1361-9209, <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103881>.

3. Володимир Скрипін. Tesla продала 1,8 млн електромобілів у 2023 році — на 38% більше, ніж у 2022-му. URL: <https://itc.ua/ua/novini/tesla-prodala-1-8-mln-elektromobiliv-u-2023-rotsi-na-38-bilshe-nizh-u-2022-mu/>

4. Ірина Рефагі. Акумулятори сильно подешевшують: у Китаї створили компонент, який може перевернути ринок. URL: <https://focus.ua/uk/digital/637115-akumulyatori-silno-podeshevshayut-u-kitaji-stvorili-komponent-yakiy-mozhe-perevernuti-rinok>.

5. Олексій Коваленко. Rimac анонсував прем'єру безпілотного електромобіля. URL: <https://www.avtomir.ua/news/romac-anonsuvav-premeru-bezpilotnogo-taksi/>

6. Володимир Скрипін. Частка електромобілів зросла до 16% світових продажів авто, Tesla Model Y встановила новий рекорд. URL: <https://www.nefterynok.info/novosti/-chastka-elektromoblv-zrosla-do-16-svtovih-prodajv-avto-tesla-model-y-vstanovila-noviy-rekord>.

7. Володимир Скрипін. Tesla вперше в історії відзвітувала про падіння продажів електромобілів. У BYD обвал майже в 1,5 раза. URL: <https://itc.ua/ua/novini/tesla-sales-of-electric-vehicles-first-drop/>

8. Кашканов А.А., Ребедайло В.М. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту: конструкція. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 164 с.

9. Гладков Г. І., Петренко А.М. Спеціальні транспортні засоби. Проектування і конструкція. Навчань. для внз М. : ИКЦ: «Академкнига», 2004. 320 с.

10. 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.

11. Колеснікова Є.Б., Колесніков В.О. Технологічні тенденції та дизайн в автомобілебудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 190–203.

12. 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.

13. 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.

14. 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. ISBN 978-966-641-950-0.

15. 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. ISBN 978-966-641-950-0.

16. Верецун Андрій, Ануфрієв Владислав, Колесніков Валерій. Деякі переваги та недоліки гібридних автомобілів. 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. 388-390. ISBN 978-617-8016-78-4.

17. 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.

18. Шуліка С. О., Серіков О. Р., Колесніков В.О. (Наук. кер.) Гібридні автомобілі // Матеріали I всеукраїнської наукової інтернет-конференції студентів та молодих вчених 16 квітня 2020 рік, м. Старобільськ, Україна. С. 100 – 103.

19. 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. ISBN 978-966-641-929-6.

20. Риб'янець С. Р., Колесніков В. О. Розвиток та впровадження водневих технологій на автомобільному транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 223–226.

21. Мілютін Є. В.; Пронін О. С.; Колесніков В. О. Електрична платформа для майбутніх електромобілів брендів Hyundai, Kia, Genesis та Ionic. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 185–189.

22. Єльбакієв Д. Г., Мілютін Є. В., Колесніков В. О. Системи мульти-зарядки для електромобілів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 88–92.

23. Балицький О.І., Колесніков В.О., Гаврилюк М.Р. Стан розвитку та впровадження водневих технологій. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-прак. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 15–19.

24. Савінова В. В., Стадник О. І., Колесніков В. О. Розвиток і впровадження нанотехнологій в автомобілях. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: V-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., 13–14 квітня 2017 р.: мат. конф. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2017. С. 121 -124.

25. Татарінов В.Р., Бердус А.Ю., Кравцов О.В., Колесніков В.О. Сучасні матеріали для автомобілебудування // Матеріали регіональної наук.-практичної конференції професійна освіта на луганщині: теорія та практика 15–17 квітня 2014 року м. Луганськ. - С. 218-223.

26. Стадник Л. Д., Колесніков В. О. Сонячні батареї, як допоміжне обладнання для електромобілів. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., 12–13 квітня 2018 р.: мат. конф. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2018. С. 198 -202.

**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, 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, Associate Professor of the Department of Professional Education, Restaurant and Tourism Business, Institute of Technology and Trade, Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Lubny, 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 629.331

Колесніков В.О.

## ПРОМИСЛОВА РЕВОЛЮЦІЯ 4.0 ТА ПРОМИСЛОВА РЕВОЛЮЦІЯ 5.0 – ЗВ'ЯЗОК З АВТОМОБІЛЬНОЮ ГАЛУЗЬЮ

*В роботі наведено деякі відомості про взаємозв'язок та вплив промислових революцій 4.0 та 5.0 на автомобільну галузь.*

**Ключові слова:** *автомобілебудування, автомобіль, транспорт, промислова революція 4.0, промислова революція 5.0, автомобільна галузь інтернет речей, електронна комерція, цифрова шерингова економіка, цифрова шерингова економіка, шерингова економіка, роботаксі, Тесла роботаксі, безпілотний автомобіль.*

*The paper provides some information on the relationship and impact of Industrial Revolutions 4.0 and 5.0 on the automotive industry.*

**Key words:** *automotive industry, automobile, transportation, industrial revolution 4.0, industrial revolution 5.0, automotive industry, Internet of Things, e-commerce, digital sharing economy, digital sharing economy, sharing economy, “Tesla Robotaxi», self-driving car.*

Промислова революція 4.0 і 5.0 - це два різних етапи розвитку промислових процесів. Індустрія 4.0, також відома як Четверта промислова революція, запроваджує автоматизацію та діджиталізацію промислових процесів. Цей етап характеризується взаємозв'язком таких систем, як хмарні обчислення та Інтернет речей (IoT) з використанням даних для підвищення ефективності та прийняття рішень. З іншого боку, Індустрія 5.0 - це нова модель розвитку, яку просуває Європейська комісія, і яка фокусується на співпраці людини та машини у вирішенні завдань, що вимагають креативності, прийняття складних рішень та емоційних навичок. В Індустрії 5.0 людський фактор набуває все більшого значення і позиціонується в центрі виробничого процесу. Автомобільна промисловість зазнала значного впливу як Індустрії 4.0, так і 5.0. Індустрія 4.0 призвела до інтеграції передових технологій, таких як Інтернет речей, штучний інтелект, великі дані та автоматизація, для створення «розумних заводів», які можуть оптимізувати виробничі процеси, підвищити ефективність і знизити витрати. Це призвело до створення нових бізнес-моделей і появи нових галузей, таких як електронна комерція та цифрова шерингова економіка.

На рис. 1 наведено фото одного з підприємств в Малайзії де відбувається виробництво автомобілів.



Рисунок 1 – Приклад автоматизації технологічних процесів під час виробництва автомобілів в Малайзії [3]

Це лише верхівка айсберга масової персоналізації в автомобільній промисловості, яка призведе до появи безлічі нових можливостей для виробників, і постачальників усіх рівнів. Постачальники послуг, пов'язаних з автомобілями, таких як розумні зарядні станції або проекти спільної мобільності, також будуть серед переможців. Поточні очікування амбітні, тому, що автомобільна галузь до 2025 року досягне вартості 3,7 трильйона доларів США.

Автомобільна промисловість зазнала значного впливу як Індустрії 4.0, так і концепції Індустрії 5.0, що розвиваються. Досягнення в галузі автоматизації, робототехніки та діджиталізації революціонізували виробничі процеси, зробивши їх більш ефективними, гнучкими та чутливими до вимог ринку. Такі технології, як штучний інтелект та Інтернет речей, також уможливили розробку підключених та автономних транспортних засобів, прокладаючи шлях до більш безпечних та сталих транспортних рішень. У міру того, як Індустрія 5.0 набирає обертів, ми можемо очікувати на подальшу інтеграцію людської творчості та винахідливості з можливостями машин, що призведе до створення ще більш інноваційних продуктів і процесів в автомобільному секторі.

Очікується, що 8 серпня 2024 року Ілон Макс представить безпілотне таксі («Tesla Robotaxi»), що може також призвести до змін в галузі транспортних перевезень.

Таким чином, переваги Індустрії 4.0 в автомобільній промисловості включають підвищення продуктивності, поліпшення контролю якості, зниження витрат і більшу гнучкість виробничих процесів. Індустрія 5.0, з її акцентом на виробництві, орієнтованому на людину, має потенціал для подальшого вдосконалення автомобільної галузі.

#### Список використаних джерел

1. Raja Santhi, A., Muthuswamy, P. Industry 5.0 or industry 4.0S? Introduction to industry 4.0 and a peek into the prospective industry 5.0 technologies. *Int J Interact Des Manuf* 17, 947–979 (2023). <https://doi.org/10.1007/s12008-023-01217-8>
2. Industry 5.0 vs. Industry 4.0. URL: <https://www.mecalux.com/blog/industry-4-0-vs-industry-5-0>.
3. Meaning Of Industry 4.0 & Its Challenges In Malaysia. URL: <https://www.comparehero.my/technology/articles/what-is-industry-4>
4. Shirish Kulkarni. Industry 5.0 : The Next Industrial Revolution : Is it around the Corner? URL: <https://www.linkedin.com/pulse/industry-50-next-industrial-revolution-around-corner-shirish-kulkarni/>
5. Justyna Matuszak. Is Your Business Ready for Industry 5.0? URL: <https://knowhow.distrelec.com/manufacturing/is-your-business-ready-for-industry-5-0/>
6. Top 5 Industry 4.0 Technologies for the Automotive Sector. URL: <https://www.softeq.com/blog/top-5-industry-4-technologies-for-the-automotive-sector>
7. Elon Musk announces Tesla will unveil a 'robotaxi' on August 8. URL: <https://edition.cnn.com/2024/04/05/business/elon-musk-tesla-robotaxi-august-8/index.html>
8. 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.
9. Колесніков В. О. Індустрія 5.0. як вона вплине на транспортну галузь та енергомашинобудування? Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 172–174.
10. Balitskii, A.I.; Syrotyuk, A.M.; Havrilyuk, M.R.; Balitska, V.O.; Kolesnikov, V.O.; Ivaskevych, L.M. Hydrogen Cooling of Turbo Aggregates and the Problem of Rotor Shafts Materials Degradation Evaluation. *Energies* 2023, 16, 7851. <https://doi.org/10.3390/en16237851>
11. Колесніков В.А. Наноструктурированные стали и сплавы. Часть 1. Общие сведения // Наукові вісті Далівського університету електронний журнал Східноукраїнського

національного університету імені Володимира Даля // Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2011. – № 2 (фахова) Режим доступу: [http://nvdu.snu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/03/2011\\_2\\_10.pdf](http://nvdu.snu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/03/2011_2_10.pdf)

12. Balitskii A., Kolesnikov V., Chmiel J. The influence of microstructure and hydrogen – containing environments on the intensity of cast iron and steel damage by sliding friction. Part 2. The generalized scheme of the steels and grey-iron behaviour during sliding friction // Problemy eksploatacji.- 3 (70)/2008.-s.91-102.

13. Колесников В.А., Балицкий А.И., Погорелов О.А. Классификация частиц износа сталей (по морфологии), образовавшихся в условиях трения качения // Наукові вісті Далівського університету // Електроний журнал СНУ ім. В.Даля, 2011. – № 4. URL: [http://nvdu.snu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/03/2011\\_4\\_18.pdf](http://nvdu.snu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/03/2011_4_18.pdf)

14. Колесніков В. О., Павлова Ю. В. Нові технології підготовки спеціалістів з вищою технічною освітою в галузі автомобільного транспорту // Матеріали VI-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції "Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 12-13 квітня 2018 р., м. Вінниця. - С. 95 - 99.

15. Kolesnikov V.O. Investigation of the wear products of high-nitrogen steel after hydrogenation // Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa XA/2010. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture – OLPAN, 2010, 10A, 271 - 275 p.

16. 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.

17. 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. ISBN 978-966-641-929-6.

18. Аптекарь М.Д., Колесніков В.О., Кузнецов В.В. Аналіз нових досягнень в області обчислювальної хімії і матеріалознавства, як інструменту екологічної безпеки // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 20 квітня 2012 р. м. Краснодар. С. 40 - 42.

19. 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.

20. Прохоров Е., Колесников В.А. Создание новых материалов для машиностроения // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД”. 19 квітня 2013 р., м. Краснодар. С. 365 - 367.

21. Панайотов К.К., Колесников В.А., Подинский Е.С. Алгоритм имитационного моделирования управления обслуживанием технологического маршрута // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 20 квітня 2012 р. м. Краснодар. С. 32 -35.

22. 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.

23. Савінова В. В., Стадник О. І., Колесніков В. О. Розвиток і впровадження нанотехнологій в автомобілях. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: V-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., 13–14 квітня 2017 р.: мат. конф. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2017. С. 121 -124.

24. Alexander Balitskii, Hawrilyuk M., Elias J., Balitska W, Kolesnikow W. Efektywnosc olejow roslinnych jako cieczy smarujaco-chlodzacych w obrobce skrawaniem stali wirnikowych // Obrobka skrawaniem – 9.- Obrobka skrawaniem podstawa rozwoju metrologii / Pod redakcja

Edwarda Miko // IX Szkola Obrobki Skrawaniem, Sandomierz Kielce, 2015. – S. 168-176.

25. Balitskii A., Hawrilyuk M., Elias J., Balitska W., Kolesnikow W. Efektywnosc olejow roslinnych jako cieczy smarujaco-chlodzacych w obrobce skrawaniem stali wirnikowych // Mechanik. – 2015. – N 8-9.–S.722 (168-176).DOI: 10.17814/mechanik.2015.8-9.424.

26. Balicki A., Kubicki J., Kolesnikow W. Podwyzszanie odpornosci na zuzycie scierne stopow Fe–Mn poprzez wprowadzenie wybranych dodatkow stopowych // Inzynieria materialowa.-2003.– № 4. s. 244 – 247.

27. 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.

28. 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.

29. Бувалець М. Ю., Рулевська Т. Ф., Колесніков В. О. Стан впровадження водневих технологій на сучасному транспорті. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., 12–13 квітня 2018 р.: мат. конф. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2018. С. 31 -36.

30. Колеснікова Є.Б., Колесніков В.О. Технологічні тенденції та дизайн в автомобілебудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. наук-практ. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 190–203.

31. Павлова Ю. В., Рулевська Т. Ф., Колесніков В. О. Застосування адитивних технологій в автомобільній галузі . Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: V-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., 13–14 квітня 2017 р.: мат. конф. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2017. С. 97 -102.

32. Бахмут М. І.; Колесніков В. О. Приклади впровадження деяких нових технологій в автомобілебудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: X-та міжн. наук-практичн. конф., 14–15 квітня 2022 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 10–13.

**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, 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 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, 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 629.113

Корпач А.О., Корпач О.А.

## СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛІВ З ЕЛЕКТРИЧНИМ ПРИВОДОМ

*Проаналізовано стан та перспективи автомобілів з електричним приводом та встановлено, що вони з кожним роком стають все більш розповсюдженими, що обумовлено необхідністю зменшення викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище, особливо у великих містах.*

**Ключові слова:** *електромобілі, електричний привод, акумуляторні електромобілі, плагін-гібриди*

*The paper analyses the status and prospects of electric vehicle and establishes that they are becoming more widespread every year. This trend is driven by the necessity to reduce emissions into the environment, especially in large cities.*

**Key words:** *electric vehicles, electric drive, battery electric vehicles, plug-in hybrids*

Постійно зростаюча потреба в перевезеннях вантажів і пасажирів викликає збільшення і інтенсифікацію використання парку автомобільного транспорту. Це призводить до підвищення рівня забруднення навколишнього середовища шкідливими речовинами відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), а також до зростання рівня шуму транспортних потоків на вулицях і магістралях, особливо великих міст.

Одним з можливих напрямків у вирішенні перерахованих проблем є використання, в якості транспортних засобів, автомобілів з електричним приводом (електромобілів).

Електромобілі з кожним роком стають все більш розповсюдженими. Очікується, що ці безшумні, екологічно чисті і високопродуктивні транспортні засоби з 2025 року почнуть масово витісняти автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння, а до 2050 року ДВЗ і зовсім можуть виявитися забороненими в більшості країн.

Зараз глобальний ринок електромобілів переживає новий період активного зростання і розвитку. Розробка нових технологій, збільшення запасу ходу до 400-500 кілометрів на одному заряді, розширення інфраструктури зарядних станцій, мотиви збереження довкілля, випуск більш доступних моделей електричних автомобілів та державна підтримка роблять розвиток цього ринку надзвичайно перспективним.

Протягом останніх років всесвітня спільнота обговорює можливість введення заборони на продаж автомобілів з ДВЗ. Кілька країн вже перейшли від обговорення до конкретних дій. Наприклад, Норвегія активно фінансує субсидії для покупців електромобілів і надає безкоштовний проїзд по платних дорогах власникам таких автомобілів, а з 2025 року взагалі планує заборонити продаж дизельних та бензинових автомобілів [1]. Франція, Німеччина, Нідерланди, Індія і Китай також оголосили про свої наміри ввести подібні заборони. Франція планує це зробити до 2040 року, а інші країни в проміжку між 2030-2040 рр.

На сьогоднішній день кількість електричних автомобілів (EV) на дорогах ще не є досить значною і становить близько 26 млн. одиниць [2]. Проте, за прогнозами [3], до 2036 року кількість електричних автомобілів у світі перевищить 180 мільйонів, що становитиме 15% від загальної кількості автотранспорту. Таке зростання пов'язане зі збільшенням виробництва електричних автомобілів, яке підтримується урядами багатьох країн.

Згідно з статистикою, у 2022 році в світі налічувалось 26 мільйонів електричних автомобілів, що на 60% більше, ніж у 2021 році та у 5 разів у порівнянні з 2018 роком (рис. 1) [2].

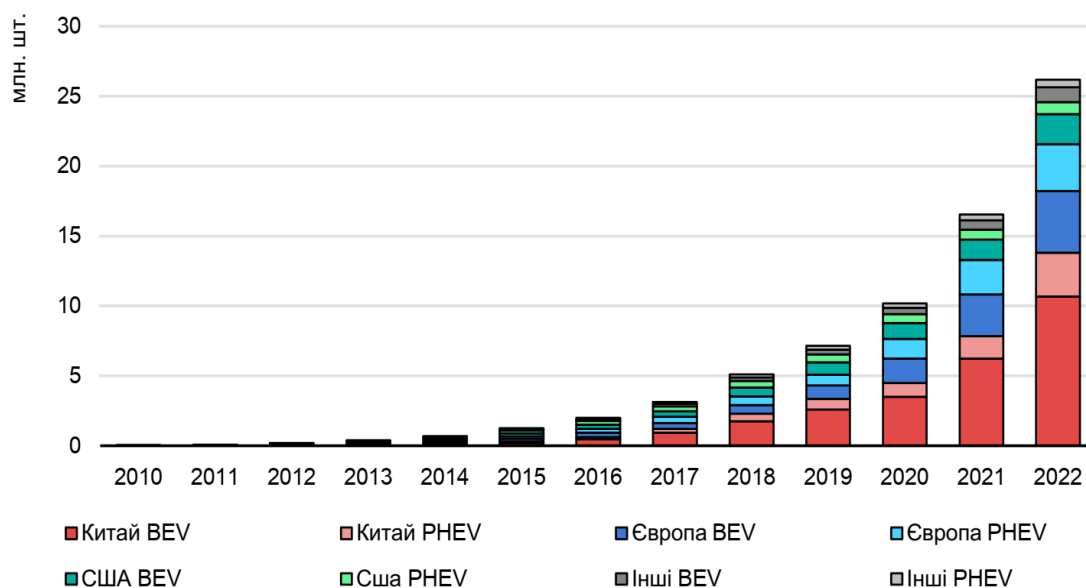


Рисунок 1 – Динаміка парку електромобілів, млн. шт

До електромобілів традиційно відносять акумуляторні (батареїні) електромобілі (BEV – Battery Electric Vehicles), і гібриди, що заряджаються або плагін-гібриди (PHEV - Plug in Hybrid Electric Vehicles). У 2022 році продажі BEV в Китаї зросли на 60% у порівнянні з 2021 роком і становили 4,4 мільйона одиниць, а продажі PHEV майже потроїлися і склали 1,5 мільйона. Швидший ріст продажів PHEV порівняно з BEV вимагає подальшого вивчення у наступні роки, оскільки продажі PHEV залишаються загалом нижчими і можуть наздоганяти післяпандемійний бум тільки зараз. Продажі BEV в Китаї потроїлися з 2020 по 2022 роки після помірного зростання в період 2018-2020 рр. Продажі електричних автомобілів зросли, навіть, коли загальні продажі автомобілів, в цілому, зменшилися на 3% в 2022 році у порівнянні з 2021 роком.

Загалом у 2022 році в світі було продано 10,5 млн. нових легкових електромобілів (рис. 2), що на 55% більше, ніж у 2021 році [3]. Частка електромобілів у продажах легкових автомобілів у світі становила 13%.

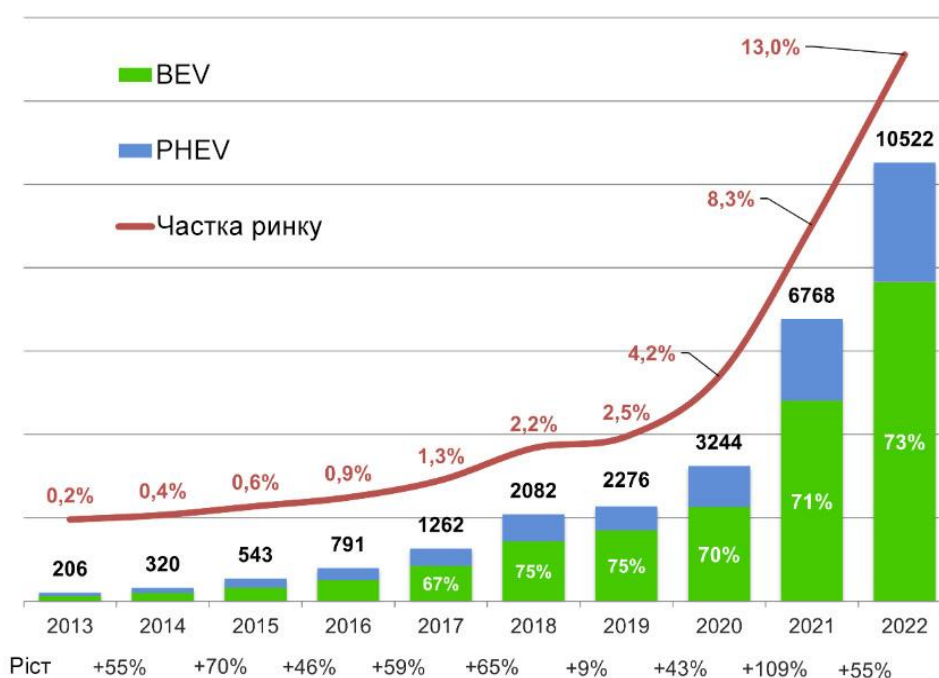


Рисунок 2 – Ринок електромобілів у 2013-2022 р.

Важливо відзначити, що зростання продажів та частки електромобілів відбувається на тлі зниження продажів легкових автомобілів у світі. І це довгострокова тенденція. Глобальні продажі легкових автомобілів у 2022 році склали 81 мільйон одиниць, що на 0,5% нижче, ніж у 2021 році, і на 15% нижче за рівень допандемійного 2019 року.

Частка BEV у продажах зростає. На PHEV припало 27% світових продажів електромобілів у 2022 році у порівнянні з 29% у 2021 році. Очевидним є тренд до більшої електрифікації. Так, продажі автомобілів, які можна заряджати від електричної мережі (10,5 млн), вперше у 2022 році перевищили продаж звичайних гібридів, які не мають можливості зарядки (8,4 млн).

Структура продажів електромобілів у різних регіонах змінюється. Після двох років швидкого зростання продажів у Європі, у 2022 році ринок виріс «всього» на 15% у порівнянні з 2021 роком (рис. 3) [3]. У той же час продажі електромобілів у США та Канаді зросли на 48% у річному обчисленні, незважаючи на падіння продажів легкових автомобілів загалом на 8% у порівнянні з 2021 роком.

Продажі електромобілів у Китаї б'ють рекорди. Вони зросли на 82% у 2022 році. Частка КНР у глобальних продажах електромобілів становила 59%, а у виробництві – 64%.

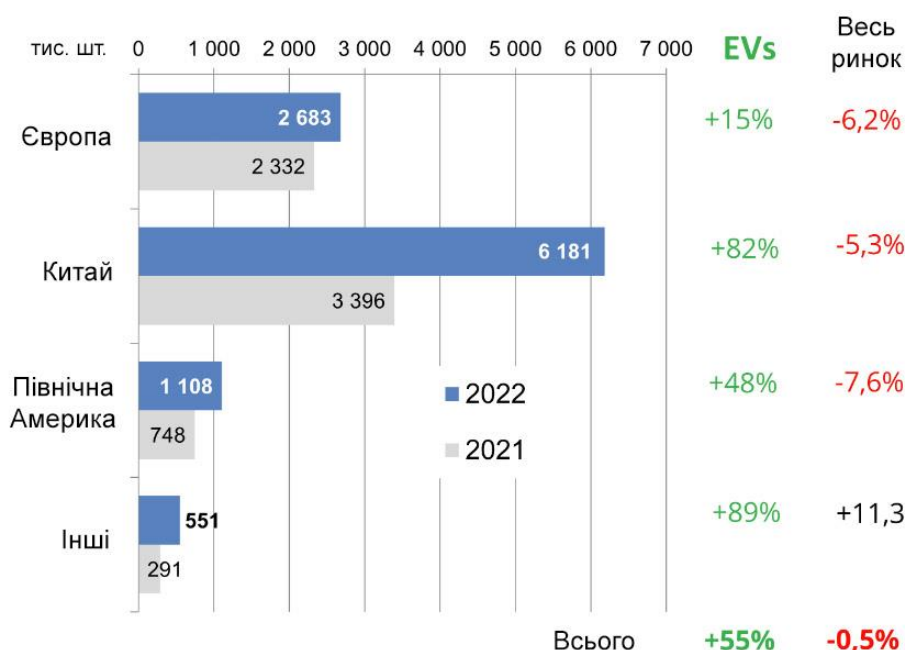


Рисунок 3 – Динаміка продажів електромобілів у різних регіонах світу

Китайська компанія BYD у 2022 р. більш ніж у 3 рази збільшила продажі до 1,85 мільйона одиниць, що зробило її першою у світовому рейтингу продажів електромобілів (якщо враховувати PHEV). У першій половині 2022 року BYD повідомила про припинення виробництва бензинових/дизельних автомобілів.

Якщо рахувати лише акумуляторні електромобілі (BEV), BYD знаходиться на другому місці, а світовий рейтинг, як і раніше, очолює Tesla, яка продала в 2022 році 1,31 мільйона одиниць.

Продажі автомобілів з ДВЗ знизилися на 7%, їхня частка у світових продажах легкових автомобілів склала за підсумками минулого року 76,8 % у порівнянні з 82,2 % у 2021 році.

Згідно з даними у 2023 році продажі електромобілів становив 14,3 млн, що на 36% більше, ніж у 2022 році.

В Україні станом на 2021 р. кількість автомобілів з електричним приводом становила майже 60 тис. шт (рис. 4), серед яких, 27,5 тис. акумуляторних електромобілів BEV і 32,4 тис гібридів (PHEV + HEV) [4].



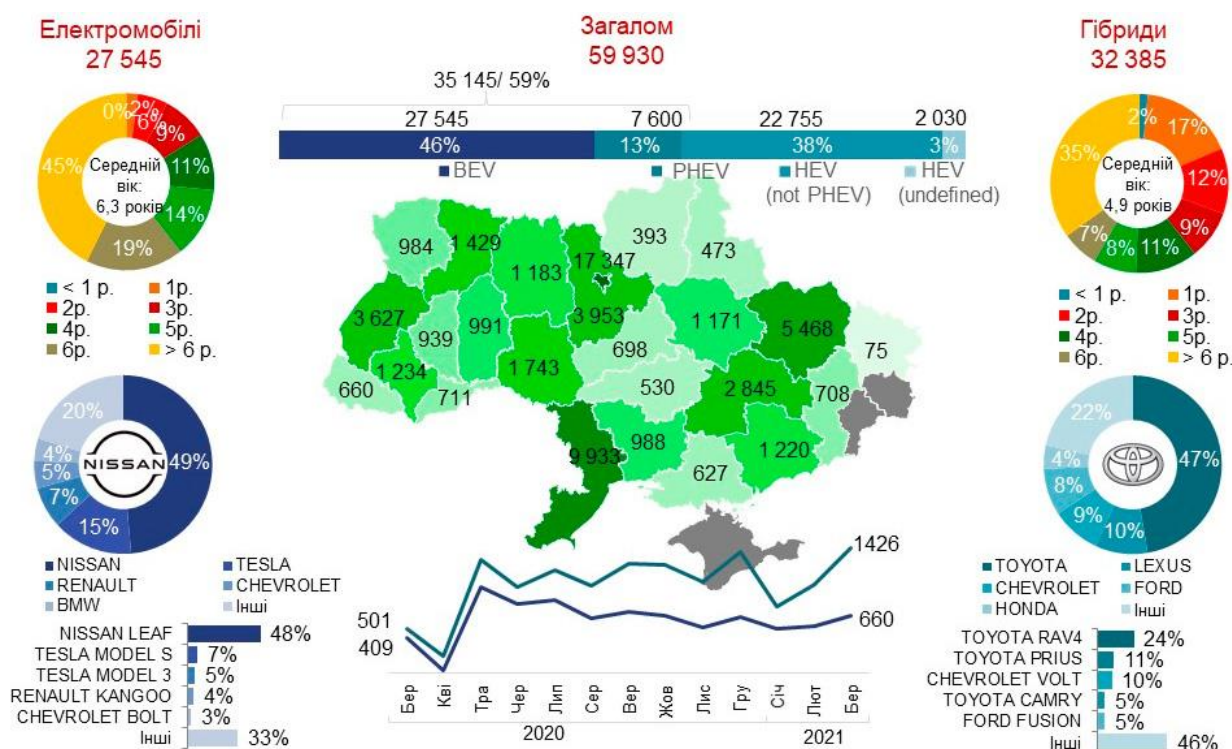


Рисунок 4 – Структура парку автомобілів з електричним приводом в Україні на 2021 р.

В результаті проведених досліджень, проаналізовано стан та перспективи автомобілів з електричним приводом та встановлено, що вони з кожним роком стають все більш розповсюдженими. Це обумовлено необхідністю зменшення викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище, особливо у великих містах. У 2022 році продажі електромобілів досягли 10,5 млн. одиниць, що склало 13% від загальних продажів автомобілів. До 2030 року планується, що половина нових автомобілів буде мати електричний привод.

#### Список використаних джерел

1. Yang A., Liu C., Yang D., Lu C. Electric vehicle adoption in a mature market: A case study of Norway. *Journal of Transport Geography*. 2023. Vol. 106. P. 103489. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103489>
2. Global EV Outlook. Catching Up with Climate Ambitions. IEA: Paris, France. 2023. 142 p.
3. Global EV Sales for 2022. URL : <https://www.ev-volumes.com/>
4. Реєстрації електротранспорту за перший квартал 2021 року. URL : <http://irsgroup.com.ua/reports/reystratsiyi-elektrotransportu-za-pershij-kvartal-2021-roku.html>

**Корпач Анатолій Олександрович** – к.т.н., професор, професор кафедри двигунів і теплотехніки, Національний транспортний університет, м. Київ e-mail: [akorpach@ukr.net](mailto:akorpach@ukr.net)

**Корпач Олексій Анатолійович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м. Київ e-mail: [korpach1988@gmail.com](mailto:korpach1988@gmail.com)

**Korpach Anatolii** – Ph.D. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Engines and Heating Engineering, National Transport University, Kyiv, e-mail: [akorpach@ukr.net](mailto:akorpach@ukr.net)

**Korpach Oleksii** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles, National Transport University, e-mail: [korpach1988@gmail.com](mailto:korpach1988@gmail.com)

УДК 621.434

Корпач А.О., Левківський О.О.

## МЕТОДИКА ПЕРЕВІРКИ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ДВИГУНІВ З БЕЗПОСЕРЕДНІМ ВПОРСКУВАННЯМ БЕНЗИНУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВОГО ОСЦИЛОГРАФА

*Для перевірки компонентів паливної системи двигунів з безпосереднім впорскуванням бензину можливо використовувати цифровий осцилограф.*

*Використання цифрового осцилографа дозволяє швидко визначити ефективність та продуктивність паливного насоса високого тиску а також відповідність робочих параметрів клапана дозування палива та електромагнітних форсунок.*

**Ключові слова:** *двигун, паливна система, цифровий осцилограф.*

*A digital oscilloscope can be used to check the fuel system components of direct injection engines.*

*The use of a digital oscilloscope allows you to quickly determine the efficiency and performance of the high-pressure fuel pump and the compliance of the fuel metering valve and electromagnetic injectors operating parameters.*

**Key words:** *engine, fuel system, digital oscilloscope.*

Керування роботою паливної системи сучасних автомобільних двигунів з іскровим запалюванням виконується за допомогою електронних компонентів. Для створення необхідної потужності, електронна система керування двигуном використовує ряд датчиків та виконавчих механізмів для забезпечення оптимальної подачі палива і повітря та контролює викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами. Визначення технічного стану паливної системи в процесі експлуатації являється складною технічною задачею. Програмним забезпеченням модуля керування двигуном передбачено виконання самодіагностики датчиків та виконавчих механізмів, для цього порівнюються фактично отримані показники з запрограмованими еталонними значеннями, однак модуль керування не завжди може самостійно визначити причини невідповідності отриманих значень, для цього необхідно виконувати більш розширену діагностику. Сучасні цифрові осцилографи, дозволяє зчитати та графічно представити різні вхідні та вихідні сигнали, що генерує та отримує модуль керування двигуном. Виконавши аналіз отриманих осцилограм можливо визначити причини виникнення різних дефекті паливної системи двигуна.

Подача бензину в сучасних автомобільних двигунах з іскровим запалюванням може відбуватись у впускний колектор за допомогою паливної системи Multi-Point Injection (MPI) або безпосередньо в циліндри за допомогою паливної системи Gasoline Direct Injection (GDI). В паливних системах MPI насос, що розміщений в паливному баку нагнітає паливо в рампу під тиском 4-6 Бар. Електромагнітні форсунки з живленням напругою 12В подають паливо у впускний колектор перед впускними клапанами. Паливні системи MPI мають просту будову та забезпечують надійну роботу двигуна на стереометричних сумішах [1]. Методика діагностики паливних систем MPI описана в ряду робіт [2, 3]. В паливній системі GDI за допомогою насоса низького тиску паливо з баку спочатку надходить до паливного насоса високого тиску (ПНВТ), який подає паливо в рампу під тиском до 250 бар. Контроль тиску палива в рампі виконується або зміною об'єму палива яке надходить до ПНВТ (клапан дозування палива знаходиться перед ПНВТ) або повертаючи частину вже стиснутого палива назад на вхід ПНВТ (клапан регулювання тиску палива знаходиться після ПНВТ). З рампи паливо подається в кожен циліндр за допомогою електромагнітних форсунок. Електромагнітні форсунки отримують живлення напругою до 65В від блоку керування двигуном [1].

Даний тип паливної системи в останні роки набув широкого розповсюдження завдяки ряду переваг в порівнянні системами MPI: дозволяє виконувати більш точне дозування палива, забезпечує стабільну роботу двигуна на збіднених паливо-повітряних сумішах, дозволяє більш ефективно керувати наповненням циліндрів за рахунок зміни висоти підйому клапанів, дозволяє ефективно підвищувати тиск надуву та ступінь стисання двигуна. Вищевказані переваги паливних системах GDI дозволяють зменшити витрату палива та знизити викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами. З іншого боку паливні системи GDI мають більш складну будову та алгоритм керування в порівнянні з системами MPI, що в свою чергу ускладнює виявлення та усунення дефектів.

Цифровий осцилограф дозволяє виконати перевірку зміни тиску в паливній рейці при різних режимах роботи двигуна, що дає змогу зробити висновок про продуктивність ПНВТ та герметичність паливного контуру високого тиску. Методика даної перевірки аналогічна перевірці паливної системи Common Rail дизеля [4]. Однак на відміну від дизеля при перевірці даної паливної системи не варто відключати клапан дозування палива оскільки тільки він контролює тиск палива в рейці. При виявленні відхилення тиску в паливній рейці від очікуваного значення варто окремо перевірити сигнал клапана дозування палива.

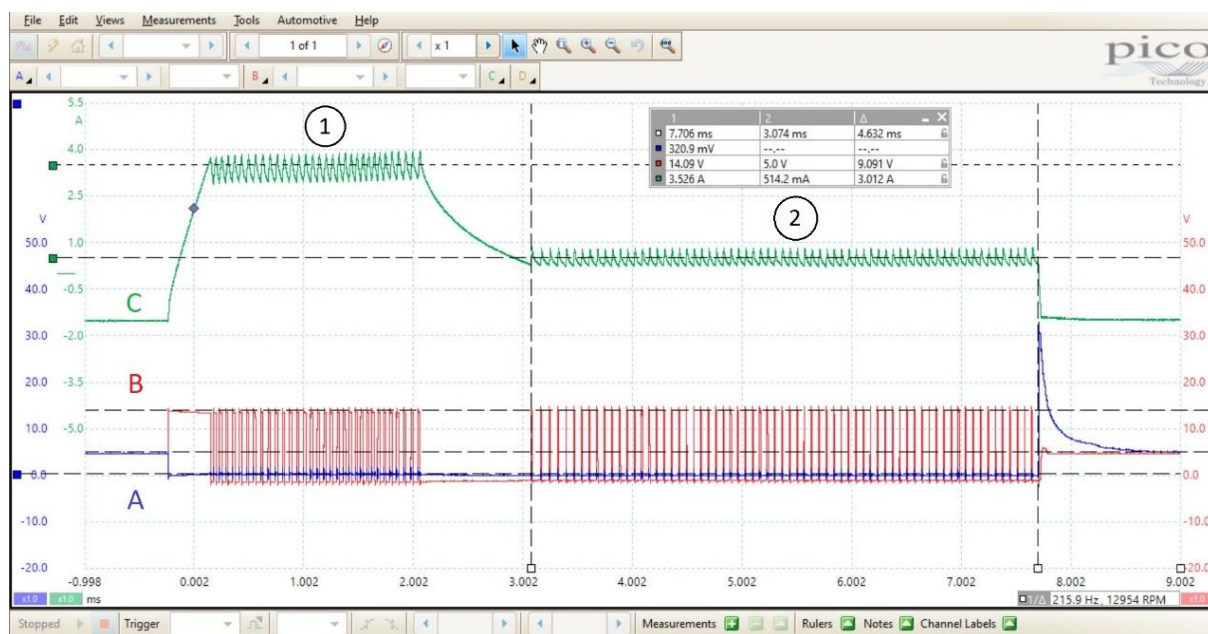


Рисунок 1 – Осцилограма клапана дозування палива

На рис. 1 показано типову осцилограму клапана дозування палива. Залежно від будови електричної системи двигуна можливе живлення клапана дозування палива як від розподільчої коробки, а контроль маси за допомогою сигналу широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) виконує модуль керування двигуном, так і живлення та маса безпосередньо від модуля керування двигуном. Даний клапан активується тільки під час нагнітання палива плунжером ПНВТ, що в залежності від конфігурації кулачка на розподільному валі може відбуватись від 1-го до 4-х разів за один оберт розподільчого валу. При живленні клапана дозування палива безпосередньо від модуля керування двигуном в період коли клапан не задіяно напруга знижується до 5В, а маса відключається. У такому режимі струм не протікає через обмотку клапана а контроль напруги дозволяє безперервно перевіряти цілісність електричного ланцюга клапана. При активації клапана модуль керування за допомогою сигналу ШІМ з амплітудою приблизно 14В подає живлення на клапан та активує масу, у цей момент струм різко підвищується до 3,5А (ділянка 1). Високий струм необхідний для подолання опору зворотної пружини клапана і його руху до повного закриття. Далі модуль керування двигуном на короткий проміжок часу відключає живлення клапана з метою зниження струму приблизно до

0.5А. Цього струму достатньо для утримання клапана в закритому положенні. Ділянка 2 визначає час протягом якого клапан залишається закрити і відбувається нагнітання палива в рампу.

У справного клапана час активації на ділянці 1 має залишатися без змін не залежно від швидкості обертання колінчастого валу та навантаження двигуна. Час утримання клапана закритим на ділянці 2 буде змінюватися зі зміною частоти обертання колінчастого валу та навантаження двигуна. Під час прискоренні двигуна в режимі холостого ходу час утримання клапана на ділянці 2 буде зменшуватись, оскільки зі збільшенням частоти обертання колінчастого валу а отже і розподільчого валу буде підвищуватись кількість робочих циклів ПНВТ та як наслідок зростатиме кількість палива, що нагнітається в рампу. За відсутності навантаження не потрібен високий тиск та значний об'єм палива для підтримання роботи двигуна, тому клапан довший час буде залишатися відкритим. При сталій частоті обертанні колінчастого валу і зростанню навантаження час утримання клапана закритим буде збільшуватись пропорційно до навантаження з метою забезпечення двигуна достатньою кількістю палива і створення необхідного тиску. Струм активації та утримання клапана має залишатись без змін. Підвищений струм може свідчити про збільшений опір під час руху клапана в результаті зношення або забруднення.

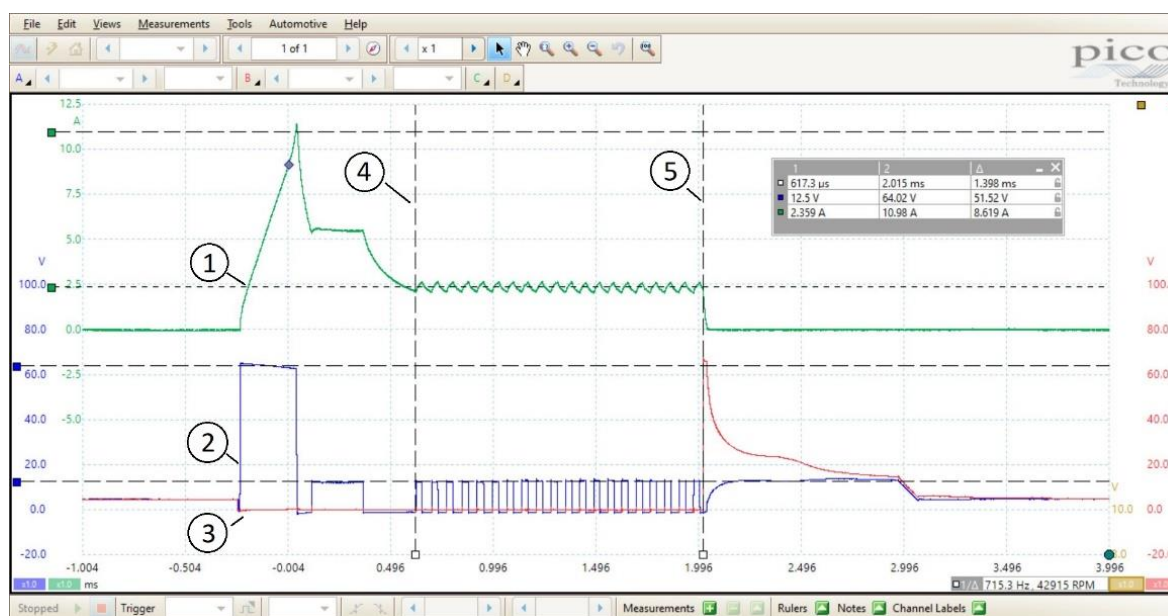


Рисунок 2 – Сигнал електромагнітної паливної форсунки бензинового двигуна

Для перевірки паливних форсунок за допомогою цифрового осцилографа (рис. 2) необхідно використовуючи один канал осцилографа виміряти струм (1) а інші два канали підключити до ліній живлення (2) та маси (3) форсунок. При вимірюванні напруги необхідно враховувати, що робоча напруга електромагнітних форсунка може перевищувати 60В відповідно обладнання, що використовується повинно бути розраховане на роботу з даною напругою. На рисунку 2 показано типову осцилограму форсунки паливної системи GDI при прискоренні двигуна в режимі холостого ходу. При активації форсунки напруга зростає до 65В для швидкого досягнення сили струму в 11А, що необхідна для повного відкриття форсунки. Далі напруга знижується і за допомогою сигналу ШІМ з амплітудою 12В клапан форсунки утримується в відкритому положенні. Продуктивність форсунки визначається часом утримання в відкритому положенні між відрізками (4) і (5). Час утримання всіх форсунок в відкритому положенні має бути приблизно однаковим при сталому режимі роботи двигуна. У випадку погіршення розпилення однією з форсунок, аналіз осцилограми дозволить виявити збільшений час відкриття даної форсунки.

**Висновки.** Використання цифрового осцилографа дозволяє виконати швидко та ефективно перевірку паливної апаратури двигунів з безпосереднім впорскуванням бензину. За результатами діагностики можна визначити продуктивність ПНВТ, перевірити робочі цикли клапанів і паливних форсунок та визначити наявність дефектів, також можливо перевірити герметичність паливної системи високого тиску в цілому.

#### Список використаних джерел

1. Bosch automotive handbook. 11th edition. – Germany: Robert Bosch GmbH, 2022. – 2044 p.
2. G. Stoakes. Automotive oscilloscope wave form analysis. 1st edition. - UK: Graham Stoakes, 2017. – 200 p.
3. T. Denton. Advanced automotive fault diagnosis. 5th edition. - London: Routledge, 2021. – 396 p.
4. Корпач А.О. Використання цифрового осцилографа для перевірки технічного стану паливної апаратури дизеля / А.О. Корпач, О.О. Левківський // Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури: збірка тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2023 – С. 255-258.

**Корпач Анатолій Олександрович** – кандидат технічних наук, професор, професор кафедри двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету.

**Левківський Олександр Олександрович** – кандидат технічних наук, інструктор з технічного навчання, Товариство з обмеженою відповідальністю «Віннер Імпорте Україна, ЛТД».

**Korpach Anatolii** – Ph.D., National Transport University, professor department of engines and heating engineering, National Transport University.

**Levkivskiy Oleksandr** – Ph.D., technical trainer, Limited Liability Company «Winner Imports Ukraine, LTD».

УДК 656.135

Котенко В.І.

## АНАЛІЗ ВАЖЛИВОСТІ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИТРАТУ ПАЛИВА ВАНТАЖНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ У МОДЕЛЯХ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

*Витрати палива транспортними засобами є основною складовою собівартості виконання перевезення. Прогнозування витрат палива забезпечує раціональність та оптимізацію транспортних процесів. Представлено аналіз факторів, що впливають на витрату палива вантажними транспортними засобами та ступінь їх впливу при прогнозуванні моделлю випадкового лісу (RF).*

**Ключові слова:** витрата палива, вантажний транспорт, модель випадкового лісу, аналіз важливості фактора.

*Fuel consumption for vehicles are a major component of transportation expenses. Forecasting fuel consumption ensures rationality and optimization of transport processes. An analysis of factors influencing fuel consumption by cargo vehicles and their impact level in prediction with a Random Forest (RF) model is presented.*

**Key words:** fuel consumption, cargo transportation, random forest model, factor importance analysis.

Витрати палива транспортними засобами є основною складовою собівартості виконання перевезення, а їх частка у процесі транспортування сільськогосподарської продукції складає близько 40 % [1]. Аналіз досліджень показав [1-4], що ефективність використання вантажного автомобільного транспорту у сільському господарстві найбільш суттєво залежить від вантажопідйомності автомобілів та їх витрат пального [1]. Крім того, доцільно вважати, що основним напрямом удосконалення транспортного процесу доставки вантажів є зниження витрат пального транспортними засобами, що здійснюють перевезення.

Дослідження факторів [2], що безпосередньо впливають на основну складову витрат транспортного процесу — витрату палива дозволило виокремити чотири основні групи: фактори, пов'язані з автомобілем, фактори, пов'язані з навколишнім середовищем, фактори, пов'язані з водінням, та фактори, пов'язані з дорожніми умовами. Фактори, пов'язані з транспортним засобом, включають три види: технічний стан двигуна, технічний стан системи приводу та технічний стан системи трансмісії. Фактори, пов'язані з навколишнім середовищем, можна розділити на чотири основні аспекти: середня температура, вологість, вітер та інші погодні умови. Відмінності в продуктивності водіїв щодо споживання палива відображаються як у довгостроковій, так і в короткостроковій перспективі. Довгострокова ефективність буде чітко розділена на довгострокові стилі водіння, довгострокові звички водіння та кваліфікацію водія. Навпаки, короткострокова продуктивність включає стиль водіння, на який впливають погода та період [2]. Фактори, пов'язані з дорожніми умовами, включають особливості стану поверхні проїзної частини та геометрію дороги, такі як кривизна та нахил дороги [3]. Кожен із зазначених факторів може бути використаний для прогнозування моделями машинного навчання.

Перелік факторів для прогнозування питомих витрат палива може варіюватись залежно від існуючих даних або мети дослідження. Проте для підвищення ефективності та забезпечення точності прогнозування при використанні методів машинного навчання доцільним є застосування аналізу впливу факторів на залежну величину. Важливість факторів є одним з етапів побудови моделі машинного навчання, який включає розрахунок оцінки для всіх вхідних змінних моделі для встановлення важливості кожної із них у процесі прийняття

рішень. Висока оцінка для фактора відображає значний вплив на модель у прогнозуванні певної змінної.

Scikit-learn надає вбудований метод визначення важливості факторів для моделей випадкового лісу (RF). Згідно з документацією, цей метод базується на зменшенні чистоти вузла [5]. З використанням бібліотеки Scikit-learn було реалізовано модель випадкового лісу для прогнозування витрат палива транспортними засобами [6, 7]. Після проведеного моделювання проаналізовано важливість факторів, що впливають на прогнозування витрат палива (Рисунок 1). За даними аналізу встановлено, що найбільш істотний вплив на прогнозування питомої витрати палива має обсяг вантажу (*Cargo\_volume*), марка і модель автомобіля у кодованому форматі (*Car\_group\_code*) та відстань (*Distance*). Поряд з цим у моделі використано фактори, що описують погодні умови під час доставки вантажів, серед яких (у порядку спадання важливості): температура, швидкість вітру, атмосферний тиск, напрям вітру, вологість, хмарність та тип погоди за класифікацією ресурсу OpenWeather [8]. Крім того аналіз показав незначний вплив (оцінка становить менше 0,02) вологості повітря, кількості поїздок на день та типу погоди, що можуть бути відкинуті у процесі моделювання з метою підвищення точності прогнозів.

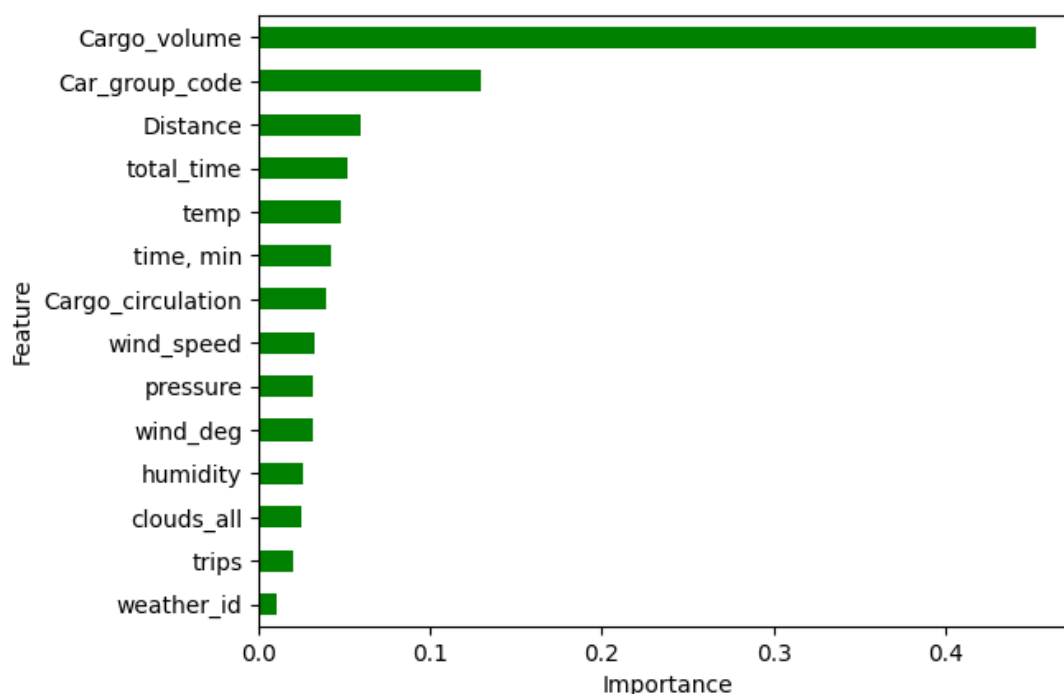


Рисунок 1 – Важливість факторів при прогнозуванні питомих витрат палива моделлю випадкового лісу (RF)

Зважаючи на особливості доставки вантажів та підходи до формування факторів впливу на транспортний процес було проаналізовано фактори, що впливають на ефективність прогнозування питомих витрат палива. Проведений аналіз дозволив сформулювати розуміння особливостей та важливості впливу конкретних факторів на транспортний процес доставки вантажів, що, в свою чергу, дозволяє ефективніше здійснювати його моделювання.

#### Список використаних джерел

1. Придюк В.М. Особливості організації перевезень сільськогосподарських вантажів автомобільним транспортом. Сільськогосподарські машини, Вип. 28, Луцьк: РВВ Луцького НТУ, С. 68-72, 2014.
2. Gong J., Shang J., Li L., Zhang C., He J., Ma J. A Comparative Study on Fuel Consumption

Prediction Methods of Heavy-Duty Diesel Trucks Considering 21 Influencing Factors. *Energies*, 14, 8106, 2021, DOI: 10.3390/en14238106.

3. Парасюк В. М., Демків Р. Я., Когут В. М. Безпека дорожнього руху: навчальний посібник, Львів, Львівський державний університет внутрішніх справ, 340 с., 2022.

4. Бузовський Є. А., Василенко В. Г. Високоєфективне використання транспорту в АПК, Київ: Урожай, 144 с., 1989.

5. Feature importances with a forest of trees [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: [https://scikit-learn.org/stable/auto\\_examples/ensemble/plot\\_forest\\_importances.html](https://scikit-learn.org/stable/auto_examples/ensemble/plot_forest_importances.html)

6. Kotenko, V. Method and Results of the Most Efficient Means of Transport Selection for Executing Orders of the Grain Crops Delivery. In: Prentkovskis, O., Yatskiv (Jackiva), I., Skačkauskas, P., Maruschak, P., Karpenko, M. (eds) *TRANSBALTICA XIII: Transportation Science and Technology. TRANSBALTICA 2022. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure*. Springer, Cham. 2023. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-25863-3\\_58](https://doi.org/10.1007/978-3-031-25863-3_58)

7. Kotenko V., Onyshchuk V., and Stelmashchuk V. Supervised Machine Learning Models for Forecasting Fuel Consumption by Vehicles During the Grain Crops Delivery. *MATEC Web Conf. Volume 390*, 2024.

8. OpenWeather [Електронний ресурс]. Режим доступу до ресурсу: <https://openweathermap.org/>

**Котенко Вікторія Ігорівна** – доктор філософії, доцент кафедри автомобілів та транспортних технологій Луцького національного технічного університету.

**Kotenko Viktoria** – PhD (Eng), Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Technology, Lutsk National Technical University.



УДК 629.113; 681.518

Котов Д.О., Клименко В.В., Марченко В.П., Петрик Ю.М.

## ШЛЯХИ УДОКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ АВТОНОМНОГО РУХУ БЕЗПЛОТНИХ (РОБОТИЗОВАНИХ) ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Розглянуті питання існуючих підходів до розробки бортових інформаційно-керуючих систем сучасних безпілотних (роботизованих) транспортних засобів військового призначення, подібних до Advanced Driver Assistance Systems (ADAS). Обґрунтовано необхідність розробки структурної моделі адаптивної інформаційно-керуючої системи з різносенсорними каналами інформаційної взаємодії, як підсистеми моделі автономного керування, є одним із шляхів удосконалення процесу автономності руху.*

**Ключові слова:** автономний рух, інформаційно-керуюча система, безпілотний транспортний засіб військового призначення, модель, адаптивна інформаційно-керуюча система.

*Issues of existing approaches to the development of on-board information and control systems of modern unmanned (robotic) military vehicles, similar to Advanced Driver Assistance Systems (ADAS), are considered. The need to develop a structural model of adaptive information-control systems with multi-sensory channels of information interaction, as a subsystem of the autonomous control model, is justified, and is one of the ways to improve the process of driving autonomy.*

**Key words:** autonomous movement, information and control system, unmanned military vehicle, model, adaptive information and control system.

**Вступ.** В даний час більшість провідних розробників систем ADAS [1]. використовують комплексний підхід, використовуючи об'єднані дані відразу трьох основних типів датчиків: радарів, лідарів і камер. Це гарантує, що системи ADAS забезпечуються даними у необхідному діапазоні, роздільній здатності та точності. Крім перерахованих вище датчиків, сучасні системи ADAS використовують дані з супутникових навігаційних систем, а високоавтоматизовані та повністю автономні системи також використовують карти високої чіткості, HD Maps.

В частині розробки спеціального програмного забезпечення для автомобілів, обладнаних системами ADAS, велика увага приділяється каналам передачі даних і розробці спеціальних платформ, що забезпечують збір даних для підключених автомобілів.

Для забезпечення коректної роботи системи ADAS використовуються вхідні дані з кількох джерел, включаючи LIDAR, радар, зовнішні камери, системи візуалізації, ультразвук та систему комп'ютерного зору.

Нові системи ADAS також можуть використовувати дані в режимі реального часу із зовнішніх систем автомобіль-транспортний засіб (V2V) або автомобіль-інфраструктура (V2X) (наприклад, мобільний телефон або Wi-Fi). На рис. 1 схематично показано ключові технологічні компоненти сучасних систем типу ADAS [1].

**Результати дослідження.** У системах 4-5 рівнів автоматизації частково реалізуються функції автономного (безпілотного) керування транспортною засобу за умови, що водій здійснює контроль за автономним рухом і, при необхідності, втручається у процес керування транспортним засобом. В системах типу ADAS 6 рівня передбачається реалізація повністю автономного руху у відповідності до стандарту класифікації рівня автоматизації [2].

Будь-який сучасний безпілотний (роботизований) транспортний засіб військового призначення, має у своєму складі елементи інформаційно-керуючої системи (ІКС). Дані елементи ІКС, виконуючі різні завдання, не дозволяють отримати об'єднану інформаційну

картину процесу взаємодії цих транспортних засобів з об'єктами навколишнього середовища, але при цьому у тій чи іншій мірі відповідають рівням автоматизації процесу функціонування цих зразків та за своїм структурним набором підсистем можуть бути віднесені до відповідного класу класифікації систем ADAS за рівнем автоматизації.



Рисунок 1 – Основні типові компоненти систем ADAS

Функціонально ІКС безпілотного (роботизованого) транспортного засобу військового призначення можна розділити на дві частини:

- перша частина відповідає за збір і формування цифрового інформаційного масиву, з метою розробки контрольної дії;
- друга частина функціонально відповідає за вироблення управлінського рішення на виконавчі механізми.

Це твердження можна представити у вигляді функціональної схеми бортової системи керування транспортним засобом (рис. 2) [3-4].

У цій функціональній схемі ключовим структурно-функціональним компонентом є ІКС, яка отримує інформацію від інформаційно-вимірювальних пристроїв з подальшою її обробкою та виробленням управляючої дії.

Як правило, процес обробки інформації, що надходить від інформаційно-вимірювальних приладів, в кінцевому рахунку зводиться до формування, з одного боку, якісної картини об'єктів навколишнього середовища, елементів дорожньої розмітки, дорожніх знаків, дорожньої інфраструктури: об'єкти, споруди, учасники дорожнього руху тощо, а з іншого боку, оцінка параметрів стану автомобіля в цілому, його систем і механізмів зокрема.

Адаптивна інформаційно-керуюча система безпілотного (роботизованого) транспортного засобу військового призначення з багатосенсорними каналами інформаційної взаємодії в загальному випадку повинна забезпечувати вирішення ряду підзадач:

- 1) сприйняття (реєстрація) первинної інформації – вхідний випадковий інформаційний процес;
- 2) формування моделі ситуації на основі первинної візуальної інформації для подальшої обробки (аналогова модель зображення, цифрова модель тощо) [5];
- 3) пошук об'єктів;
- 4) класифікація об'єктів;
- 5) визначення розташування об'єктів у робочій зоні;
- 6) визначення орієнтації предметів у просторі або на площині;
- 7) вимірювання характерних параметрів об'єкта або сукупності об'єктів (кількості об'єктів, геометричних розмірів, площі, кольору тощо) [5].

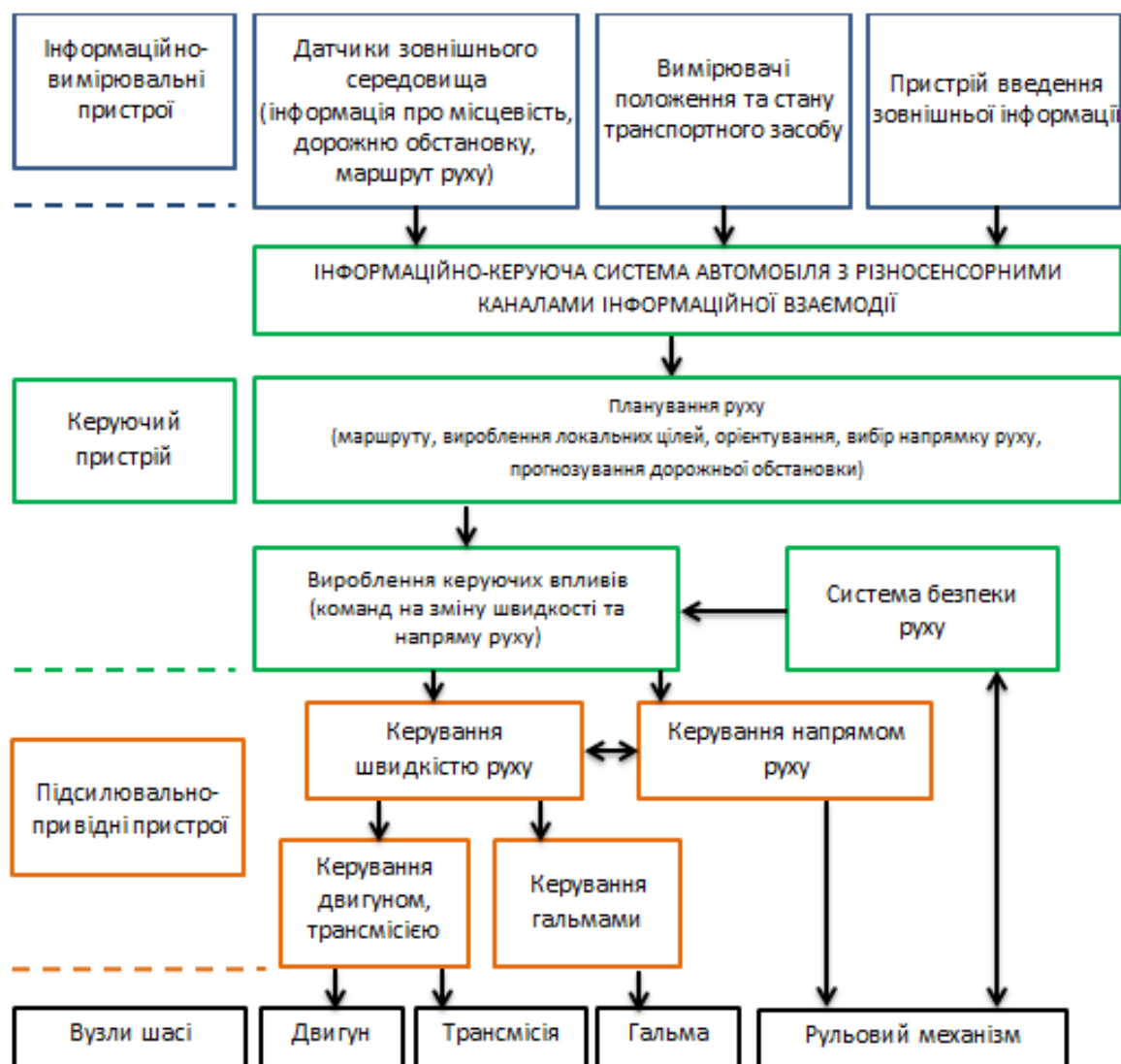


Рисунок 2 – Функціональна схема безпілотного (роботизованого) транспортного засобу військового призначення з бортовою ІКС (варіант)

Таким чином, встановлено, що для вирішення проблеми автономного керування, починаючи з четвертого рівня автоматизації, ключовим проблемним питанням є вирішення завдання стійкого (якісного) функціонування ІКС безпілотного (роботизованого) транспортного засобу військового призначення в умовах апріорної інформаційної невизначеності щодо вхідного випадкового інформаційного процесу або параметрів системи формування вихідного інформаційного процесу. Отже, розробка структурної моделі адаптивної ІКС безпілотного (роботизованого) транспортного засобу військового призначення з різносенсорними каналами інформаційної взаємодії, як підсистеми моделі автономного управління безпілотного (роботизованого) транспортного засобу є одним із шляхів удосконалення процесу автономності руху.

### Список використаних джерел

1. Состояние и перспективы развития рынка авионики и технологий ADAS. Оценка влияния на развитие российского и международного рынка «Автонет» (аналитический отчет, 2019 г.).
2. Thalen J. P. ADAS for the Car of the Future. Interface Concepts for Advanced Driver Assistant Systems in a Sustainable Mobility Concept of 2020. 2006. 68 p.
3. Kotov D.O. A generalized model of an adaptive information-control system of a car with

multi-sensor channels of information interaction. *Applied Aspects of Information Technology*. 2022. Vol. 5 No.1 P. 25–34.

4. Семененко О.М., Котов Д.О., Клименко В.В., Баранов С.М. Шляхи підвищення стійкості інформаційно-керуючої системи наземного роботизованого комплексу з різносенсорними каналами інформаційної взаємодії в умовах впливу дестабілізуючих факторів. *Збірник наукових праць Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України* 2022. №4 (103). Т. С.163-176. Інв. №46716.

5. Визначення та дослідження основних напрямків забезпечення ефективності функціонування інформаційно-керуючих каналів тилового наземного роботизованого комплексу в умовах дестабілізуючих впливів: звіт про НДР (проміжний звіт) Шифр “Бар’єр”/Військова академія; кер. В. Скачков; викон.: В. Чепкій [та ін.]. Одеса, 2017. 134 с.

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

**Клименко Віктор Володимирович** – к.т.н., с.н.с., доцент кафедри автомобільної техніки, Військова академія (м. Одеса), e-mail: viktorklymenko1971@gmail.com

**Марченко Володимир Петрович** – викладач кафедри автомобільної техніки, Військова академія (м. Одеса), e-mail: marchenko2204@ukr.net

**Петрик Юрій Миколайович** – старший викладач кафедри автомобільної техніки, Військова академія (м. Одеса), e-mail: asva.od@ ukr.net

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

**Klymenko Viktor** – Ph.D., Senior Researcher, Associate Professor of the Department of Automotive Engineering, Military Academy (Odesa), e-mail: viktorklymenko1971@gmail.com

**Marchenko Volodymyr** – Teacher of the Department of Automotive Engineering, Military Academy (Odesa), e-mail: marchenko2204@ukr.net

**Petrik Yuriy**– Senior Teacher of the Department of Automotive Engineering, Military Academy (Odesa), e-mail: asva.od@ ukr.net

УДК 629.113 -014.5

Крайник Т.Л., Ковалишин С.М.

## ОСНОВИ 3D – СУМІЩЕННЯ КІНЕМАТИК НЕЗАЛЕЖНОЇ ПІДВІСКИ ТА КЕРМОВОГО ПРИВОДУ АВТОМОБІЛІВ

Кінематики переміщення важелів незалежної підвіски та трапеції кермового приводу відрізняються, що зумовлює необхідність мінімізації відхилення суміщення з умов стійкості та керованості руху.

Представлено загальну структуру кінематичного синтезу кермового приводу та оптимізації суміщення з кінематикою підвіски.

**Ключові слова:** автомобіль, кермовий привід, незалежна підвіска, суміщення кінематик.

*The kinematics of moving the levers of the independent suspension and the steering trapezoid are different, which makes it necessary to minimize the deviation of the combination from the conditions of stability and controllability of the movement.*

*The general structure of the kinematic synthesis of the steering drive and optimization of the combination with the kinematics of the suspension is presented.*

**Key words:** car, steering drive, independent suspension, combining kinematics.

Розвиток комп'ютерних технологій зумовив реалії переходу від ще недавнього кінематичного синтезу кермового приводу та передньої незалежної підвіски у двовірних поздовжній та поперечній площинах до просторового, 3D – синтезу, що дозволяє суттєво покращити просторове суміщення цих систем, а, відповідно стійкість і керованість руху автомобіля [1]. З свого боку і розвиток законодавчої нормативної бази щодо забезпечення безпеки руху зумовлює підвищені вимоги до стійкості та керованості. Окрім обов'язкових при сертифікації нових моделей автомобілів – Правил ЄЕК ООН № 13, де вже є вимога дотримання курсової стійкості підчас екстреного гальмування без прикладання водієм зусиль утримування керма, у 2015 р. в Україні прийнято як національні стандарти ДСТУ 27 стандартів ISO щодо стійкості та керованості різних категорій автомобілів [2].

У процесі проектних робіт в інституті „Укравтобуспром” по вантажівці категорії N1 – ТУР В031 з безкапотною компоновкою та зміщеним за передню вісь силовим агрегатом з умов забезпечення необхідного запасу зчеплення з дорогою коліс задньої ведучої осі виникнула проблема конструктивного синтезу кінематики кермового приводу з нестандартним розміщенням перед керованою віссю з незалежною пружинною підвіскою, рис. 1.

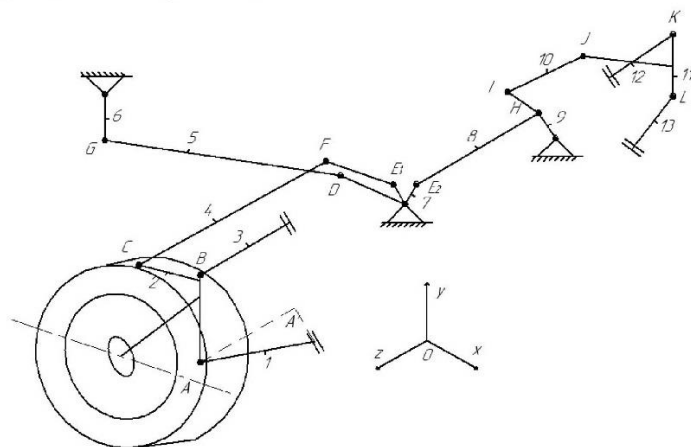


Рисунок 1 – Просторова кінематична схема кермового приводу з передньою трапецією ТУР В031 та незалежною підвіскою на поперечних А-подібних важелях

Відповідно була опрацьована методика поетапного просторового синтезу кінематики кермового приводу з використанням сучасних програмних середовищ комп'ютеризованого моделювання, узагальнена структура чого представлена на рис. 2.

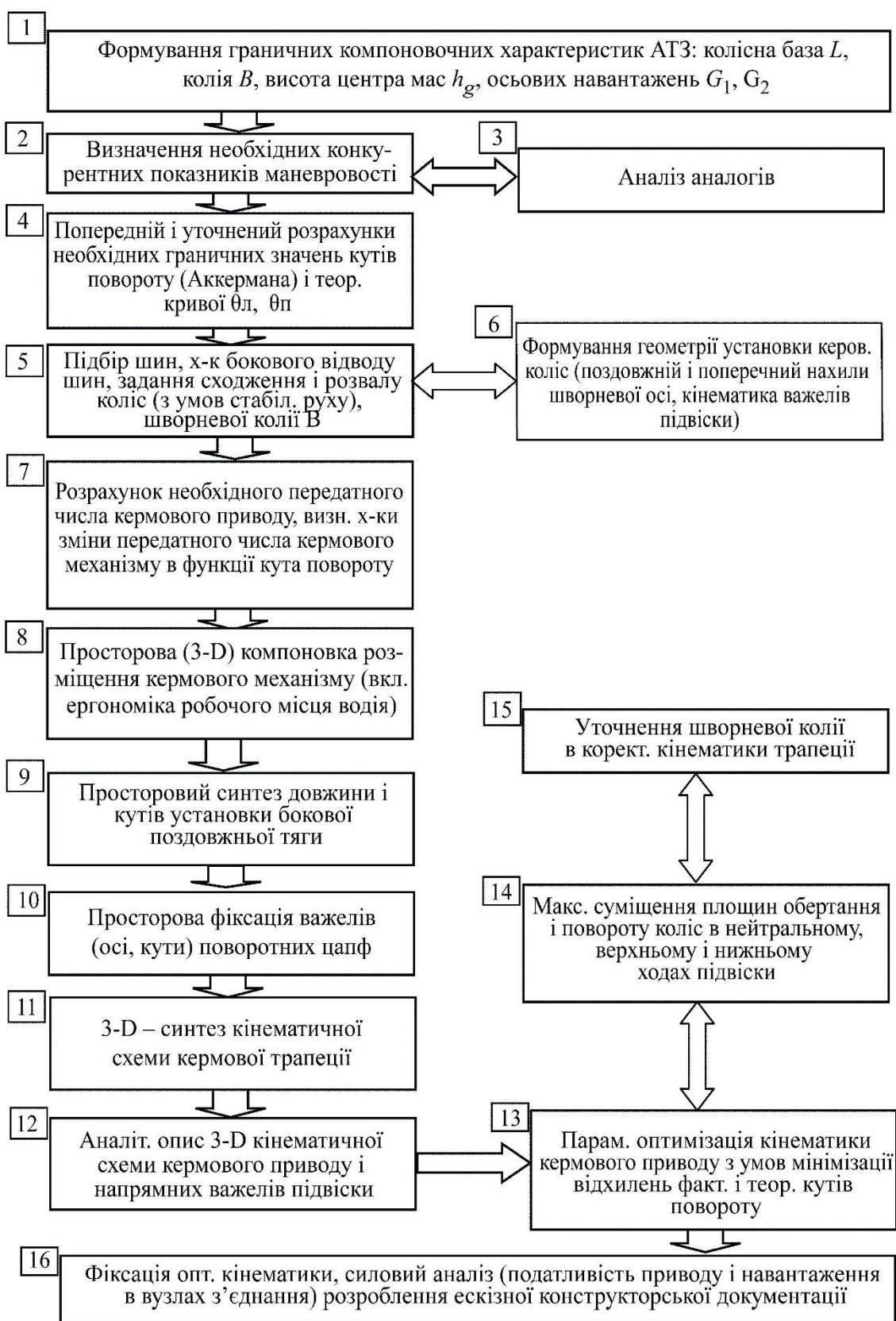


Рисунок 2 – Структура просторового синтезу кінематики кермового приводу та суміщення з підвіскою автомобіля

Реалізація вищевикладеної методики та випробування дослідного зразка ТУР В031 засвідчили ефективність цього підходу, виконання нормативних естів типу „переставка” та „лосиний тест” [3].

Таким чином дані напрацювання засвідчили свою ефективність та були використані і при розробці легких ударних автомобілів – баггі з довгоходовою підвіскою – ТУР KB02 „Мамай”.

#### Список використаних джерел

1. Matschinsky W. Radfuehrungen der Strassenfahrzeuge: Kinematik, Elasto-kinematik und Konstruktion. 3 Aufl., Springer Verlag, Berlin-Heidelberg.-New York. 2007. – 678 S.
2. Крайник Т., Попович В. Нормативна база та формування суміщення кінематик незалежної підвіски та кермового приводу автомобілів / .Проблеми з транспортними потоками і напрями їх розв’язання. Тези доповідей. Національний університет „Львівська політехніка”, 28-30 березня 2019 року. – С. 61-62.
3. Крайник Т.Л. Дорожні випробування та оцінка відповідності кермового управління малотоннажної вантажівки/ Вісник СевНТУ, збірник наукових праць. Вип.. 142. 2013. – С.120-122

**Крайник Тарас Любомирович** – аспірант кафедри автомобілів і тракторів факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій Львівського національного університету природокористування.

**Ковалишин Степан Михайлович** – кандидат технічних наук, професор кафедри автомобілів і тракторів факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій Львівського національного університету природокористування.

**Taras Kraynyk** – postgraduate of the Department of Automobiles and Tractors, Faculty of Mechanic, Energy and and Information Technology, Lviv National Environmental University

**Kovalyshyn Stepan** – candidate of technical sciences, professor of the Department of Automobiles and Tractors, Faculty of Mechanic, Energy and Information Technology, Lviv National Enviromental University

УДК 656.051

Крамський С.О.

## АНАЛІЗ ВОЄННОГО ВПЛИВУ ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ВНУТРІШНЬОГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ У ПОВОЄННИЙ ЧАС

*Забезпечення розвитку для бізнес-середовища щодо інвестиційних можливостей в річкові порти та термінали, які діють, або можуть діяти як логістичний транспортний хаб під час воєнного стану та у повоєнний час. Залучення міжнародної допомоги та інвестицій у припортову інфраструктуру та розвиток портів і терміналів уздовж річок Дніпро, Дунай та відновлення внутрішнього водного транспорту України.*

**Ключові слова:** судноплавство, внутрішній водний транспорт, внутрішні водні шляхи, порти.

*Providing development for the business environment regarding investment opportunities in river ports and terminals that operate or can operate as logistics transport hubs during martial law and post-war times. Attracting international aid and investment in port infrastructure and development of ports and terminals along the Dnipro and Danube rivers and restoration of Ukraine's inland water transport.*

**Key words:** shipping, inland water transport, inland waterways, ports.

На сьогодні під час військових дій на акваторії внутрішнього водного транспорту, саме річкове судноплавство стає актуальним і ризикованим в Україні. Внутрішній водний транспорт вже в найближчій перспективі повинен скласти серйозну конкуренцію залізничному та автомобільному транспорту, значно підтримати транспортні потреби виробництва та сільського господарства.

Проблемою залишається недосконала логістика перевезень вантажів під час військового періоду маршрутами перевезень ВВШ, більшість вантажів йдуть на експорт та внутрішні перевезення, на які припадає більше 90% всього обсягу вантажообігу. Значний потенціал є у перевезенні мінеральних добрив та контейнерів. Навігаційний період на Дніпрі в середньому складає 9-10 місяців на рік, але згідно Закону України «Про внутрішній водний транспорт», планується цілорічна навігація з урахуванням погодних умов та закриття окремих шлюзів на час капітального ремонту, в умовах військового впливу. За останні роки ВВШ України за показником гарантованих глибин неповністю відповідають вимогам щодо безпеки судноплавства [1].

Основною метою розвитку внутрішнього водного транспорту України є створення конкурентоспроможного, безпечного і привабливого для бізнес-середовища внутрішнього водного транспорту, що задовольняє потреби ринку вантажоперевезень.

Викладення основного матеріалу. За даними державного підприємства «Класифікаційне товариство Регістр судноплавства України», в країні зареєстровано більше 1 000 плавзасобів внутрішнього плавання та змішаного плавання, що придатні для роботи на ВВШ, проте більшість цього флоту є застарілим (середній вік більше 30 років). Обмежена кількість одиниць сучасного флоту є одним із ускладнень подальшого розвитку. Перевезення вантажів здійснюється баржо-буксирними зчіпками або суднами типу «ріка-море». Головними інфраструктурними «вузькими місцями» на річці Дніпро, які стримують інтенсивне використання потенціалу для судноплавства і переорієнтації вантажопотоку з автодоріг на внутрішній водний транспорт, є судноплавні шлюзи, а саме – їх технічний фізично і морально застарілий стан [3]. Слід створити в сфері управління Мінінфраструктури єдине підприємство по обслуговуванню ВВШ, яке б мало належне стабільне фінансування та забезпечувало комплексне ефективне використання державних об'єктів стратегічної інфраструктури (шлюзове господарство, річкові гідротехнічні споруди, технічний флот, навігаційні засоби,



інструменти річкової інформаційної служби тощо), поповнення буксирного флоту для стабільної роботи на шлюзах та розвиток сучасної навігації; забезпечити створення та ефективне використання навчальної та учбово-тренажерної бази для підготовки висококваліфікованого персоналу внутрішній водний транспорт, яка відповідатиме європейським стандартам. Основними завданнями реалізації даної стратегії є: розробка плану прибережних зон річки Дніпро та інших ВВШ, що є основою для забезпечення достатньої кількості прибережних територій (існуючих чи нових) для розвитку інтермодальних хабів. Зазначений бізнес-план розробляється з урахуванням прогнозів щодо вантажопотоків, інвестування, основних напрямів та джерел фінансування, планів розвитку національної транспортної системи України [2].

Будівництво та розвиток сталої та достатньої інфраструктури ВВШ, зокрема ефективного шлюзового господарства на річці Дніпро та інших стратегічних об'єктів інфраструктури ВВШ з підтриманням гарантованих габаритів суднового ходу та необхідних засобів навігації, завдяки своєчасному технічному обслуговуванню, ремонту та використанню гідрографічного/днопоглиблювального обладнання, сучасної річкової інформаційної служби (з урахуванням вимог європейських регламентів та директив, яка інтегрована з РІС країн Європейського Союзу) та приймальних споруд для суднових відходів. Забезпечення спрощення умов для швидкої та безперебійної роботи логістичної системи (створення баз даних про судна, персонал, стратегічні об'єкти інфраструктури ВВШ; декларування судна та вантажу; здійснення інспектування, тощо) [4].

Отже, прогнозування повоєнного розвитку ринку річкових перевезень, коли торговельний бізнес має великий вибір перевізників, портів та терміналів для переміщення вантажів для малих (посилки, LCL), контейнерних та великогабаритних вантажів: оперування на річці не менше як 10 компаній до 2026 року. Таким чином, досягнення до 2030 року показника з будівництва 30 одиниць на рік сучасного та екологічно чистого флоту, що відповідає стандартам ЄС (має мінімальні викиди за рахунок застосування прогресивних технологій, сучасні очисні системи на судах).

#### Список використаних джерел

1. Guo, X., Chmutova, I., Kryvobok, K., Lozova, T. The race for global leadership and its risks for world instability: Technologies of controlling and mitigation. *Research Journal in Advanced Humanities*, 2024. 5(1). P.178-191. <https://doi.org/10.58256/5wzf9y48>
2. Ільченко С.В. Організаційно-економічні механізми розвитку бізнес-середовища на підприємствах морського функціонування у повоєнний період. “Бізнес-навігатор”. Херсон: 2024. 1(74). С. 168-173.
3. Захарченко О.В. Організаційна модель управління етапами реалізації програм інфраструктурних проєктів. “Управління розвитком складних систем”. Київ: КНУБА. 2022. 4(52). С.28-34.
4. Kramskyi S.O. Current trends and problems of the Ukrainian market of eggs & egg products in the conditions of uncertainty. *Economic Innovations*. Odessa: IMEER of NASU, 2022. 2(83). P.100-109.

**Крамський Сергій Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри публічного управління та менеджменту Одеського державного екологічного університету, науковий співробітник відділу ринку транспортних послуг ДУ «ІРЕЕД НАНУ», м. Одеса. E-mail: kramskojs4@gmail.com

**Kramskyi Serhii** – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the Department of Public Administration and Management of Odessa State Environmental University, researcher of the transport services market department of SO “IMEER NASU”, Odessa E-mail: kramskojs4@gmail.com

УДК 621.822

Красота М.В., Шепеленко І.В., Осін Р.А., Скоболев А.М.

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ПІДШИПНИКІВ МАТОЧИН АВТОМОБІЛІВ

*Розглянуто особливості функціонування та причини виходу з ладу підшипників маточин ходової частини автомобілів. Проаналізовано можливі методи діагностування підшипників, запропоновано використовувати метод діагностування, що базується на віброакустичних принципах отримання інформації про стан трибосполучення.*

**Ключові слова:** *автомобіль, діагностування, підшипник маточини, дефект підшипника*

*The features of functioning and causes of failure of wheel hub bearings of the vehicle's running gear have been considered. Possible methods of bearing diagnostics have been analyzed, and it is proposed to use a diagnostic method based on vibroacoustic principles of obtaining information about the state of the friction surfaces.*

**Key words:** *car, diagnostics, hub bearing, bearing defect*

**Постановка проблеми.** У більшості колісних транспортних засобів колеса утримуються маточиною, яка спирається на вісь через спеціальні підшипники.

Підшипники кочення маточин служать як опори і фіксують положення маточини на автомобілі. У поняття підшипників кочення входять як кулькові, і роликові підшипники.

Несправність підшипників кочення може бути виявлена до їхнього виходу з ладу [1].

Багаторічний досвід показує, що лише трохи менше ніж 10% підшипників допрацьовує до закінчення проектного терміну служби. Близько 40% відмов пов'язані з недостатнім мастилом і близько 30% викликано неправильної установкою, тобто неспіввісністю або перекосом під час монтажу. Близько 20% посідає інші причини: навантаження, дефекти виготовлення тощо [1].

Однак, навіть при ідеальному виготовленні, складанні тощо несправності можуть відбуватися також унаслідок втоми матеріалів.

Тому, діагностика стану підшипників під час роботи та планування їх технічного обслуговування набуває все більшого значення.

**Результати дослідження.** Підшипник маточини (маточинний підшипник) являє собою деталь ходової частини автомобіля (зокрема підвіски коліс), що застосовується в колісних транспортних засобах; являє собою підшипник кочення різних конструкцій, який виконує функцію з'єднання, центрування та зменшення опору обертання маточини колеса на поворотному кулаку.

Маточинний підшипник призначений для виконання декількох функцій:

- надає можливість обертання маточини колеса на осі (цапфі) при цьому зменшує величину сил тертя;

- утворення міцного механічного з'єднання маточини колеса з віссю (цапфою) або віссю поворотного кулака;

- здійснення центрування маточини на осі цапфи;

- виконання розподілу поздовжніх та поперечних сил і моментів, що сприймаються від колеса через маточину на цапфу та підвіску автомобіля, а також у зворотному напрямку;

- виконання розвантаження півосей ведучого мосту — колесо кріпиться не на самій півосі, а тримається на поворотному кулаку, цапфі чи балці моста.

Маточинні підшипники застосовуються для монтажу маточин всіх коліс легкових та вантажних транспортних засобів, зокрема автобусів, тракторів та інших машин, для утримання керованих коліс тракторів невеликих тягових класів (як правило в цих тракторах задні колеса

жорстко встановлюються на півосях), а також використовуються у мотор-колесах автомобілів з електромеханічною трансмісією.

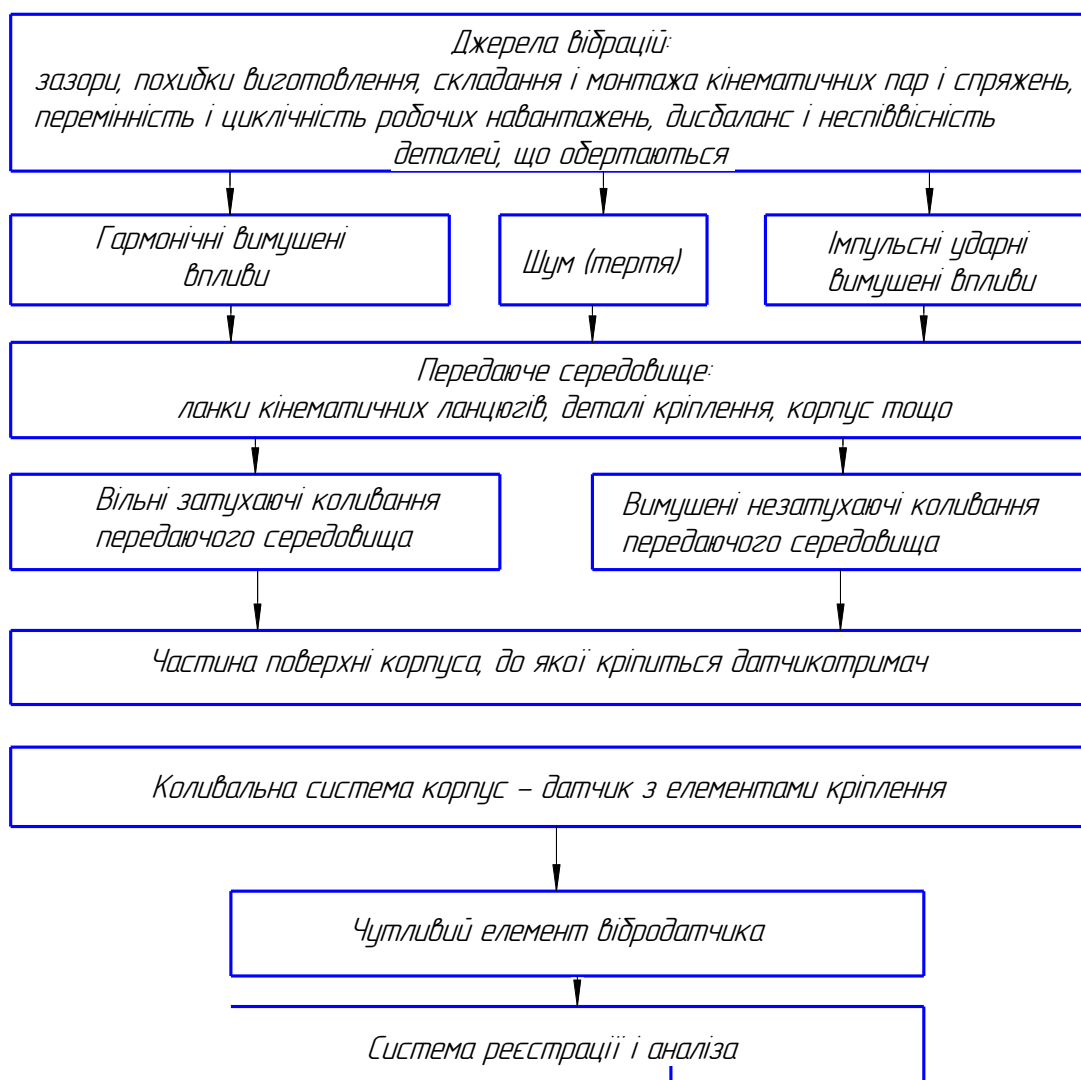


Рисунок 1 – Алгоритм формування та аналізу вібросигналів.

Підшипник маточини має першорядне значення для ходової частини транспортного засобу, тому при будь-яких несправностях він підлягає заміні. Але перш, ніж купувати підшипник, необхідно розібратися в його типах, конструкції та особливостях.

До методів діагностування підшипників маточин можливо віднести наступні:

- тепловий метод, що полягає у визначенні параметрів, що характеризують кількість теплоти, яка виділяється в результаті протікання роботи сил тертя при певних швидкісному й навантажувальному режимах. Діагностичними параметрами можуть бути температура нагрівання, швидкість її зміни. Метод на даний момент широкого застосування на автомобільному транспорті поки не знайшов;

- віброакустичний метод, що полягає у вимірюванні параметрів коливальних процесів. Метод заснований на вимірюванні параметрів віброакустичних сигналів, одержуваних при роботі підшипникових вузлів;

- електричний метод, що заснований на вимірюванні електричних параметрів. Електричні методи призначені для оцінки зносу контактуючих поверхонь по об'єму продуктів зносу в мастильному матеріалі; вимірювання електричного опору або електричної провідності мастильного матеріалу; оцінки забруднення мастил домішками [3, 4]; визначення параметрів багатокомпонентних матеріалів [5, 6]. Даний метод досить складно реалізувати на практиці

для автомобільних маточинних підшипників.

Механізм формування віброакустичного сигналу та алгоритм аналізу його параметрів може бути представлений блок-схемою (рис. 1).

З погляду точності виміру, інформативності, простоти й швидкості діагностування підшипників маточин, найбільш перспективними, представляються діагностичні методи, засновані на використанні вібраційних датчиків, установлених на досліджуваних деталях підвіски й ходової частини.

Їх переміщення приводить до появи вібрації в них, що приводить до утворення електричного сигналу, який можна перетворити з наступним аналізом параметрів вібрацій та наданням висновку про технічний стан підшипникового вузла.

Такі способи діагностування в умовах автосервісних підприємств найбільше ефективно застосовувати разом з роликowymi гальмівними стендами, що дозволяють створити імітацію руху коліс автомобіля по дорожньому полотну [7].

Тривалість ударного імпульсу становить приблизно кілька мікросекунд. Спектр імпульсів містить високочастотні складові. Однак, елементи підшипника обертаються пропорційно швидкості обертання валу (внутрішнього кільця (обойми)) і відбувається нелінійна взаємодія ударного імпульсу з елементами, що обертаються. В результаті спектр ударного імпульсу модулюється низькочастотним сигналом елементів, що обертаються. Тому, віброакустичний сигнал присутній у широкому діапазоні частот починаючи від одиниць герц і до десятків і сотень кілогерц.

**Висновки.** Зважаючи на проведений аналіз особливостей функціонування підшипників маточин ходової частини автомобілів, а також можливих існуючих методів діагностування підшипникових вузлів, вважаємо за актуальне розробку перспективного методу діагностування, що базується на віброакустичних принципах отримання інформації про стан трибо сполучення, а також засобів та технологій діагностування.

#### Список використаних джерел

1. Равлюк В.Г. Вібродіагностика та методи діагностування підшипників кочення буксових вузлів вагонів [Текст] / В.Г. Равлюк // Зб. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк, 2010. - Вип. 21. –258 с.
2. Передерій В.С. Вібродіагностика підшипників кочення // Теорія і практика актуальних наукових досліджень. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції (м. Одеса, 28-29 квітня 2018 року). – Херсон: Видавництво «Молодий вчений», 2018. – С. 161–163.
3. Борисюк Д. В., Твердохліб І. В., Полевода Ю. А. Особливості вібродіагностики низькооборотних підшипників кочення. Вібрації в техніці та технологіях. № 4 (72) - Вінницький національний аграрний університет 2013. С. 56-60.
4. Огневий В.О., Драговенко В.В. Аналіз методів діагностування підшипникових вузлів генераторів автомобілів та області їх застосування// Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ (Вінниця, 27-28 квітня 2020 р.) – Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 71-74.
5. Shabaueh, N. H. Dynamic analysis of rotor- shaft systems with viscoelastically supported bearing / N. H. Shabaneh. Zu W. Jean // Mech. and Mach. Theory. 2000. - Vol.35, № 9. - P. 1313-1330.
6. R. Burdzik, Monitoring system of vibration propagation in vehicles and method of analysing vibration modes, J. Mikulski (ed.), TST 2012, CCIS 329, Springer, Heidelberg, 406-413.
7. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів : навч. посіб. / М. В. Красота, Ю. В. Кулешков, С. О. Магопечь [та ін.] ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - 208 с.

**Красота Михайло Віталійович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет,

e-mail: [krasotamv@ukr.net](mailto: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](mailto:kntucpfzk@gmail.com)

**Осін Руслан Анатолійович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, e-mail: [ruslan\\_osin@ukr.net](mailto:ruslan_osin@ukr.net)

**Скобелев Андрій Михайлович** – здобувач вищої освіти кафедри експлуатації та ремонту машин, Центральноукраїнський національний технічний університет, e-mail: [ruslan\\_osin@ukr.net](mailto:ruslan_osin@ukr.net)

**Mykhailo Krasota** – 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](mailto: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](mailto:kntucpfzk@gmail.com)

**Ruslan Osin** – 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](mailto:ruslan_osin@ukr.net)

**Andriy Skobolev** – student of the Department of Operation and Repair of Machines, Central Ukrainian National Technical University, e-mail: [ruslan\\_osin@ukr.net](mailto:ruslan_osin@ukr.net)

УДК 629.113

Кужель В.П., Буда А.Г.

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АЕРОДИНАМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СУЧАСНИХ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

Від аеродинаміки автомобіля залежить витрати палива, швидкісні характеристики, стійкість на дорозі. Перед інженерами-конструкторами стоїть задача: наблизити форму кузова до краплеподібної, що забезпечує суттєве зниження опору повітряного кузова.

Наводиться аналіз топ моделей за показником коефіцієнта аеродинамічного опору  $C_x$  сучасних легкових автомобілів з найнижчими значеннями.

**Ключові слова:** обтічність кузова, краплеподібна форма кузова, потоки повітря, коефіцієнт аеродинамічного опору, аеродинамічна труба.

*Fuel consumption, speed characteristics, stability on the road depend on the aerodynamics of the car. Design engineers have a task: to bring the shape of the body closer to a teardrop, which ensures a significant reduction in the resistance of the air body.*

*An analysis of the top models based on the coefficient of aerodynamic resistance  $C_x$  of modern passenger cars with the lowest values is given.*

**Key words:** streamlined body, drop-shaped body shape, air flows, drag coefficient, wind tunnel.

Про важливість аеродинаміки науковці замислилися ще на початку ХХ століття, і вже тоді з'явилися перші моделі з покращеною аеродинамікою. Станом на сьогоднішній день вдалося досягти багато чого: у більшості сучасних серійних автомобілів коефіцієнт аеродинамічного опору зазвичай дорівнює 0,30 – 0,35, найдосконаліші досягають значень 0,26 – 0,27. Поняття «аеродинаміка автомобіля» включає в себе багато аспектів, найважливішими з яких є: забезпечення мінімальної сили опору повітря при русі автомобіля з метою зменшення витрати палива або підвищення швидкості руху; зменшення аеродинамічній підйомної сили, що прагне відірвати автомобіль від дороги і знижує зчеплення коліс з дорожнім покриттям; зниження забруднення стекол, ручок дверей та інших поверхонь автомобіля; забезпечення оптимальних повітряних потоків для постачання двигуна повітрям, його охолодження, вентиляції салону; зниження аеродинамічного шуму. Всі особливості форми кузова будь-якого автомобіля досконало вивчаються, оскільки при поліпшених зовнішніх формах легкового автомобіля можна значно покращити його аеродинамічні характеристики [1 – 3].

Схематичне зображення потоків повітря навколо автомобілів з хорошими (верхнє зображення) та поганими (нижнє зображення) аеродинамічних характеристик показано на рис. 1.

Автомобіль, рухаючись уперед, створює завихрення. За машиною виникає зона розрідження, яка тягне автомобіль назад. Чим кузов машини більше і чим він незграбніший ззаду, тим більша ця зона. А форма краплі створює мінімум завихрень. Аеродинамічний коефіцієнт – показник, що характеризує обтічність кузова автомобіля.

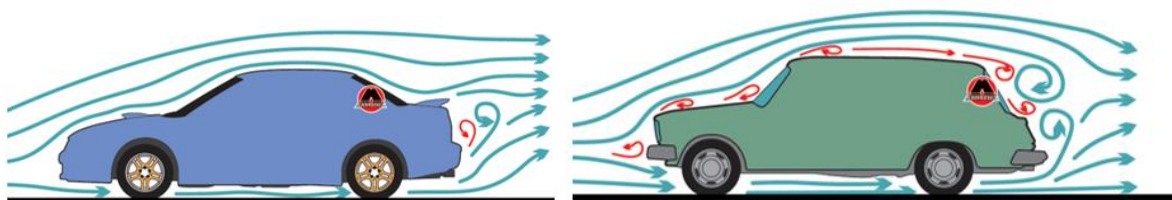


Рисунок 1 – Потоки повітря

Аеродинамічний коефіцієнт – показник, що характеризує обтічність кузова автомобіля.

Тому в серійних автомобілях стали використовувати окремі елементи краплеподібної форми, а саме робити похилу задню та округлювати передню частини.

Нові цікаві результати досліджень щодо аналізу основ аеродинаміки подаються в іноземних виданнях [3, 4]. Зовнішність сучасної машини ретельно доводять при продуваннях в аеродинамічній трубі, прагнучи зменшити підйомну силу задньої частини даху. Вивчення властивостей потоків під час обтікання швидкісних автомобілів має дати підставу для вирішення інженерних проблем: зменшення аеродинамічного опору та шуму при русі автомобіля.

В Україні експериментальні комплекси, що включають сучасні аеродинамічні труби, створені у Харківському національному авіаційному університеті, Київському національному авіаційному університеті та Авіаційному науково-технічному комплексі Антонов. Нижче наведемо добірку легкових автомобілів з коефіцієнтом аеродинамічного опору  $C_x$  в межах 0,26 ... 0,19.

12. Audi A6 ( $C_x$  0,26). Саме у седана моделі A6 найкращий коефіцієнт лобового опору. Він легкий, з низькою посадкою, з незначною витратою палива.

11. BMW i8 ( $C_x$  0,26). Він легкий, з низькою посадкою, з незначною витратою палива. Для повітря на кузові та днищі організовані спеціальні протоки, щілини та борозенки.

10. Mazda 3 Sedan ( $C_x$  0,26). Mazda має оригінальні жалюзі решітки, встановлені у передньому бампері, що забезпечує автоматичне регулювання охолодження двигуна і корегування напрямку повітряних потоків вздовж кузова.

9. Mercedes-Benz B-Class ( $C_x$  0,26). Інженери Mercedes провели близько 1100 годин в аеродинамічній трубі за оптимізацією кожної поверхні та кожної лінії B-Class, подарувавши йому дивовижну здатність розрізати повітря.

8. Nissan GT-R ( $C_x$  0,26). Найшвидший автомобіль, оскільки по краях крил створюється оптимальний повітряний потік навколо шин і вздовж кузова, в той час як дизайн переднього бампера і заднього дифузора робить його ще більш обтічним.

7. Peugeot 508 ( $C_x$  0,25). Peugeot демонструє цілком обтічний силует правильної форми, як наслідок, низький  $C_x$ .

6. Hyundai Sonata Hybrid ( $C_x$  0,25). Гібридна версія сімейного седана Hyundai значно відрізняється від попередніх моделей. Передні та задні бампери мають глибокі напрямні для повітря, на боковинах додані аеродинамічні спідниці та навіть спеціально спроектовані 17-дюймові диски, що допомагають зменшити лобовий опір.

5. Toyota Prius ( $C_x$  0,25). У сучасному Prius кузов містить тоненький спойлер, який в сукупності з іншими елементами задньої частини авто забезпечує мінімальні турбулентні завихрення. Також ця модель має точне припасування скла із-за наявних крихітних зазорів між панелями кузова.

4. Mercedes-Benz S-Class ( $C_x$  0,24). Модель S-Class завжди в авангарді інновацій, тому і зараз є флагманом серед досконалих автомобілів у світі. Удосконалюючи аеродинаміку, інженери створили вивірений кузов разом із автоматичним опусканням підвіски на швидкостях понад 120 км/год.

3. Tesla Model S ( $C_x$  0,24). Повністю електрична Tesla враховує нові технології аеродинаміки: особливими властивостями дверних ручок, які при русі авто мають здатність вирівнюватися з поверхнею кузова та особливостями панорамного люка з маленьким екраном, що значно знижує звуковий тиск у салоні, оптимізуючи потік повітря.

2. Mercedes-Benz CLA ( $C_x$  0,22). Модель CLA характеризується привабливими зовнішніми обтічними формами вигинів на кузові, що дозволяє виправляти повітряні потоки. Вирізняється покращеною аеродинамікою дисків коліс та глушника; особливостями форм передніх стояків та бічних дзеркал.

1. Volkswagen XL1 ( $C_x$  0,19). В даній моделі кузов сильно звужується до задньої частини і нагадує обтічну форму дельфіна. Задні колеса закриті аеродинамічними щитами, а замість великих бічних дзеркал заднього виду встановлені мініатюрні камери.

Всі повітряні забірники можуть закриватися, з досить вузькими за розмірами шинами. Все це допомагає моделі XL1 показати низький коефіцієнт аеродинамічного опору 0,19 (рис. 2).



Рисунок 2 – Форма кузова сучасної моделі Volkswagen XL1 ( $C_x$  0,19)

### Висновки

Проведений огляд сучасних легкових автомобілів, що досягають значень коефіцієнтів аеродинамічного опору  $C_x$  0,26 – 0,19. Наведені перспективні і конструктивні особливості та певні характеристики поверхні кузова кожної описаної моделі, що наближає роботу інженерів-конструкторів до потрібної досконалості і мінімальних значень коефіцієнтів аеродинамічного опору.

### Список використаних джерел

1. Буда А.Г. Моделювання зовнішніх поверхонь легкового автомобіля в тривимірному просторі за допомогою сплайнів // А. Г. Буда, В. П. Кужель, А. Р. Юров // Вісник машинобудування та транспорту. – 2018. – № 1 (7). – С. 26–34.
2. Кужель В.П. Сучасні підходи до моделювання зовнішніх форм легкового автомобіля в 3D середовищі/ В. П. Кужель, А. Г. Буда, А. Р. Юров // Вісник Житомирського ДТУ, 2019. – Випуск № 2 (82). – С. 74–82.
3. Кужель В.П. Рейтинги легкових автомобілей за аеродинамічними властивостями та сучасні підходи 3D моделювання зовнішніх форм кузовів / В. П. Кужель, А. Г. Буда, В. М. Павленко, О. В. Корнєв // Вісник машинобудування та транспорту - 2023 - №1 (17).
4. McLean D. Understanding Aerodynamics: Arguing from the Real Physics. – Wiley, 2012. – 576 p. ISBN 978-1-119-96751-4.
5. Ybcho W-H.(Ed.) Aerodynamics of Road Vehicles. From Fluid Mechanics to Vehicle Engineering. Dutterwarth-Heinemann, 1990. – 566 p.

**Кужель Володимир Петрович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету.

**Буда Антоніна Героніївна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри опору матеріалів, теоретичної механіки та інженерної графіки факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету.

**Volodymyr Kuzhel** – candidate of technical sciences, Ph. D. (Eng), Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University.

**Antonina Buda** – candidate of technical sciences, Ph. D. (Eng), associate professor of the Department of Resistance of Materials, Theoretical Mechanics and Engineering Graphics, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University.



УДК 621.113.066

Куликівський В.Л.

## МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИМИ ДВИГУНАМИ

*Технічний стан двигунів автомобілів багато в чому визначається відмовами та несправностями електронних систем керування. Застосування технологій діагностування, із використанням спеціалізованого обладнання для розпізнавання несправностей, дозволяє мінімізувати тривалість пошуку та усунення відмов, визначати ресурсні показники елементів електронних систем.*

**Ключові слова:** *автомобіль, двигун, діагностика, керування, несправність, система.*

*The technical condition of car engines is largely determined by failures and malfunctions of electronic control systems. The use of diagnostic technologies using specialized equipment for fault recognition makes it possible to minimize the duration of troubleshooting and troubleshooting and determine the resource indicators of electronic system elements.*

**Key words:** *car, engine, diagnostics, control, malfunction, system.*

**Вступ.** Під час проведення обслуговування і ремонту транспортних засобів досить важливо володіти індивідуальною інформацією щодо технічного стану автомобілів, прихованих та тих, що наближаються (неминучих) відмов, залишкового ресурсу, причин порушення працездатності тощо. Засобом отримання такої інформації служить технічна діагностика [1], яка є необхідною складовою у профілактичному обслуговуванні автомобілів та одним із елементів наукової організації праці. Усі несправності та відмови, що виникають у процесі експлуатації транспортних засобів, супроводжуються шумами, вібраціями, стуками, змінами функціональних показників (потужності, тиску, тягового зусилля). Ознаками даних несправностей можуть бути діагностичні параметри, які опосередковано характеризують працездатність елементів, вузлів чи систем автомобілів.

**Результати досліджень.** Всі сучасні автомобілі обладнані елементами бортової самодіагностики технічного стану електронних систем керування двигунами внутрішнього згорання, які забезпечують контроль за параметрами роботи взаємопов'язаних елементів. Вихід параметрів за встановлені межі вказує на наявність несправностей у роботі електронної системи чи двигуна [2, 3]. Кожна несправність системи керування двигуном в спеціальному електронному блоці має конкретний зміст та свій код. Електронний блок керування сучасним двигуном є цифровим мікропроцесором з функцією самовизначення технічного стану. Під час роботи двигуна, електронний блок постійно контролює функціонування конструктивних елементів системи керування енергосиловою установкою і за виникнення будь-якого пошкодження – заносить у пам'ять код (від двозначного до п'ятизначного), що відповідає несправності певного виду.

Для зчитування коду несправності, що зберігається в пам'яті електронного блоку керування двигуном, необхідно підключити діагностичний прилад до спеціального електромеханічного пристрою (роз'ємного з'єднання). Деякі системи самодіагностики дозволяють зчитувати код несправності без застосування діагностичного пристрою, шляхом дешифрування сигналів датчиків, розташованих на панелі приладів. Якщо показники якогось із вимірювальних пристроїв мають розбіжності з нормативними значеннями, які містяться в пам'яті блоку, він вимикається, а система починає працювати за обхідною програмою. Після того, як датчик знову стане справним, система починає функціонувати у штатному режимі, а обхідна програма вимикається. У процесі функціонування електронної системи керування двигуном в режимі, що супроводжується відхиленням робочих параметрів, за обхідною

програмою, на панелі приладів включається контрольно-сигнальний індикатор несправності енергосилової машини. Після усунення відмови індикатор вимикається, але занесений у пам'ять електронного блоку керування код несправності зберігається. Видалення кодів несправностей із пам'яті електронного блоку керування двигуном здійснюють за допомогою діагностичного обладнання.

За методом отримання інформації, для діагностування електронних систем керування двигунами, прилади можна розділити на дві основні групи, а саме: мотор-тестери та сканери. Автомобільний сканер обмінюється інформацією з електронним блоком керування двигуном та дозволяє зчитувати коди помилок, контролювати значення змінних діагностичних параметрів, управляти виконавчими елементами системи та оновлювати програмне забезпечення блоку керування (рис. 1). Прилад забезпечує можливість переглядати та зберігати інформацію про діагностичні параметри роботи двигуна, а також керувати виконавчими механізмами електронних систем.



Рисунок 1 – Діагностичний сканер KTS 350 (фірми Bosch, Німеччина)

Основною відмінністю сучасних мотор-тестерів (рис. 2) від діагностичних сканерів є те, що вони отримують інформацію не лише від вимірювальних пристроїв електронних систем керування, а й своїх власних датчиків. До того ж мотор-тестер забезпечує перевірку технічного стану первинного та вторинного ланцюгів системи запалювання, а також дозволяє контролювати форму електричних імпульсів датчиків та виконавчих елементів системи.



Рисунок 2 – Мотор-тестер портативний FSA 450 (фірми Bosch, Німеччина)

Порядок проведення контрольно-діагностичних робіт, у разі виникнення несправностей в електронних системах керування, складається з декількох етапів:

1. Виявлення та усунення несправностей механічних елементів та гідромеханічних систем двигуна. Відхилення в роботі механічних систем двигуна можуть бути помилково прийняті за несправність елементів електронної системи керування. Це імовірно пов'язано з низьким тиском в циліндрі двигуна (у кінці такту стиснення), підсмоктуванням повітря, відхиленням фаз газорозподілу, обмеженням прохідності системи випуску відпрацьованих

газів.

2. Контроль роботи системи самодіагностики автомобіля та діагностичного ланцюга.

3. Зчитування кодів несправностей (помилки), які зберігаються у пам'яті електронного блоку керування двигуном. Код помилки вказує на несправність конкретного конструктивного елемента системи, або загалом визначає її наявність у будь-якій підсистемі двигуна. У випадку, якщо коди несправностей відсутні в пам'яті електронного блоку, необхідно провести поглиблене діагностування технічного стану системи керування двигуном. Тому що несправності взаємопов'язаних елементів та двигуна можуть носити комплексний характер, які не спроможна розпізнати система самодіагностики автомобіля.

4. Застосування типових діагностичних карт пошуку несправностей, які використовуються у випадку, коли відсутні коди помилок у пам'яті електронного блоку, а порушення роботи системи керування двигуном трапляються. Зазвичай, діагностичні карти є у нормативно-технічній документації виробників техніки. Діагностичні карти необхідні для виявлення несправностей конструктивних елементів системи та їх електричних ланцюгів із допомогою логіки, яка побудована за методом виключення помилок. Основу даного методу становить припущення щодо одночасної відсутності кількох несправностей.

5. Контроль значень змінних параметрів роботи електронної системи керування двигуном за допомогою діагностичних приладів (мотор-тестерів, осцилографів, сканерів, тощо). Для пошуку несправностей необхідно порівняти отримані, за допомогою діагностичного пристрою, значення параметрів з номінальними. Несправні конструктивні елементи електронної системи можуть бути виявлені шляхом прямого керування їх вихідними ланцюгами, за допомогою діагностичного приладу.

**Висновки.** Сучасні системи самодіагностики не можуть виявити і локалізувати приховані несправності, що виникають в електронних блоках керування двигунами. Вони лише фіксують відмови, що вже сталися в системах. Для зменшення кількості відмов, виявлення прихованих несправностей та забезпечення необхідного рівня надійності електронних систем керування, необхідно оцінювати технічний стан їх елементів на сервісних підприємствах, під час кожного регламентного обслуговування автомобілів. Водночас одним із основних завдань діагностування електронних блоків керування є не лише визначення поточного технічного стану конструктивних елементів систем, а й прогнозування запасу справної роботи програмно-керованих пристроїв. Тому, актуальним напрямом підвищення рівня працездатності електронних систем керування двигунами в експлуатації є розробка, впровадження методик визначення та прогнозування технічного стану їх конструктивних елементів, під час обслуговування і ремонту автомобілів на сервісних підприємствах.

#### Список використаних джерел

1. Мигаль В. Д., Корогодський В. А., Воронков О. І., Нікітченко І. М. Практичні основи діагностування автомобільних двигунів : навч. посіб. Харків : ХНАДУ, 2021. 412 с.

2. Артюх О. М., Дударенко О. В., Кузьмін В. В., Сосик А. Ю., Щербина А. В. Електронні системи керування транспортними засобами : навч. посіб. Запоріжжя : НУ Запорізька політехніка, 2021. 556 с.

3. Мигаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів : монографія. Харків : Майдан, 2018. 262 с.

**Куликівський Володимир Леонідович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу факультету інженерії та енергетики Поліського національного університету, e-mail: kylikovskiyv@ukr.net

**Volodymyr Kulykivskiy** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Agricultural Engineering and Technical Service, Faculty of Engineering and Energy, Polissia National University, e-mail: kylikovskiyv@ukr.net

УДК 629.021

Куримов І.С., Ігнатюк Р.М., Пахаренко В.Л.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРТОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЯ

Наведений аналіз існуючих досліджень з визначення вартості експлуатації транспортних засобів. Досліджено загальну кількість ввезених автомобілів в Україну в 2023 році та на початок 2024 року і виконаний розрахунок вартості експлуатації комерційних вантажних автомобілів.

**Ключові слова:** автомобіль, вартість експлуатації, витрата палива, страхування, вартість технічного обслуговування та ремонту.

*The analysis of existing studies on determining the cost of operating vehicles is given. The total number of cars imported into Ukraine in 2023 and at the beginning of 2024 was studied, and the cost of operating commercial trucks was calculated.*

**Keywords:** car, operating cost, fuel consumption, insurance, maintenance and repair costs.

За даними МВС у 2023 році в Україну було завезено приблизно 400 000 транспортних засобів [1]. З точки зору статистики інтенсивність ввозу транспортних засобів в 2023 дещо знизилась і становила близько 377 000 автомобілів. Це найменший показник за останні декілька років. Дослідження також показують, що середній вік завезених на територію України автомобілів у 2023 році складає 10 років і цей показник покращився у порівнянні із попереднім 2022 роком. На рис. 1 наведені дані автомобілів за видами палива.

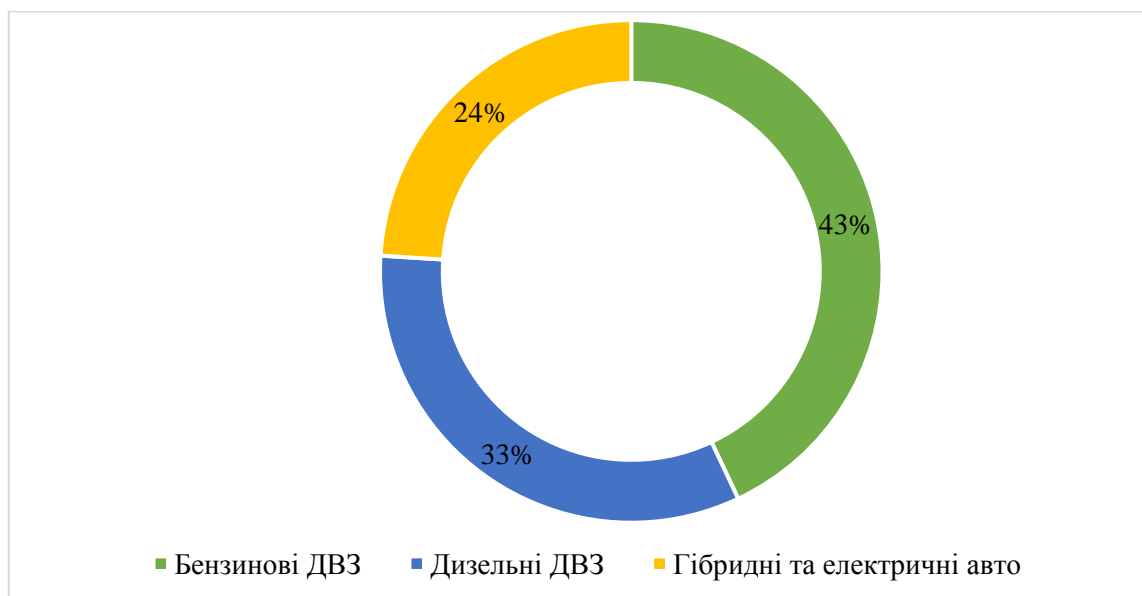


Рисунок 1 – Розподіл ввезених у 2023 році автомобілів за видами палива

Важливим фактом для кожного українця, при купівлі автомобіля, є розуміння його повсякденної вартості при нормальних умовах його експлуатації. На сьогодні відомо декілька досліджень в цьому напрямку. Так, наприклад американська автомобільна асоціація [2], з 1950 року публікує дані щорічного дослідження «Ваші витрати на водіння», де розглядає різні моделі автомобілів, які найчастіше купують американці та наводять детальний річний розподіл витрат включаючи амортизацію, купівля, паливо, страхування, ліцензії (реєстрацію, податки) та технічне обслуговування і ремонт, а також шини) на експлуатацію автомобілів.

Для об'єктивної оцінки ААА використовує п'ять найбільш продаваних моделей у кожній

із дев'яти категорій транспортних засобів, щоб розрахувати вартість володіння. Результати досліджень зводяться до єдиного усередненого показника вартості. Потім вони об'єднуються та виводиться середнє значення вартості володіння транспортним засобом за календарний рік із прогнозом на 5 років наперед. За інформацією [3], станом на початок 2024 року в Україну біля 60 тисяч транспортних засобів вже завезено у Україну. 14% від загальної кількості ввезених авто припадає на електрокари. Згідно проведеного нами дослідження найменші витрати при експлуатації нового електромобіля припадає на технічне обслуговування і ремонт, а найвища стаття витрат при розрахунку вартості володіння це амортизації транспортного засобу.

Проведені дослідження показують необхідність побудови єдиної моделі визначення вартості експлуатації транспортних засобів, що в свою чергу дозволить об'єктивно планувати і прогнозувати витрату на експлуатацію транспортних засобів до його купівлі.

Для визначення вартості експлуатації вантажного автомобіля Renault Magnum 460 EURO 5, який виконує міжнародні перевезення з України до країн Європи, нами на основі реальних даних зібраних за 2023 – 2024 роки створена модель визначення вартості експлуатації транспортного засобу, рис 2.

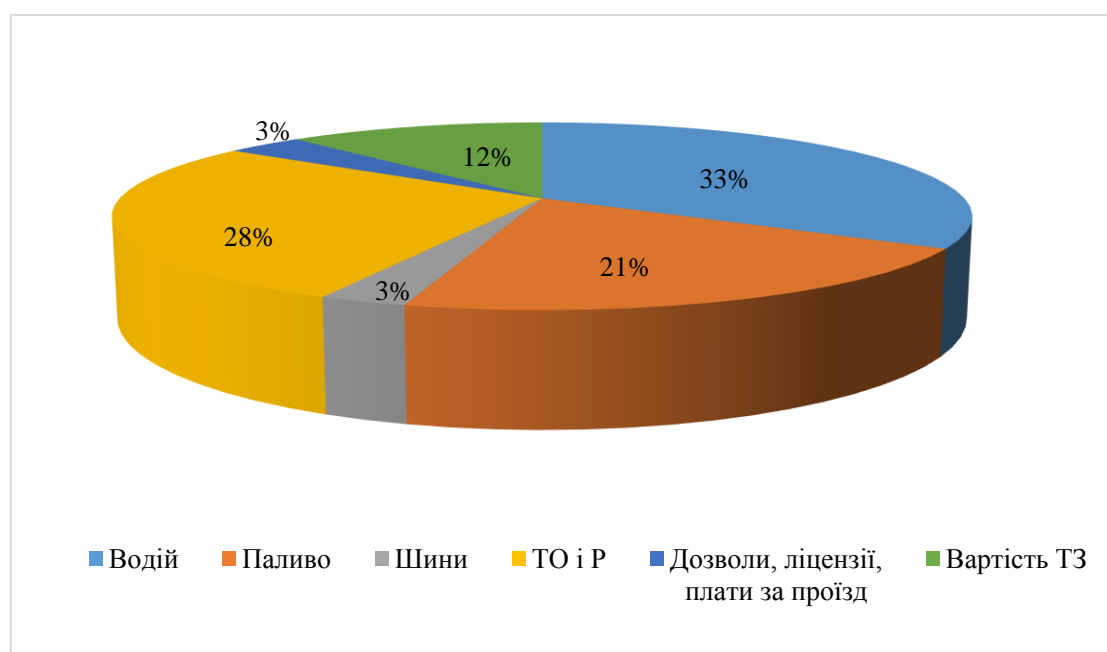


Рисунок 2 – Результати визначення вартості експлуатації транспортного засобу

Отже, як видно із результатів дослідження, витрати на оплату праці та паливо є двома найбільшими для комерційних вантажних перевізників. Аналіз цін на паливо показав, значні коливання щороку. За останні кілька років на ціни вплинули різні політичні процеси в світі, в тому числі, які виникли після повномасштабного вторгнення РФ в Україну та запровадження санкцій світовим співтовариством на енергоносії країни агресора. Виплати за вантажний автомобіль є третьою за величиною категорією витрат.

#### Список використаних джерел

1. Опендатабот. [Електронний ресурс]: <https://opendatabot.ua/analytics/auto-import-2023>
2. ААА. Your driving costs. [Електронний ресурс]: <https://newsroom.aaa.com/wp-content/uploads/2023/08/YDC-Fact-Sheet-FINAL-8.30.23-1.pdf>
3. Опендатабот. [Електронний ресурс]: <https://opendatabot.ua/analytics/autoimport-2024-2>

**Куримов Ігор Сергійович** – студент групи АТ-61м, навчально-наукового механічного інституту, Національного університету водного господарства та природокористування, e-mail:

[kurymov\\_m23@nuwm.edu.ua](mailto:kurymov_m23@nuwm.edu.ua);

**Ігнатюк Роман Михайлович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний університету водного господарства та природокористування, м. Рівне, e-mail: [r.m.ihnatiuk@nuwm.edu.ua](mailto:r.m.ihnatiuk@nuwm.edu.ua);

**Пахаренко Володимир Леопольдович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний університету водного господарства та природокористування, м. Рівне, e-mail: [v.l.paharenko@nuwm.edu.ua](mailto:v.l.paharenko@nuwm.edu.ua);

**Ihor Serhiyovych Kurimov** – student of AT-61m group, educational-scientific mechanical institute, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, e-mail: [kurymov\\_m23@nuwm.edu.ua](mailto:kurymov_m23@nuwm.edu.ua);

**Ihnatiuk Roman Mykhailovych** – Ph. D. (Eng), Associate Professor of the Department of Automobiles and Automobile Industry, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, e-mail: [r.m.ihnatiuk@nuwm.edu.ua](mailto:r.m.ihnatiuk@nuwm.edu.ua);

**Pakharenko Volodymyr Leopoldovych** – Ph. D. (Eng), Associate Professor of the Department of Automobiles and Automobile Industry, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, e-mail: [v.l.paharenko@nuwm.edu.ua](mailto:v.l.paharenko@nuwm.edu.ua).

УДК: 681.5

Любич В.В., Домненко М.Г.

## МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ БОЙОВИХ МАШИН В УМОВАХ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

*Підвищення живучості бойових машин в умовах сучасної війни – це складний та багатоплановий процес, що включає в себе розробку технологій, тактик та стратегій. Метою роботи є аналіз існуючих методів захисту бойових машин та підвищення їх живучості.*

**Ключові слова:** броня, снаряди, екіпажі, вибух, протитанкові засоби.

*Increasing the survivability of combat vehicles in the conditions of modern warfare is a complex and multifaceted process that includes the development of technologies, tactics, and strategies. The purpose of the work is to analyze the existing methods of protecting combat vehicles and increasing their survivability.*

**Key words:** armor, shells, crews, vibration, anti-tank features.

Захист бойових машин та підвищення їх живучості включає в себе різноманітні методи та технології, спрямовані на зменшення ймовірності втрати машин та екіпажу під час бойових дій. Основними методами, які підвищують живучість машин та екіпажів є:

**Броня:** Використання броні з високим рівнем захисту від куль та снарядів. Броня може бути виготовлена з різних матеріалів, таких як сталь, алюміній, кераміка та композитні матеріали, які можуть забезпечувати різні рівні захисту від різних видів вогневих ударів. Ця броня виготовляється зі спеціальних матеріалів, які здатні зменшувати ефективність проникнення протитанкових снарядів.

**Реактивні панелі,** які реагують на вибух і випромінюють енергію у протилежному напрямку, що може знизити ефективність проникнення снаряда в броню. Це може знизити ефективність протитанкових засобів, що використовують кумулятивний ефект.

**Системи активного захисту,** які використовують лазери або інші засоби для перехоплення та знищення ворожих снарядів перед тим, як вони досягнуть цілі.

**Системи реакції на вогонь:** дані системи виявляють джерела вогню та вогневі точки супротивника і автоматично наводять засоби бойової машини для придушення цих загроз.

**Компартменталізація та збільшення виживання екіпажу:** Встановлення систем, що дозволяють розділити бойову машину на окремі відсіки, що може зменшити ймовірність повного вибуху або знизити шкоду від вогневого удару.

**Електронні системи захисту:** Використання систем електронної боротьби для утруднення роботи ворожих систем наведення або керування вогнем.

**Камуфляж та маскування:** Використання камуфляжних засобів та маскування для укріплення бойової техніки від протитанкових засобів та унеможливлення ворожих сил знаходити та вражати їх.

**Маневреність та швидкість:** Використання маневреності та швидкості для уникнення вогневих точок та ворожих атак, а також для швидкого переміщення з місця на місце з метою ухилення від протитанкових снарядів.

Захист машин в умовах ведення бойових дій залежить від їх призначення, тобто від конкретних завдань, які вони мають виконувати на полі бою.

Слід виділити при цьому наступні типи захисту бойових машин в різних ситуаціях:

**Протитанковий захист:** Бойові машини, які мають вести боротьбу з танками та іншою бронетехнікою, повинні бути особливо добре захищені від протитанкових ракет, кумулятивних снарядів та інших протитанкових засобів. Це може включати в себе

використання товстої броні, реактивних панелей та систем активного захисту. Додаткові екрановані елементи можуть бути встановлені на бойову техніку, щоб збільшити її захист. До додаткових елементів броні відносяться додаткові броньовані панелі, гусеничні обмотки або спеціальні реактивні екрани.

Перспективним також є застосування реактивних систем, які автоматично реагують на наближення протитанкового снаряду та активуються для знищення або зниження ефективності удару.

Захист від імпровізованих вибухів та міни: У зоні бойових дій, де широко застосовуються імпровізовані вибухи та міни, важливо мати бойові машини з підвищеним захистом від вибухів та здатністю до продовження руху після пошкодження. До них відноситься застосування вбудованих протиударних систем, детекторів мін, систем руйнування мін.

Вибудовані протиударні системи передбачають установку на бойову техніку систем, що амортизують удари від вибухів, наприклад, гідропневматичні або гідравлічні системи, які допомагають зменшити силу вибуху.

Використання спеціальних детекторів мін для виявлення та уникнення мінних полів. Ці детектори можуть бути встановлені на бойову техніку або переносного типу.

Системи руйнування мін, які можуть знищувати міни або руйнувати їх перед тим, як вони стануть загрозою.

Захист від стрілецької зброї: Бойові машини також повинні мати захист від стрілецької зброї, такої як кулемети, гранатомети та інші вогнепальні системи, які може використовувати піхота.

Електронна та кібернетична безпека: В умовах сучасної війни, коли інформаційні технології використовуються широко, важливо мати захист від кібернетичних атак та втручання у системи керування бойових машин.

Розробка та впровадження заходів захисту від кібератак на електронні системи бойових машин, такі як захист від вторгнень, вірусів, шкідливих програм та інших кіберзагроз.

Використання сучасних криптографічних методів для захисту електронних комунікацій та даних, що передаються між бойовими машинами, командними центрами та іншими військовими об'єктами. Встановлення систем моніторингу та виявлення загроз, які можуть вчасно виявляти та реагувати на потенційні кібератаки або незаконний доступ до систем.

Застосування технологій аутентифікації та захисту від перехоплення та підробки сигналів, що передаються між бойовими машинами та іншими військовими об'єктами.

Захист екіпажу: Виробники бойових машин приділяють значну увагу захисту екіпажу від поранень та втрат у випадку атаки, що може включати в себе встановлення броньованих кабін, аварійних виходів, систем екстреного виходу та систем медичного обслуговування.

Аерозахист: Бойові машини, які ведуть бойові дії в умовах повітряно-космічного бойового простору, також потребують захисту від повітряних та ракетних атак.

Ці методи можуть використовуватися окремо або в поєднанні для максимального захисту бойових машин від вогневих ударів. Важливо також постійно вдосконалювати та адаптувати заходи захисту до змін у загрозах та технологіях сучасної війни.

### **Список використаних джерел**

1. ТМ 9-2350-277-10 – Інструкція з експлуатації бронетранспортера М113
2. ARMY ТМ 9-2320-387-24-1 – обслуговування та ремонт автомобілей НММWV
3. Загальна тактика «механізований (танковий) батальйон в загальновійськовому бою» : курс лекцій з навчальної дисципліни / Шугалій Є.П. –К. : «МП Леся», 2016. – 187 с.
4. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЖИВУЧОСТІ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ. - М. В. Ковба, В. Б. Рій - Національна академія Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів, Україна - Системи управління, навігації та зв'язку, 2020, випуск 1(59)



5. ОКРЕМІ АСПЕКТИ МЕТОДИКИ ПІДТРИМАННЯ ЖИВУЧОСТІ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТА БРОНЕТАНКОВОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ. – В. Сівак, П.Кулик - Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького.

**Любич Володимир Володимирович** – провідний експерт будівельний у частини забезпечення безпеки життя та здоров'я людини, захисту навколишнього природного середовища та забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення ТОВ «Інженерно-будівельне бюро» e-mail: mr.lyubich1988@gmail.com.

**Домненко Микола Григорович** – викладач кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mikoladomnenko568@gmail.com.

**Lyubich Volodymyr Volodymyrovych** – a leading expert in ensuring the safety of life of healthy people, protecting the excess natural environment and ensuring the sanitary and epidemiological well-being of the population of LLC “Engineering Bureau” e-mail: mr.lyubich1 988@gmail.com.

**Domnenko Mykola** – Lecturer, Department of Military Training, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, e-mail: mikoladomnenko568@gmail.com.

УДК: 629.331

Любич В.В., Домненко М.Г.

## ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ ВАНТАЖІВ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ ПОВНОМАСШТАБНОЇ ВІЙНИ

*Досвід отриманий в результаті бойових дій після початку повномасштабного вторгнення російської федерації показав актуальність забезпечення надійності та безперервності постачання військ вантажами військового призначення. Метою роботи є аналіз методів та підвищення надійності в забезпеченні військ (на основі оцінки автомобільних перевезень).*

**Ключові слова:** автомобільний транспорт, перевезення, вантажі, боєприпаси, магістралі.

*The experience gained as a result of hostilities after the beginning of the full-scale invasion of the Russian Federation showed the relevance of ensuring the reliability and continuity of the supply of troops with military cargo. The purpose of the work is to analyze the methods and increase the reliability in the supply of troops (based on the evaluation of road transport).*

**Key words:** road transport, transportation, transportation, ammunition, highways.

Питання організації перевезень у збройних силах України визначено у «Доктрині з організації переміщень та перевезень (транспортувань) у ЗС України», яка визначає систему поглядів на процес організації, планування, управління та контролю переміщення та перевезення (транспортування) морським, річковим (внутрішнім водним), повітряним (авіаційним), та автомобільним транспортом у ЗС України [1].

У відповідності до змісту Доктрини завданням сил логістики є організація комплексного використання різних видів транспорту на основі створення єдиної транспортної мережі в районах виконання завдань за призначенням (розташування, зосередження військ) та забезпечення оперативності, безперервності, стійкості і прихованості управління усіма видами військових перевезень у тому числі в умовах ведення бойових дій.

Наймасовішим за обсягами вантажоперевезень є автомобільний транспорт. Автомобільний транспорт має кілька переваг перед іншими видами транспорту при виконанні перевезень військових вантажів, особливо в умовах воєнного конфлікту, а саме:

**Великі обсяги вантажів:** Автомобільний транспорт дозволяє перевозити великі обсяги вантажів одночасно, що особливо важливо для військових операцій, де може необхідно перевезти значні кількості зброї, боєприпасів, техніки та іншого обладнання.

**Стійкість до погодних умов:** Автомобільний транспорт менш чутливий до погодних умов порівняно з іншими видами транспорту, такими як авіація чи морський транспорт. Це робить його більш надійним у воєнних умовах, коли погодні умови можуть бути непередбачуваними.

**Можливість перевезення різноманітних вантажів:** Автомобільний транспорт може бути використаний для перевезення різноманітних типів вантажів, від важкого обладнання до палива та боєприпасів.

**Економічність:** У порівнянні з іншими видами транспорту, такими як авіація, автомобільний транспорт зазвичай є більш економічним, що може бути важливим фактором для військових бюджетів.

**Можливість перевезення на великі відстані:** Автомобільний транспорт дозволяє перевозити вантажі на великі відстані без необхідності частого заправлення, що робить його відмінним вибором для довгих військових походів або перевезення вантажів на значні відстані.

*Можливість контролю шляхів руху:* Автомобільні магістралі можуть бути легше контрольованими у порівнянні з іншими видами транспорту, що дозволяє забезпечити безпеку перевезень та уникнути можливих загроз.

Разом з тим, основними недоліками є висока уразливість об'єктів автомобільного транспорту від впливу противника, складність і висока вартість відновлення зруйнованих об'єктів і комунікацій.

Організація перевезень автомобільним транспортом вантажів військового призначення в бойових умовах є складним та відповідальним завданням, яке вимагає спеціалізованої підготовки та координації.

Ключовими аспектами організації таких перевезень є:

1. *Забезпечення безпеки перевезень:* У бойових умовах безпека перевезень стає першочерговим завданням. Це означає застосування заходів для захисту вантажу від можливих загроз, таких як напади ворожих сил, терористичні акти, та інші.

2. *Мобільність та гнучкість перевезень:* Вантажні потоки в бойових умовах можуть зазнавати різких змін через обставини військових операцій. Організація повинна бути готовою швидко адаптуватися до цих змін, забезпечуючи максимальну мобільність і гнучкість.

3. *Конфіденційність та безпека інформації щодо перевезень вантажів військового призначення:* В інформаційній сфері необхідно дотримуватися високих стандартів безпеки та конфіденційності. Це стосується не лише даних про маршрути та вантаж, але й будь-якої іншої конфіденційної інформації, яка може бути використана противником для зриву намірів наших військ.

4. *Координація з військовими підрозділами-отримувачами вантажів:* Організація перевезень повинна тісно співпрацювати з військовими командуваннями та підрозділами для забезпечення відповідності вимогам та потребам.

5. *Підготовка та навчання персоналу сил логістики в частині організації перевезень:* Персонал, відповідальний за організацію перевезень, повинен мати не лише професійні навички у сфері логістики та транспорту, але й розуміння особливостей роботи в бойових умовах, включаючи процедури безпеки та екстрених ситуацій.

6. *Резервування транспортно-логістичних ресурсів:* У бойових умовах ресурси, такі як інфраструктура (мостові переходи, тунелі і таке інше), можуть бути під загрозою. Тому важливо мати механізми резервування та швидкого відновлення цих ресурсів у випадку їх втрати чи пошкодження.

7. *Контроль і звітність:* Важливо мати системи контролю та звітності, що дозволять відстежувати рух вантажів, виявляти можливі проблеми та вчасно реагувати на них.

Наведені аспекти важливі для успішної організації перевезень автомобільним транспортом військового призначення в бойових умовах. Тільки завдяки комплексному підходу та вивченню всіх можливих сценаріїв можна забезпечити ефективну та безпечну доставку вантажів у складних умовах воєнного конфлікту.

#### Список використаних джерел

1. ВКП 4-00(03).01 - ДОКТРИНА “ З ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕМІЩЕНЬ ТА ПЕРЕВЕЗЕНЬ (ТРАНСПОРТУВАНЬ) У ЗБРОЙНИХ СИЛАХ УКРАЇНИ” - Командування сил логістики збройних сил України спільно з центром оперативних стандартів і методики підготовки збройних сил України

2. Статуту Збройних Сил України. К. : Алерта, 2023.

*Любич Володимир Володимирович* – провідний експерт будівельний у частині забезпечення безпеки життя та здоров'я людини, захисту навколишнього природного середовища та забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення ТОВ «Інженерно-будівельне бюро» e-mail: mr.lyubich1988@gmail.com.

*Домненко Микола Григорович* – викладач кафедри військової підготовки, Вінницький

національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mikoladomnenko568@gmail.com.

**Lyubich Volodymyr Volodymyrovych** – a leading expert in ensuring the safety of life of healthy people, protecting the excess natural environment and ensuring the sanitary and epidemiological well-being of the population of LLC “Engineering Bureau” e-mail: mr.lyubich1 988@gmail.com.

**Domnenko Mykola** – Lecturer, Department of Military Training, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, e-mail: mikoladomnenko568@gmail.com.

УДК 656.029

Макарова Т.В., Усатий А.М.

## ПРО ДИНАМІКУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В СУЧАСНИХ УМОВАХ ГОСПОДАРЮВАННЯ

Наведено характеристику нерівномірності пасажиропотоків міжнародних автомобільних перевезень з урахуванням впливу факторів сучасного зовнішнього середовища. Показано пріоритетність цілей міжнародних поїздок громадян України. Запропонований показник для оцінки рівня безпеки руху пасажирів в якості критерію ефективності транспортного процесу.

**Ключові слова:** пасажиропотік, перевезення, міжнародне сполучення, автобус, безпека руху.

The characteristics of the unevenness of passenger flows of international road transportation are given account the influence of the factors of the modern external environment. The priority of the goals of international trips of Ukrainian citizens is shown. The proposed indicator for assessing the level of passenger safety as a criterion for the efficiency of the transport process.

**Key words:** passenger flow, transportation, international communication, bus, traffic safety.

**Вступ.** Пасажирський транспорт є однією з найважливіших складових соціально-економічної сфери. Розвиток транспорту завжди високо цінувався урядами багатьох країн світу [1, 2, 3]. Він відіграє важливу роль у вирішенні соціальних проблем, забезпеченні ділових, культурних і туристичних поїздок людей, розвитку культурних обмінів у країні та за кордоном. Транспорт гарантує розвиток міжнародних економічних відносин і сприяє взаємовигідному обміну між країнами.

Україна має вигідне географічне положення, природній потенціал, мережу шляхів сполучення, а також сприятливий клімат для розвитку міжнародних пасажирських автомобільних перевезень. Однак, військова ситуація змінила функціонування країни та міжнародні пасажиропотоки.

**Мета роботи** – аналіз змін у формуванні міжнародних автомобільних перевезень пасажирів та визначення критерію ефективності транспортного процесу.

**Результати дослідження.** У лютому 2022 року після запровадження на території України військового стану відбулися зміни у формуванні пасажиропотоків. За 2022 рік кількість перевезених пасажирів автомобільним, авіаційним, залізничним та міським електротранспортом впала майже на 40% [4]. Графік зміни пасажиропотоків наведений на рис. 1.



Рисунок 1 – Графік зміни пасажиропотоків у 2022 році [4]

На початку 2022 року відбулося зростання обсягу пасажирських перевезень на 11,9%. Зменшення кількості перевезених пасажирів почало спостерігатися з лютого 2022 р., в якому було перевезено 151,5 млн осіб. Це на 27,8% менше, ніж у лютому 2021 року. Найбільше падіння обсягу пасажирських перевезень було у березні 2022 р., коли обсяги перевезень склали 63,6 млн осіб, що менше на 72% порівняно з березнем 2021 р.

Скорочення обсягу пасажирських перевезень у 2022 р. за місяцями має наступні значення: у квітні – 57%, у травні – 54,5%, у червні – 45,7%, у липні – 42,8%, у серпні – 38,2%, у вересні – 36,5%, у жовтні – 33,5%, у листопаді – 37,3%, у грудні – 37,2%.

У 2023 році пасажиропотік збільшився на 5%, а перетин кордону транспортними засобами – на 3%. При цьому було зафіксовано 33,5 млн. перетинів кордону. Графік пасажиропотоку через західний кордон України у вересні 2023 року наведений на рис. 2.

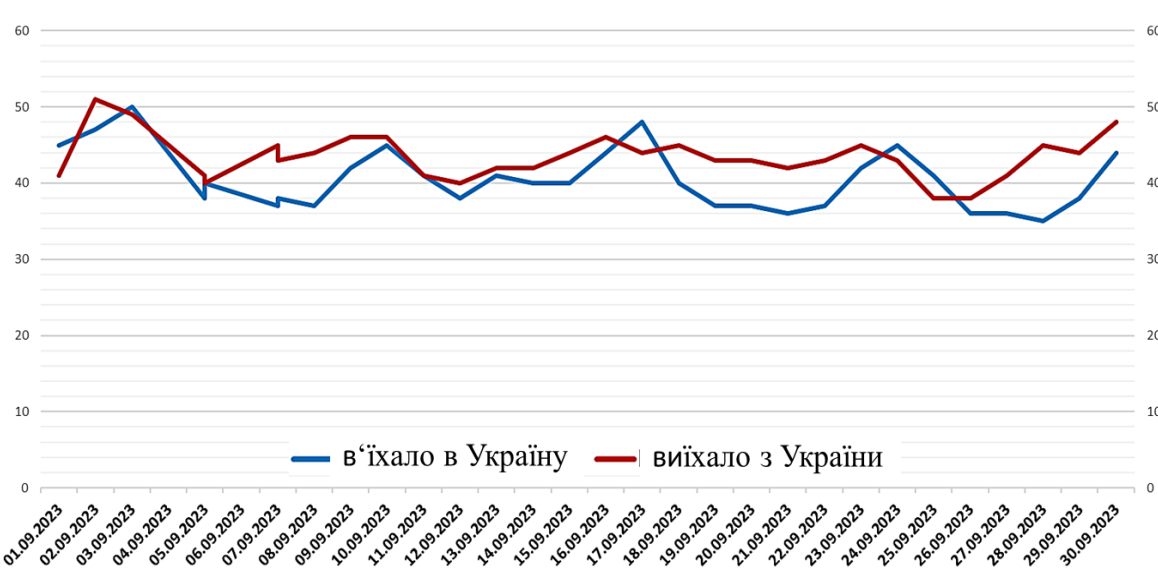


Рисунок 2 – Графік пасажиропотоку через західний кордон України у вересні 2023 року

Крім того, у 2023 році більша частина міжнародного пасажиропотоку припала на автобуси [5]. Компанія Gradus Research, яка проводить онлайн-опитування та опитування телефоном по всьому світу, опублікувала дані дослідження українського ринку пасажирських перевезень за 2023 рік. Виявлено, що більшість пасажирів, які виїжджали з України за кордон користувалася автобусами. Послугами рейсового транспорту скористалися 52% пасажирів, приватних компаній-перевізників - 35%. Залізничному транспорту віддали перевагу 36% пасажирів (рис. 3).

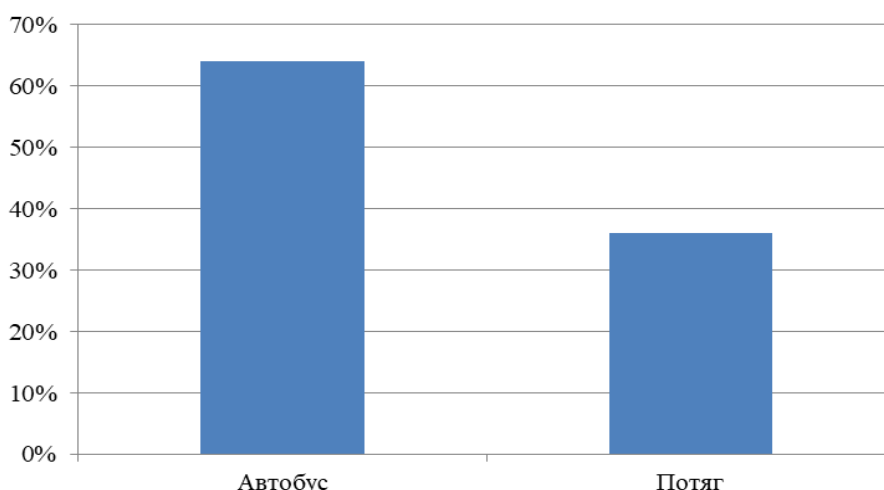


Рисунок 3 – Вид транспорту для міжнародних перевезень пасажирів у 2023 році

Одними із затребуваних міжнародних пасажирських сполучень є наступні: «Україна - Польща», «Україна - Чехія», «Україна - Німеччина». Основною причиною поїздки пасажирів за кордон було бажання побачитися з рідними та друзями (47%). Інші 37% респондентів зазначили метою поїздок туризм. По робочим питанням за кордон виїжджали 18% пасажирів. Відсотковий розподіл пересувань пасажирів за метою поїздки наведений на рис. 4. Для 17% опитаних пасажирів метою поїздки, також була безпека, особиста або членів родини.

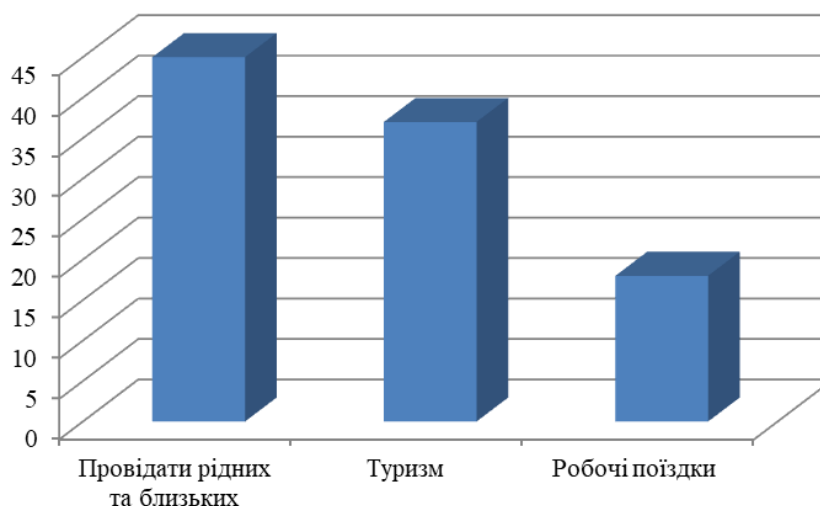


Рисунок 4 – Розподіл пасажиропотоків за метою поїздки у міжнародному сполученні за 2023 р.

Для підвищення ефективності автобусних перевезень розглянутий показник рівня забезпечення безпеки пасажирів в процесі переміщень. Вибір даного критерію обумовлений високою аварійністю на автомобільних дорогах країни та непередбачуваною військовою ситуацією.

Показник рівня забезпечення безпеки пасажирських перевезень представлений, як функція від заданих параметрів:

$$PB_{ij}^{III} = f(Z_{ij}^D, Z_{ij}^T) \rightarrow \max \quad (1)$$

де  $Z_{ij}^D$  – показник рівня захищеності пасажирів від умов виникнення ДТП, забезпечений і-м перевізником на j-му маршруті;

$Z_{ij}^T$  – показник рівня захищеності пасажирів від актів незаконного втручання, забезпечений і-м перевізником на j-му маршруті.

Показник змінюється залежно від дотримання тим чи іншим перевізником умов транспортної безпеки. Введення додаткових коефіцієнтів може бути доцільним при застосуванні даного підходу до визначення будь-яких конкретних умов.

Виникнення дорожньо-транспортної пригоди – край складний комплексний та багатопараметричний процес. Вплив випадкових чинників виникнення дорожньо-транспортних пригод досить великий. Розрахунок ймовірності виникнення дорожньо-транспортної пригоди також багатфакторний та багатопараметричний процес. Проте заходи превентивного характеру покликані мінімізувати кількість та негативні наслідки подій. Одним із показників для оцінки проведених заходів є рівень захищеності пасажирів від умов виникнення ДТП ( $Z_{ij}^D$ ). Показник для оцінки рівня захищеності пасажирів від актів незаконного втручання ( $Z_{ij}^T$ ) підлягає подальшому дослідженню.

**Висновки.** Динаміка міжнародних пасажирських перевезень з України в західні країни в умовах впливу військового стану показує, що основний пасажиропотік перевозиться автобусами. В сучасних умовах це є найбільш мобільним та прийнятним видом транспорту

для перевезень в країні Європейського Союзу. Запропоновано оцінювати та покращувати безпеку перевезень на основі інтегрального показника, який характеризує захищеність пасажирів під час транспортування.

#### Список використаних джерел

1. Волинець Л.М. Роль та місце міжнародних перевезень в економічній системі України // Вісн. Нац. трансп. ун-ту: В 2 ч.: Ч.2. К.: НТУ, 2006. Вип. 13. 330 с.
2. Босняк М.Г Пасажирські автомобільні перевезення: навчальний посібник для студентів спеціальності «Організація перевезень і управління на транспорті (автомобільний)». К.: Видавничий Дім «Слово», 2009. 272 с.
3. Волинець Л.М. Міжнародні пасажирські перевезення в контексті інтеграції України до світового господарства // Вісн. Нац. трансп. ун-ту: В 2 ч.: Ч.2. К.: НТУ, 2007. Вип. 15. 420 с.
4. Як повномасштабна війна вплинула на обсяги перевезень в Україні/ Слово і діло : веб. сайт. URL : <https://www.slovoidilo.ua/2023/03/31/infografika/ekonomika/yak-povnomasshtabna-vijna-vplynula-obsyahu-perevezen-ukrayini>.
5. У 2023 році більша частина міжнародного пасажиропотоку припала на автобуси. Info Car : веб. сайт. URL : [https://news.infocar.ua/u\\_2023\\_rotsi\\_bilsha\\_chastyna\\_mizhnarodnoho\\_pasazhyropotoku\\_prypala\\_na\\_avtobusy\\_165210.html](https://news.infocar.ua/u_2023_rotsi_bilsha_chastyna_mizhnarodnoho_pasazhyropotoku_prypala_na_avtobusy_165210.html).

**Макарова Тамара Володимирівна** – к.е.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: tomamakarova@ukr.net.

**Усатий Андрій Михайлович** – здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти групи 1ТТ-22м кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету.

**Makarova Tamara** - Ph. D. (Econ.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: tomamakarova@ukr.net.

**Usatyi Andriy** – master's student of group 1ТТ-22m of the Department of Automobile and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport of the Vinnytsia National Technical University.



УДК 658.27:331.2

Максимов С.В., Максимова О.С.

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РОБОТИ КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ

Оцінки використання кар'єрних автосамоскидів великої вантажопідйомності здійснюється на основі даних вбудованої Системи Контролю Завантаження і Палива, яка забезпечує рівномірне і точне їх завантаження, підвищення продуктивності та зниження собівартості технологічних перевезень.

Представлено аналіз рівня завантаження кар'єрного автосамоскида та його середньо-експлуатаційної продуктивності на основі даних такого контролю.

**Ключові слова:** кар'єрний самоскид, продуктивність, оперативний моніторинг, бортові системи, вантажопідйомність, ефект

*The use of large-capacity mining dump trucks is assessed based on data from the built-in Loading and Fuel Control System, which ensures uniform and accurate loading, increased productivity and reduced process transportation costs.*

*The article presents an analysis of the loading level of a mining dump truck and its average operational performance based on the data of such control.*

**Keywords:** mining dump truck, productivity, operational monitoring, on-board systems, load capacity, effect

Зі збільшенням глибини кар'єрів відбувається зростання експлуатаційних витрат на транспортування корисних копалин. Одним з факторів підвищення ефективності роботи кар'єрних автосамоскидів є найбільш повне використання їхньої вантажопідйомності:

$$K_q = \frac{\sum_{i=1}^n q_{\phi i}}{q_n \cdot n} \quad (1)$$

де  $q_{\phi i}$  – фактична маса вантажу за  $i$ -й рейс, т;

$n$  – кількість виконаних рейсів;

$q_n$  – номінальна (паспортна) вантажопідйомність самоскида, т.

Дослідження показали, що автосамоскиди при вивезенні гірничої маси з кар'єру часто не довантажуються. Тому для виконання виробничих завдань потрібні додаткові вантажні рейси, що призводить до збільшення пробігу самоскидів, зростання витрат палива і мастильних матеріалів.

Прості розрахунки показують, що збільшення коефіцієнта  $K_q$  на 1%, приводить до зменшення витрат палива за робочу зміну на 0,3-0,6 %.

Завантаження кар'єрних автосамоскидів необхідно контролювати, з метою отримання більш повного використання вантажопідйомності в кожному транспортному циклі.

Найбільш ефективний автоматичний контроль завантаження здійснюється за допомогою вбудованих бортових систем. Такі системи широко використовуються за кордоном і починають застосовуватися в Україні.

Найбільший ефект від застосування Системи Контролю Завантаження і Палива (СКЗІП) досягається при створенні автоматизованої диспетчерської системи, яка включає в себе всі кар'єрні самоскиди підприємства. При цьому на автосамоскиді, стандартний бортовий контролер СКЗ-02 оснащується додатковою радіонавігаційною платою, GPS-антенною та радіостанцією для передачі даних. Телеметрична інформація в режимі реального часу передається на диспетчерський центр для обробки і зберігання.

Прикладом комплексного підходу до управління гірничотранспортним устаткуванням є

ПРАТ «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат», де всі великовантажні самоскиди оснащені контролерами СКЗ-02 з радіонавігаційною платою, GPS-антенами та радіостанціями. Це дозволило виключити факти приписок рейсів та підвищити трудову дисципліну.

Для аналізу ефективності використання автоматичної системи контролю завантаження кар'єрних автосамоскидів вантажопідйомністю 130 т, була проаналізована робота 20 таких самоскидів ТОВ «Метінвест Холдинг» на трьох підприємствах ПРАТ «ІНГЗК», ПРАТ «ПІВНГЗК» та ПРАТ «ЦГЗК» з використанням звітів СКЗПІ, встановлених на цих автосамоскидах.

Заявлена вантажопідйомність самоскида у 130 т досягається при роботі на діагональній шині. При використанні радіальних шин вантажопідйомність зростає до 136 т. Таким чином, вага ефективно перевезеного вантажу за одну їзду буде складати 130-136 т.

Перевантаження автосамоскидів приводить до зменшення ресурсу вузлів і агрегатів, збільшення аварійних простоїв, зниженню КТГ та продуктивності автосамоскида та зростання витрат дизельного палива. При цьому, правилами технічної експлуатації (КЕ 75131.0275-17) допускається (як виключення у рідких випадках), перевезення вантажів з перевантаженням до 10% (137-149 т) і у виняткових випадках (одноразово) - з перевантаженням від 10 до 20% (150-163 т). Неприпустиме перевантаження - більше 20% (більше 163 т).

Недовантаження - не ефективне використання вантажопідйомності (менше 130 т), приводить до збільшення кількості рейсів та зростання собівартості транспортування гірничої маси.

Аналіз показує, що вага перевезеного вантажу коливається в межах від 89 до 168 т. Динаміка зміни середньої вантажопідйомності по підприємствах за перше півріччя 2021 року представлена на рис. 1.

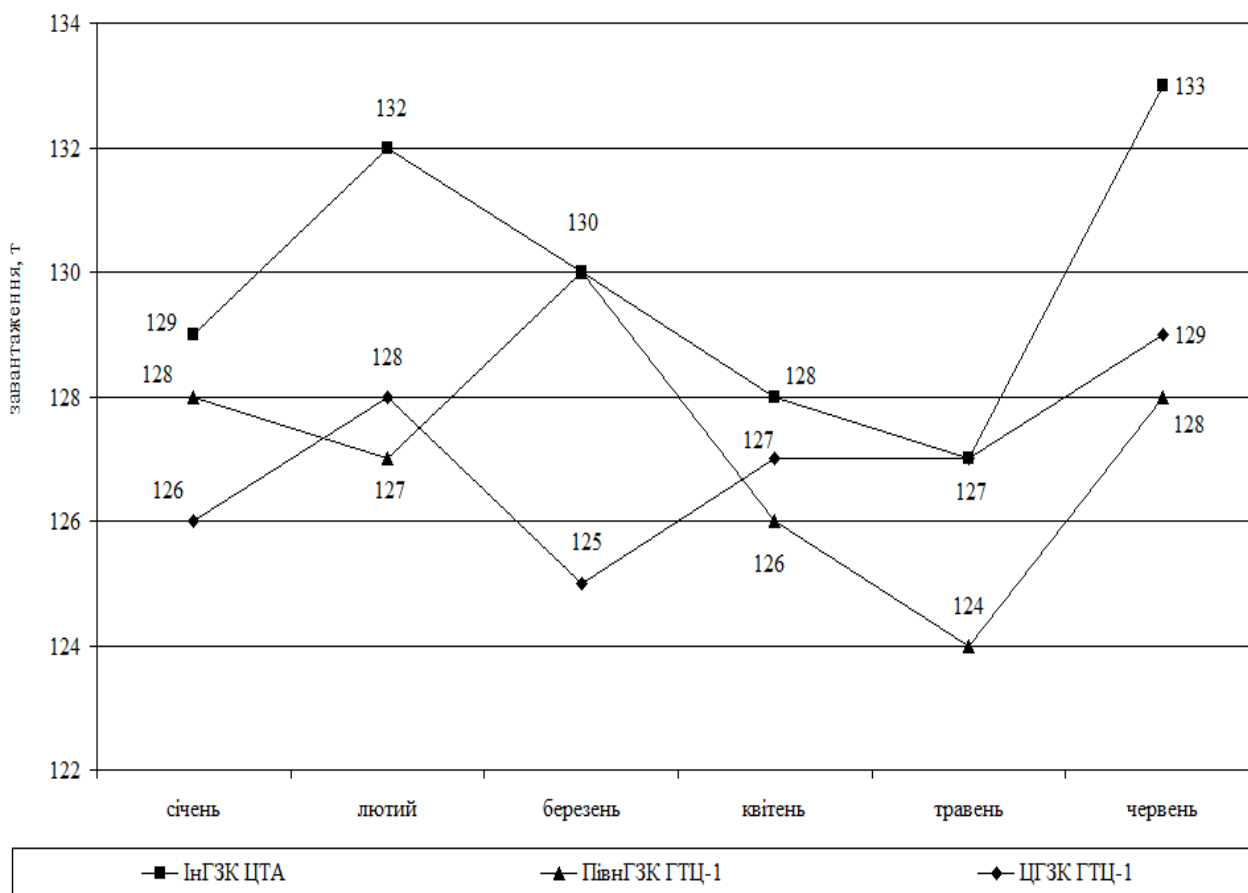


Рисунок 1 – Середнє завантаження кар'єрного автосамоскида

Найбільше завантаження автосамоскида на перевезеннях гірничої маси за червень 2021 року спостерігається на ЦТА ПРАТ «ІнГЗК» - 133 т, і найменша в травні - на ГТЦ-1 ПРАТ «ПівнГЗК» - 124 т.

Розподіл рейсів у діапазоні вантажопідйомності за ступенем ефективності її використання на залізничних кар'єрах Кривого Рогу представлено на рис. 2.

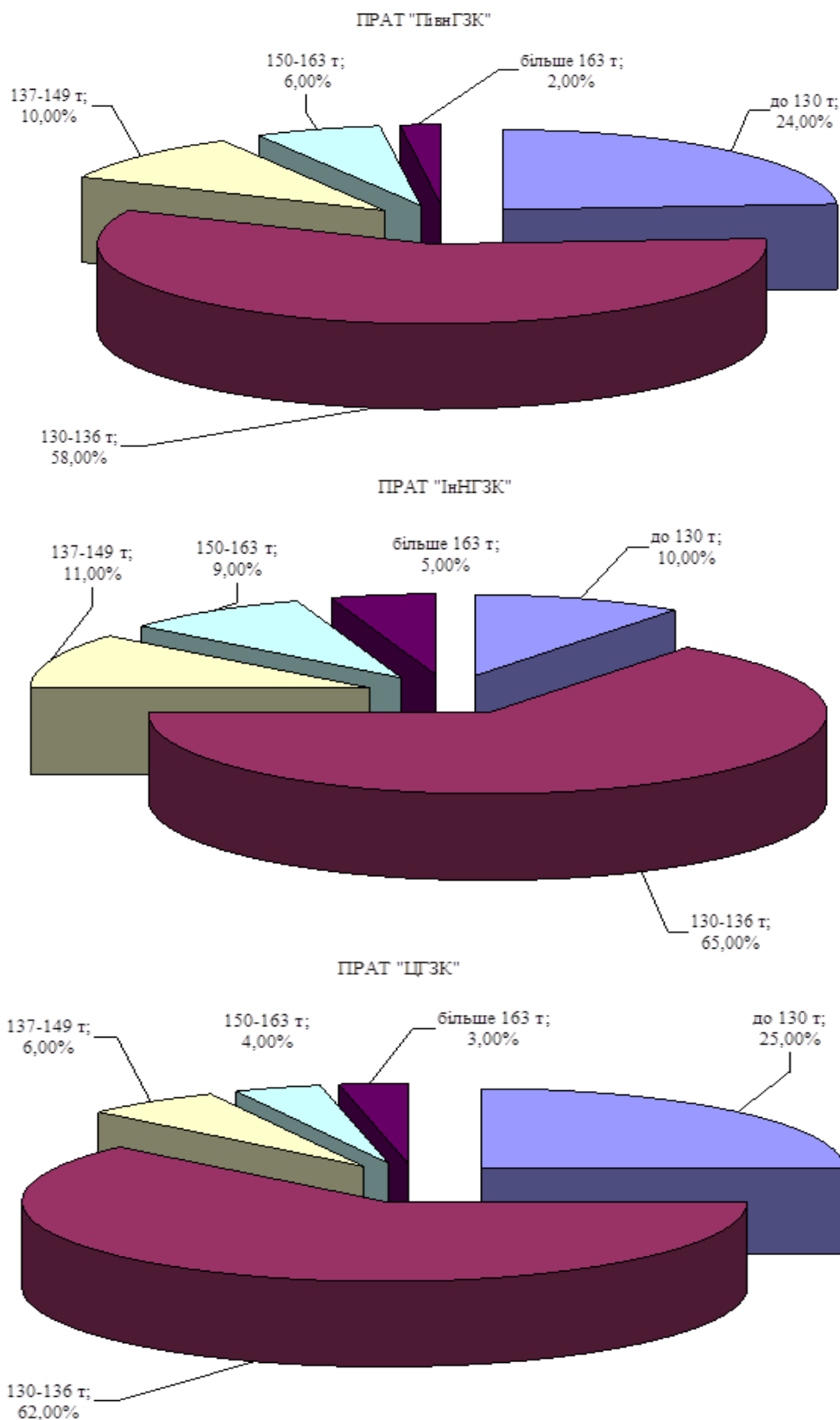


Рисунок 2 – Аналіз ступеня використання вантажопідйомності

Найбільш ефективно (у діапазоні 130-136 т) вантажі перевозяться на ЦТА ПРАТ «ІнГЗК» - 65% всіх рейсів, а найменш ефективно - на ПРАТ «ПівнГЗК» - 58% рейсів. Неефективне перевезення вантажів (до 130 т) найбільше на ПівнГЗК - 24% рейсів і найменша на ПРАТ «ІнГЗК» - 10% рейсів.

Розрахунок можливих втрат у собівартості перевезень гірничої маси самоскидом БЕЛАЗ 75131, на один середньообліковий самоскид за червень 2019 року (при розрахунковій собівартості 0,15 у.е. на 1 т-км) представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Розрахунок можливих втрат у собівартості перевезень гірської маси за червень 2021 р.

Підприємство	Середнє завантаження, т	Недовантаження, т	Втрати транспортної роботи, т-км	Втрати в собівартості, у.е.	Можливі втрати за життєвий цикл, у.е.
ІнГЗК	133	3	18090	2713	172800
ПівнГЗК	129	7	42840	6426	403200
ЦГЗК	128	8	73320	10998	691200

#### Список використаних джерел

1. Монастирський Ю. А., Гальченко А. В., Вівчарик А. В. Аналіз парків кар'єрних самоскидів підприємств центральної частини України. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобілетракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – 9 (1052). – С. 38-42;

2. Прокопенко В. І., Бондаренко Л. А. Фактори підвищення конкурентоспроможності автосамоскидів у вітчизняному виробництві. Економічний вісник НГУ. – 2013. – 4 (44). – С. 45-52.

**Максимов Сергій Володимирович** – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту факультету механічної інженерії та транспорту Криворізького національного університету

**Максимова Олена Сергіївна** – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту факультету механічної інженерії та транспорту Криворізького національного університету

**Maksymov Serhii** – candidate of economic sciences, associate professor of the Department of Motor Vehicle Transport, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Krivyi Rih National University

**Maksymova Olena** – candidate of economic sciences, associate professor of the Department of Motor Vehicle Transport, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Krivyi Rih National University

УДК 653.13(07)

Мельник В.М.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ДВИГУНА «HONDA 3.5» ІЗ СИСТЕМОЮ ВІДКЛЮЧЕННЯ ЦИЛІНДРІВ VCM

В умовах експлуатації швидкісний режим автомобілів часто змінюється, а оскільки двигун Honda 3.5 обладнаний системою відключення циліндрів VCM то з метою оцінки тягово-економічних показників роботи даного двигуна на різних режимах нами досліджено його роботу на різних режимах руху та відключення циліндрів.

**Ключові слова:** автомобіль, економія, двигун, циліндри, відключення, режими руху.

*In operating conditions, the speed mode of cars often changes, and since the Honda 3.5 engine is equipped with a VCM cylinder cut-off system, in order to evaluate the traction and economic indicators of the operation of this engine in different modes, we investigated its operation in different modes of movement and cylinder cut-off.*

**Key words:** car, economy, engine, cylinders, disconnection, driving modes.

Для оцінки тягово-економічних показників роботи двигуна Honda 3.5 побудуємо швидкісну характеристику двигуна, що являє собою графічно виражену залежність потужності, обертового моменту, питомих та годинних витрат палива від частоти обертання колінчатого валу при постійному положенні дросельних заслінок або рейки паливного насосу і при постійних значеннях температури охолоджуючої рідини та оливи [1-4].

Дослідження ЗВШ проводилося за допомогою математичного моделювання.

За результатами досліджень побудовано графічні залежності (рис. 1, 2).

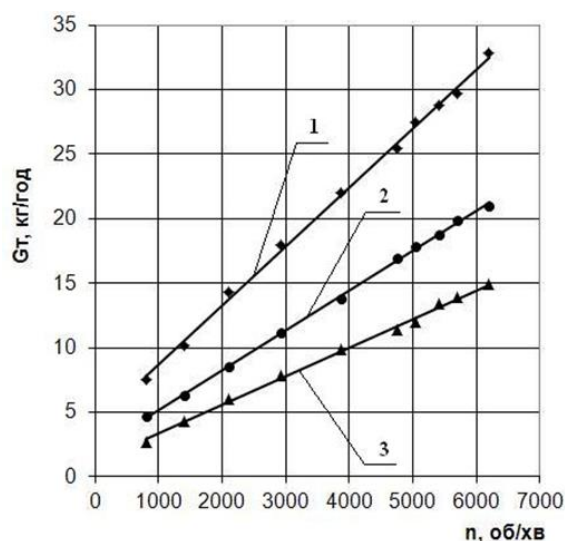


Рисунок 1 – Залежність зміни годинної витрати палива  $G_t$  на різних режимах роботи системи VCM двигуна Honda V6:

1 – режим роботи v6; 2 – режим роботи v4; 3 – режим роботи v3

Годинна витрата палива  $G_t$  в середньому знижується (рис. 1) для режиму v4 на 33%, а при відключенні 3-х циліндрів падіння відбувається на 58%.

Зміна питомої ефективної витрати палива наведена на рис. 2.

Для двигуна Honda V6 питома ефективна витрата палива  $g_e$  за результатами досліджень знижується (рис. 2) для режиму v4 на 4,8%, а при відключенні 3-х циліндрів падіння відбувається на 14,4%.

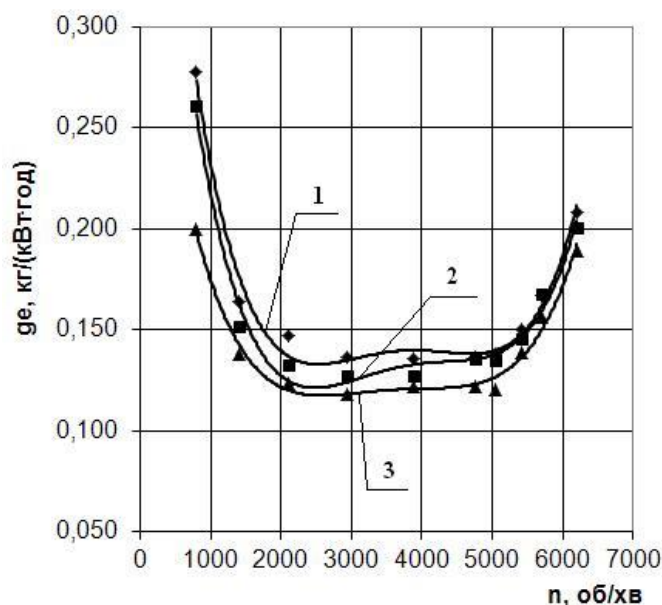


Рисунок 2 – Залежність зміни питомої ефективної витрати палива  $g_e$  на різних режимах роботи системи VCM двигуна Honda V6:

1 – режим роботи v6; 2 – режим роботи v4; 3 – режим роботи v3

Таким чином, з проведених досліджень встановлено, що режими холостого ходу і малих навантажень складають 30% і більше від загального часу експлуатації двигунів у міських умовах. Дроселювання паливовітряної суміші на цих режимах призводить до зниження економічності і підвищення шкідливих викидів.

Система VCM двигуна Honda V6 забезпечує 3 режими роботи двигуна: v6; v4; v3.

В результаті отриманих результатів досліджень ЗВШ встановлено, що:

- годинна витрата палива в середньому знижується для режиму v4 на 33%, а при відключенні 3-х циліндрів падіння відбувається на 58%;
- питома ефективна витрата палива за результатами досліджень знижується для режиму v4 на 4,8%, а при відключенні 3-х циліндрів падіння відбувається на 14,4%.

#### Список використаних джерел

1. Анісімов В.Ф. Автомобільні двигуни. Методи побудови теоретичних діаграм теплового, динамічного розрахунків та характеристики автотракторних двигунів: навч. посіб. / В. Ф. Анісімов, В. В. Біліченко, В. І. Музичук, М. В. Митко. – Вінниця : ВНТУ, 2022. – 172 с.
2. Абрамчук Ф.І. Конструкція і динаміка двигунів внутрішнього згорання: конспект лекцій / Ф.І. Абрамчук, А.П. Кузьменко, І.М. Нікітченко. – Х.: ХНАДУ, 2015. – Ч. 1. – 113 с.
3. Абрамчук Ф.І. Автомобільні двигуни: Підручник. – 3-є видання / Ф.І. Абрамчук, Ю.Ф. Гутаревич, К.Є. Долганов, І.І. Тимченко. – К. Арістей. 2007. – 476 с.
4. Коробко А., Молодан А. Зміна потужності і витрати палива двигуна колісної машини під час вимикання частини його циліндрів / Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України, №22 (36), 2018. – С 268-274.

**Мельник Василь Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент 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.

УДК 656.13.071

Митко М.В., Бажан М.Ю., Тихонов А.Ю.

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ДОЦІЛЬНОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ РОБІТ АВТОМОБІЛІВ В ТАКСОМОТОРНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Пропонується розглянути визначені мінімальні обсяги контрольної-діагностичних робіт (Д-1, Д-2) автомобілів, які зможуть дозволити усунути проблему можливих надлишкових витрат на утримання власної виробничо-технічної бази при недоцільності виконання таких робіт на власному таксомоторному підприємстві.

Одним із важливих аспектів при удосконаленні структури виробничих підрозділів контрольної-діагностичних робіт (Д-1, Д-2) в таксомоторних підприємствах є визначення мінімальних обсягів робіт з рухомого складу, при яких доцільно виконувати роботи на підприємстві.

**Ключові слова:** автомобілі, автотранспортні підприємства, собівартість виконання робіт, технічне обслуговування, поточний ремонт, централізовано-спеціалізовані виробництва.

*It is proposed to consider the specified minimum volumes of control and diagnostic works (D-1, D-2) of cars, which will allow to eliminate the problem of possible excess costs for maintaining one's own production and technical base when it is impractical to perform such works at one's own motor vehicle enterprise.*

*One of the important aspects in improving the structure of production divisions of control and diagnostic work (D-1, D-2) in taxi companies is the determination of the minimum volumes of work on rolling stock, at which it is expedient to perform work at the enterprise.*

**Key words:** cars, motor transport enterprises (MTE), cost of delivery, cost of work execution, maintenance, current repair, centralized-specialized production.

Метою роботи є визначення доцільності створення виробничих підрозділів для виконання загального (Д-1) та поглибленого (Д-2) діагностування робіт автомобілів в таксомоторних АТП в залежності від обсягів вказаних робіт та собівартості їх виконання на підприємстві.

Так при кількості автомобілів 20-25 одиниць в таксомоторному АТП завантаження постів загального (Д-1) та поглибленого (Д-2) діагностування при дослідженні показало, що складає 15-20 %.

Найбільш доцільним критерієм для визначення доцільності створення виробничих підрозділів із загального (Д-1) та поглибленого (Д-2) діагностування в автотранспортних підприємствах є собівартість 1-ї людино-години робіт з ТО і ремонту транспортних засобів.

Необхідно відзначити, що собівартість робіт із загального (Д-1) та поглибленого (Д-2) діагностування автомобілів, яке залежить не тільки від обсягів робіт, але і від вартості технологічного обладнання, необхідної виробничої площі, чисельності робітників, їх заробітної плати та інших чинників.

Собівартість 1 людино-години робіт з обслуговування та ремонту автомобілів в  $k$ -му виробничому підрозділі АТП визначається [1, 2, 4, 5]:

$$C_{1 \text{ л.-г.}} = (ЗП_{р\text{іч}(р\text{н})} + C_{ам(р\text{п})} + C_{ам(об)} + C_{ен.с\text{ис.}}) / T_{ТОР}, \quad (1)$$

де  $ЗП_{р\text{іч}(р\text{н})}$  – річна заробітна плата ремонтного працівника, грн;  $C_{ам(р\text{п})}$  – річні амортизаційні витрати на приміщення, грн;  $C_{ам(об)}$  – річні амортизаційні витрати на обладнання, грн;  $C_{ен.с\text{ис.}}$  – річні витрати на енергосистеми (енергозабезпечення, водопостачання, опалення і т. п.), грн;  $T_{ТОР}$  – річний обсяг робіт з ТО і ремонту, люд.-год.

Розрахунки виконувались для таксомоторних підприємств, в яких виконуються кожний

вид робіт з ТО і ремонту автомобілів в обсязі: 100, 250, 500, 750, 1000, 1250, 1500, 2000, 2500, 5000, 7500, 10000, 12500, 15000, 20000 людино-годин.

Статистична інформація, яка необхідна при дослідженні доцільності створення виробничих підрозділів з обслуговування та ремонту автомобілів, збиралася на діючих автотранспортних і автосервісних підприємствах м. Вінниця та порівнювалася з аналогічною інформацією інших обласних центрів України.

Залежності зміни собівартості контрольно – діагностичних робіт (Д-1, Д-2) автомобілів від обсягів цих робіт в таксомоторному АТП наведено на рисунках 1 та 2.

На основі отриманих значень собівартостей 1-ї людино-години визначені мінімальні обсяги, при яких доцільно виконувати конкретні види робіт загально діагностичних робіт (Д-1) та поглиблено діагностичних робіт (Д-2) автомобілів і створювати відповідні виробничі підрозділи в таксомоторних підприємствах.

Мінімальні обсяги робіт із загального (Д-1) та поглибленого (Д-2) діагностичних робіт автомобілів встановлені шляхом порівняння собівартості виконання наведених робіт в таксомоторному підприємстві із вартістю виконання цих робіт на автосервісних або авторемонтних підприємствах (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Мінімальні обсяги контрольно – діагностичних робіт (Д-1, Д-2) автомобілів, при яких доцільно виконувати роботи в таксомоторному автотранспортному підприємстві [1]

Найменування робіт з ТО і ремонту	Мінімальні обсяги робіт, люд.-год	Орієнтована мінімальна кількість автомобілів
Загальне діагностування (Д-1)	1000 – 1250	100 – 130
Поглиблене діагностування (Д-2)	750 – 1000	65 – 90

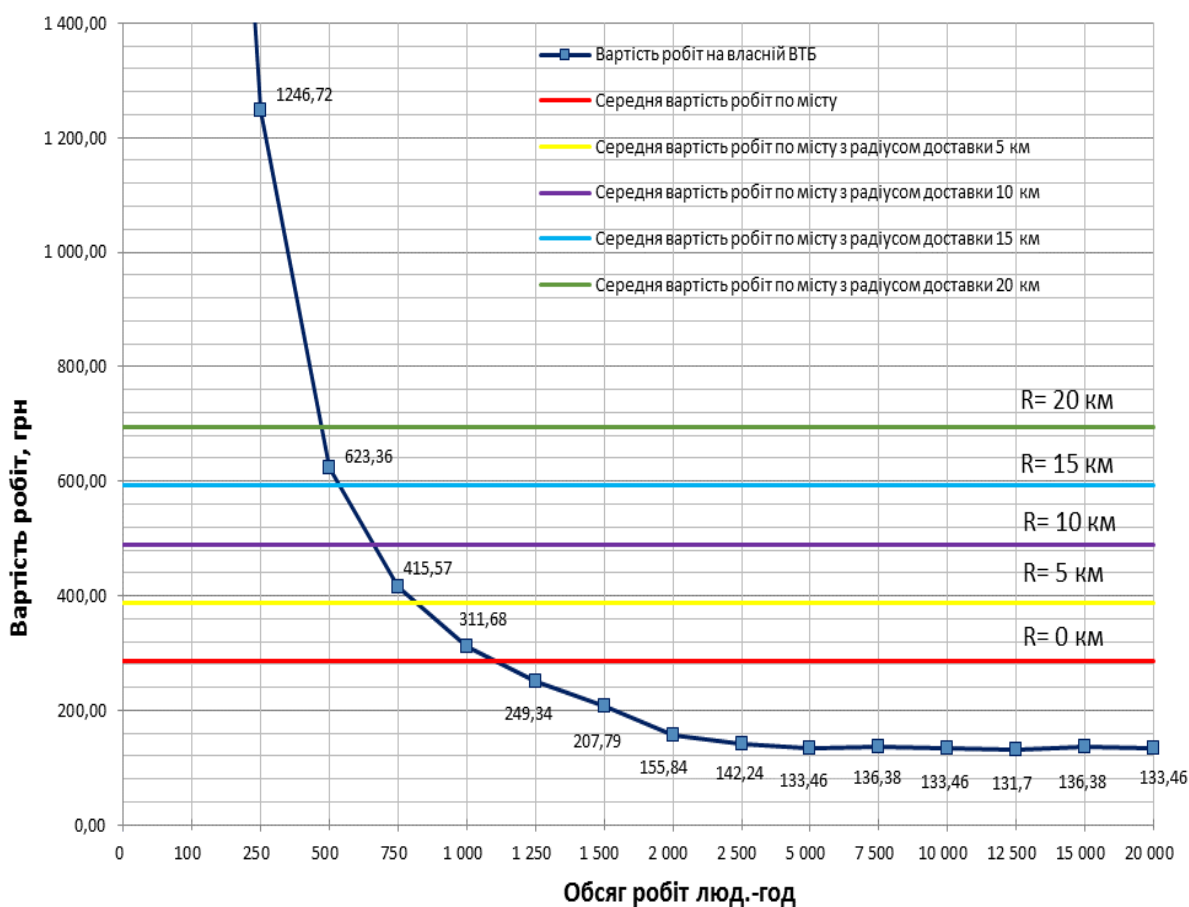


Рисунок 1 – Залежність собівартості загально-діагностичних робіт (Д-1) в таксомоторному підприємстві



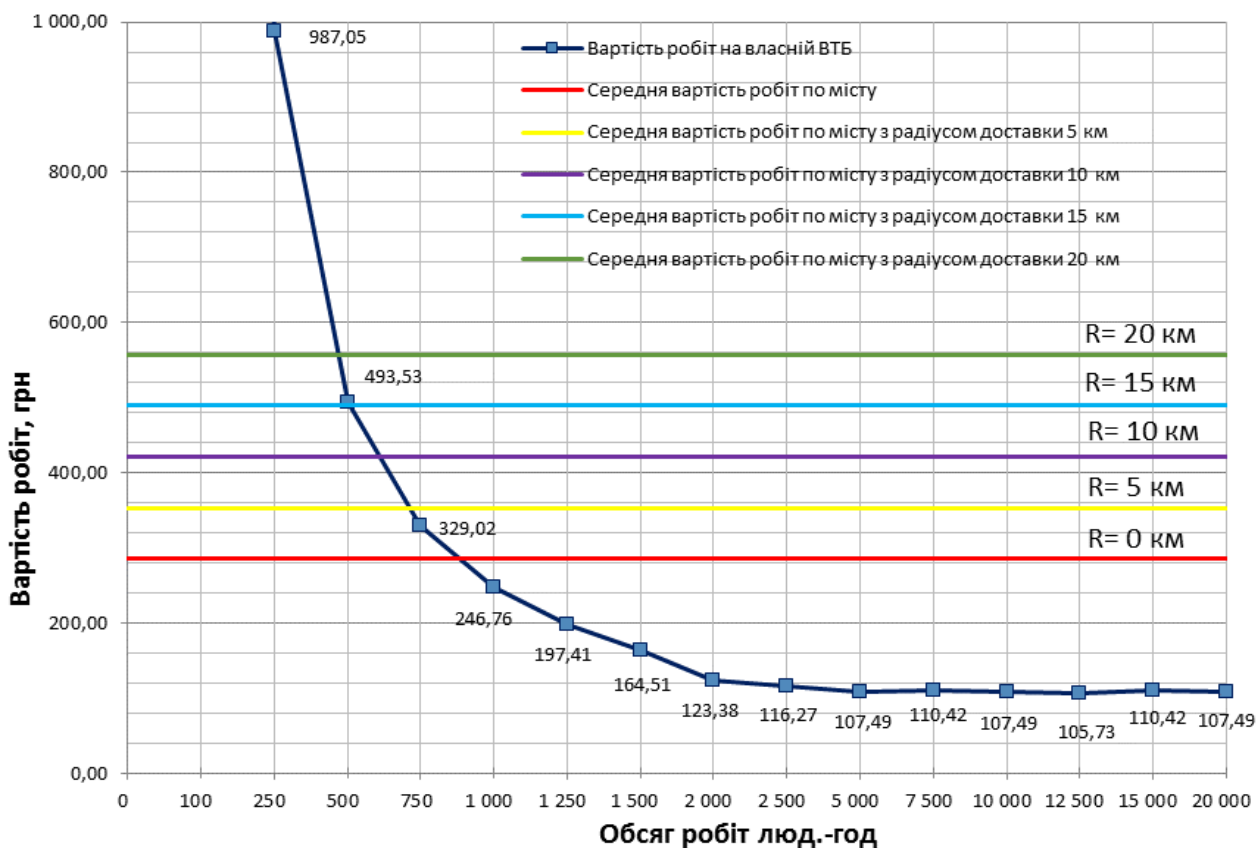


Рисунок 2 – Залежність собівартості поглиблено діагностичних робіт (Д-2) в таксомоторному підприємстві

Так в таксомоторному АТП за наведених вище умов доцільне створення загального та поглибленого діагностичних постів (Д-1), (Д-2) з обсягом робіт у 1000-1250 людино-годин на рік, яке має орієнтовно складає 100 – 130 автомобілів для (Д-1) та 65 – 90 для (Д-2).

Вартість доставки автомобілів та ремонтного фонду в автосервісні підприємства наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Вартість доставки автомобілів та ремонтного фонду таксомоторного АТП в автосервісні підприємства, яка припадає на 1 людино-годину трудомісткості робіт із ТО і ремонту [1]

Найменування робіт з ТО і ремонту	Вартість доставки в залежності від відстані до сервісного центру, грн. / люд.-год.			
	5 км	10 км	15 км	20 км
Загальне діагностування (Д-1)	102,23	204,46	306,69	408,92
Поглиблене діагностування (Д-2)	68,15	136,3	204,45	272,6

У таблиці 2 вказано вартість доставки автомобілів та ремонтного фонду в автосервісні підприємства, яка припадає на 1 людино-годину трудомісткості робіт з ТО і ремонту.

Для таксомоторних АТП економічно доцільний радіус кооперації для (Д-1) складає 110-170 км, а для (Д-2) складає 120-200 км в таксомоторному АТП.

Отримані економічно доцільні радіуси доставки при виконанні робіт (Д-1) і (Д-2) автомобілів за кооперацією суттєво відрізняються від наведених в науково-навчальній літературі.

Визначені мінімальні обсяги робіт загального (Д-1) та поглибленого (Д-2) діагностичних постів автомобілів дозволяють усунути проблему можливих надлишкових витрат на

утримання власної виробничо-технічної бази при недоцільності виконання даних робіт на власному автотранспортному підприємстві.

#### Список використаних джерел

1. М. В. Митко. *Підвищення ефективності роботи автотранспортних підприємств удосконаленням структури виробничих підрозділів*: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Митко Микола Васильович. – К., 2019. – 251 с.
2. М. В. Митко. *Підвищення ефективності роботи автотранспортних підприємств удосконаленням структури виробничих підрозділів*: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Митко Микола Васильович. – К., 2019. – 20 с.
3. М.В. Митко. *Удосконалення структури виробничих підрозділів з обслуговування та ремонту автомобілів*. Вісник Вінницького політехнічного інституту. Науковий журнал. Вінниця: ВНТУ, 2018. – Вип. 6 (141). – С. 104-110.
4. Ю. Х. Савін, М. В. Митко. *Визначення економічно доцільних відстаней доставки автомобілів на підприємства автосервісу*. Вісник Вінницького політехнічного інституту. Науковий журнал. Вінниця: ВНТУ, 2019. – Вип. 2 (143). – С. 99-104.
5. Ю. Х. Савін, М. В. Митко. *Методика визначення доцільності створення виробничих підрозділів з обслуговування та ремонту транспортних засобів*. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк, Україна: Луцький НТУ, 2016, № 2 (6).– 130-138 с.
6. Ю. Х. Савін, М. В. Митко. *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.

**Митко Микола Васильович** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

**Бажан Максим Юрійович** – студент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

**Тихонов Андрій Юрійович** – студент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету

**Mytko Mykola** – candidate of technical sciences, senior lecturer of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

**Bazhan Maksim** – student of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

**Tykhonov Andrii** – student of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University

УДК 621.436

Мороз Л.В., Сафтюк Я.В.

## АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ КОЛІСНИХ ВОЄННИХ МАШИН СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Фактори, які впливають на технічний стан колісних воєнних машин спеціального призначення у ході використання їх за призначенням, відповідним чином впливають і на саму систему технічного обслуговування і ремонту.*

*Наведено аналіз особливостей застосування підрозділів інженерних військ під час ведення бойових дій за останні роки.*

***Ключові слова:** колісні воєнні машини спеціального призначення, технічний стан, система технічного обслуговування і ремонту.*

*Factors that affect the technical condition of special-purpose wheeled military vehicles during their intended use have a corresponding effect on the maintenance and repair system itself.*

*An analysis of the features of the use of engineering units during hostilities in recent years is provided.*

***Key words:** special purpose wheeled military vehicles, technical condition, maintenance and repair system.*

Фактором називають обставини, що визначають причинно-наслідкові зв'язки в процесі який розглядається.

Отже фактори, які впливають на технічний стан колісних воєнних машин спеціального призначення(КВМСП) у ході використання їх за призначенням, відповідним чином впливають і на саму систему технічного обслуговування і ремонту. Умовно їх можливо поділити на зовнішні і внутрішні [1, 2].

До зовнішніх факторів, які впливають на функціонування системи технічного обслуговування і ремонту КВМСП належать:

- особливості застосування КВМСП при виконанні задач інженерного забезпечення бою в сучасних умовах;
- можливості противника щодо ураження як КВМСП, так і сил та засобів технічного обслуговування і ремонту;
- фізико-географічні та кліматичні умови району виконання бойових задач.

Сучасні умови застосування КВМСП потребують впровадження та використання інженерної техніки, яка створена на базі танків, або на спеціальній гусеничній базі, та здатна виконувати задачі під вогнем противника, в умовах масових пожарів, завалів та руйнувань, на радіоактивно-зараженій місцевості, вдень та вночі, в різних кліматичних умовах.

Також необхідно враховувати специфічність виконання задач інженерного забезпечення в сучасному бою, а як наслідок і застосування КВМСП. Ця специфічність визначається, по-перше, різноманітністю задач інженерного забезпечення, яка приводить до великого розосередження по фронту та в глибину оперативного шиккування військ не тільки частин, але і підрозділів інженерних військ, по-друге, великою різноманітністю техніки в частинах і підрозділах інженерних військ, при цьому більшість КВМСП (УР-77, ІМР-2, ГМЗ-3, ІРМ та інші) знаходяться у невеликих кількостях, що не тільки ускладнює систему технічного обслуговування і ремонту КВМСП, але і при виході зі строю окремих машин ставить під загрозу виконання окремих задач інженерного забезпечення.

Аналіз особливостей застосування підрозділів інженерних військ під час ведення бойових дій за останні роки показав, що середньодобовий вихід зі строю як КВМСП, так і сил

та засобів їх технічного обслуговування та ремонту за технічними причинами і під впливом вражаючої сили противника складає в середньому 9-12%.

Відповідно до засад застосування Збройних Сил України, бойові дії будуть проводитись лише на території України, на території якої розташована велика кількість рівнин, що сприяє відносно вільному пересуванню і здійсненню маневру військ. Але не потрібно забувати про миротворчу діяльність військових контингентів з України в Іраку, Лівані та інших країнах зі складними фізико-географічними та кліматичними умовами, де гірські хребти, водні перешкоди та важкі ґрунти суттєво впливають на використання та технічний стан КВМСП [8].

Кліматичні умови проявляються в метеорологічному впливі температури, вологості і тиску повітря, а також домішок у повітрі у вигляді пилу, піску, солей і кислот.

Висока температура впливає на погіршення властивостей гумотехнічних виробів, зменшує термін їх роботи. Вплив світла на матеріали визначається головним чином у хімічному розкладанні деяких органічних матеріалів – пластмас, фарби, матерії, гумотехнічних виробів.

Вплив вологи визначається не тільки втратами металу і зниженням механічної міцності через корозію, а і зменшенням опору ізоляції електропроводки, погіршенням термоізоляційних якостей матеріалів, зменшенням точності і скороченням термінів роботи механізмів (у першу чергу радіоелектронної апаратури, контрольно-вимірювальних приладів, спеціальних систем).

Таким чином перераховані зовнішні фактори безпосередньо впливають на особливості функціонування системи технічного обслуговування і ремонту КВМСП.

До внутрішніх факторів, які впливають на ефективність функціонування системи технічного обслуговування і ремонту КВМСП належать:

- надійність зразків КВМСП;
- кваліфікація обслуговуючого персоналу;
- технічний стан КВМСП.

Під надійністю розуміють властивість КВМСП виконувати задані функції, зберігаючи при цьому у часі значення встановлених експлуатаційних показників в заданих межах, які відповідають заданим режимам та умовам використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання та транспортування. Значення надійності фактично полягає в збереженні тактико-технічних показників машини в процесі експлуатації [3]. Надійність машини закладається ще на перших трьох етапах її життєвого циклу: при дослідженні і обґрунтуванні, при розробці та при виробництві, і підтримується на наступних четвертому та п'ятому етапах – при експлуатації та капітальному ремонті [4]. Але завжди існували та будуть існувати такі поняття як конструктивні недоліки і технологічні причини виходу із строю машини які впливають на технічний стан КВМСП та призводять до виникнення відмов.

Наступний внутрішній фактор, який впливає на ефективність функціонування системи технічного обслуговування і ремонту КВМСП, є кваліфікація обслуговуючого персоналу. Вихід КВМСП із строю в результаті низької підготовленості особового складу, що приводить до порушення правил експлуатації, та як наслідок до виникнення відмов, носить випадковий характер але періодично трапляється. Та очевидно в найближчий час можна сподіватися, що при переході на контрактну службу основна маса молодших спеціалістів будуть мати високу кваліфікацію та кількість відмов по даному фактору буде не значною.

Одним з головних факторів, який впливає на ефективність функціонування системи технічного обслуговування і ремонту КВМСП є технічний стан зразків, який, в свою чергу, залежить в основному від їх напрацювання з початку експлуатації, терміну перебування в експлуатації та терміну утримання на зберіганні.

На сучасному етапі розвитку Збройних Сил України склались такі умови, коли більша частина зразків КВМСП відпрацювала свій встановлений ресурс і їх технічний стан не відповідає сучасним вимогам. За роки існування самостійної України було розроблено та прийнято на озброєння нові зразки КВМСП: полкова землерийна машина ПЗМ-3, мінний

загороджувач «Кремій» та інші. На озброєнні Збройних Сил України на даний час знаходяться понад 5% КВМСП, термін експлуатації яких складає від 10 до 15 років, понад 35% КВМСП – від 15 до 20 років експлуатації та понад 60% КВМСП – більше 20 років експлуатації.

На технічний стан, а в свою чергу і на ефективність функціонування системи технічного обслуговування і ремонту КВМСП, поряд з іншими факторами суттєво впливає напрацювання їх з початку експлуатації і термін перебування в експлуатації.

Із збільшенням напрацювання і терміну перебування КВМСП в експлуатації під дією експлуатаційних факторів через знос, старіння, розвиток корозійних процесів, тощо у системах, вузлах і агрегатах відбуваються безповоротні процеси погіршення їх технічного стану, що спричиняє виникнення відмов у роботі.

Також більше ніж 75% КВМСП у Збройних Силах України знаходяться на довготривалому та короткочасному зберіганні, з них 70% зберігається на відкритих майданчиках, що приводить до погіршення технічного стану окремих деталей, вузлів та агрегатів КВМСП (корозія металу, замкнення електрообладнання, тріщини гумотехнічних виробів та інші).

Таким чином, всі вище перераховані фактори, в більшій чи меншій ступені, впливають на необхідність розробки організаційних та технічних заходів щодо підвищення ефективності функціонування системи технічного обслуговування і ремонту КВМСП. Ці заходи можуть оцінюватися тривалістю проведення робіт з технічного обслуговування і ремонту КВМСП, яка в свою чергу є оціночними показниками функціонування системи технічного обслуговування і ремонту КВМСП.

Ефективність функціонування системи технічного обслуговування і ремонту КВМСП значною мірою залежить від номенклатури та кількості запасних частин та їх ешелонування по підрозділам ремонту КВМСП.

#### Список використаних джерел

1. Баранов А. М. Аналіз факторів, які впливають на формування номенклатури та кількості запасних частин для проведення робіт з технічного обслуговування і ремонту машин інженерного озброєння / А.М. Баранов, Ю.М. Баранов // Збірник наукових праць НА ДПСУ. Серія: військові та технічні науки. – 2018. – №2 (76). – С. 27–34
2. Поляков А. П. Чепак О. Г. Математична модель визначення періодичності проведення та обсягів робіт технічного обслуговування// Труды академії 2004. – № 57. – С. 325 – 331.
3. Експлуатація та ремонт військової техніки. Терміни та визначення: ДСТУ В 3676-97. – Київ, 1998. – 59 с.
4. Експлуатація та ремонт військової техніки. Терміни та визначення: ДСТУ В 3576-97. – К.: Держстандарт України, 1997. – 64 с.

**Мороз Лариса Василівна** – ст. викладач, кафедра військової підготовки, Вінницький національний технічний університет

**Сафтук Ярослав Владиславович** – слухач Вінницького національного технічного університету

**Moroz Larysa V.** — senior Lecturer, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University

**Saftuk Jaroslav** — listener, Vinnytsia National Technical University

УДК 656

Назаров О.А., Мухіна Н.А.

## КОНЦЕПЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСТАВКИ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА ВЛАСНИМ АВТОТРАНСПОРТОМ

*Для доставки продукції підприємства використовується спеціальний автомобільний транспорт для перевезення великовагових та негабаритних вантажів.*

*У статті описується концепція постановки задачі організації доставки продукції споживачу власним автотранспортом виробника.*

**Ключові слова:** *перевезення, вантаж, вантажний автомобіль, селектор, маршрут, векторна оптимізація.*

*For the delivery of the company's products, special road transport is used for the transportation of heavy and oversized cargo.*

*The article describes the concept of setting the task of organizing the delivery of products to the consumer by the manufacturer's own vehicles.*

**Key words:** *transportation, cargo, truck, selector, route, vector optimization.*

Підприємство важкого будівництва виробляє продукцію, яка користується стабільним попитом. Доставка продукції потребує спеціального автотранспорту, тому що частина вантажу є великоваговою і негабаритною, а це накладає додаткові обмеження на час перевезення і на маршрут.

Щоб задовільнити замовлення клієнтів, доводиться звертатися до логістичних компаній та замовляти комплексну послугу на доставку кожної окремої партії своєї продукції споживачеві. Але така послуга, по-перше, має обмежену кількість пропозицій, через яку може утворюватися черга замовлень, а по-друге, послуга дорого коштує.

Щоб убезпечити себе від ризиків зрвати поставки продукції і скоротити витрати на доставку продукції споживачам за рахунок відмови від послуг логістичних компаній, керівники підприємства замислилися над питанням придбати спеціальний автотранспорт і користуватися ним для доставки своєї продукції клієнтам.

Відтак, постає ще низка питань, пов'язаних з тим, як слід організувати перевезення продукції виробничого підприємства замовнику власним автотранспортом, щоб максимально скоротити термін доставки вантажу і водночас мінімізувати витрати на перевезення. Для організації доставки партії продукції власним автотранспортом підприємству потрібно визначитися з тим, який для того потрібен автомобільний парк (марки автомобілів та автопричепів, їх кількість), визначитися з маршрутом, з кількістю водіїв в екіпажі, з графіком руху автомобілів у поїздки тощо.

Множину всіх потрібних організаційних заходів для доставки однієї партії продукції замовнику позначимо у вигляді списку:

$$\Omega = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n], \quad (1)$$

де  $\omega_1$  - вибір марки автомобіля та автопричепа та їх кількості;

$\omega_2$  - вибір кількості водіїв в екіпажі;

$\omega_3$  - вибір маршруту перевезення;

$\omega_4$  - вибір графіку руху автомобілів у поїздки.

Будемо вважати, що кожний організаційний захід можна реалізувати

$$\Xi_k = \{\theta_{k1}, \theta_{k2}, \dots, \theta_{kn_k}\}, k = 1, n \quad (2)$$

способами, а кожен елемент  $\theta_{kn_k}$  будемо оцінювати за двома величинами – часом і вартістю

виконання перевезення партії продукції підприємства. Варіанти організації перевезення продукції будемо називати селекторами (рис. 1).

Розглянемо один із варіантів організації перевезення продукції.

$$\gamma : \llbracket [\omega_1, \theta_{1i}], [\omega_2, \theta_{2i}] \dots [\omega_n, \theta_{ni_n}] \rrbracket \gamma \in \Gamma, \quad (3)$$

де  $\Gamma$  – набір всіляких варіантів;

$\gamma$  – селектор.

Варіанти характеризуватимуться часом і витратами.

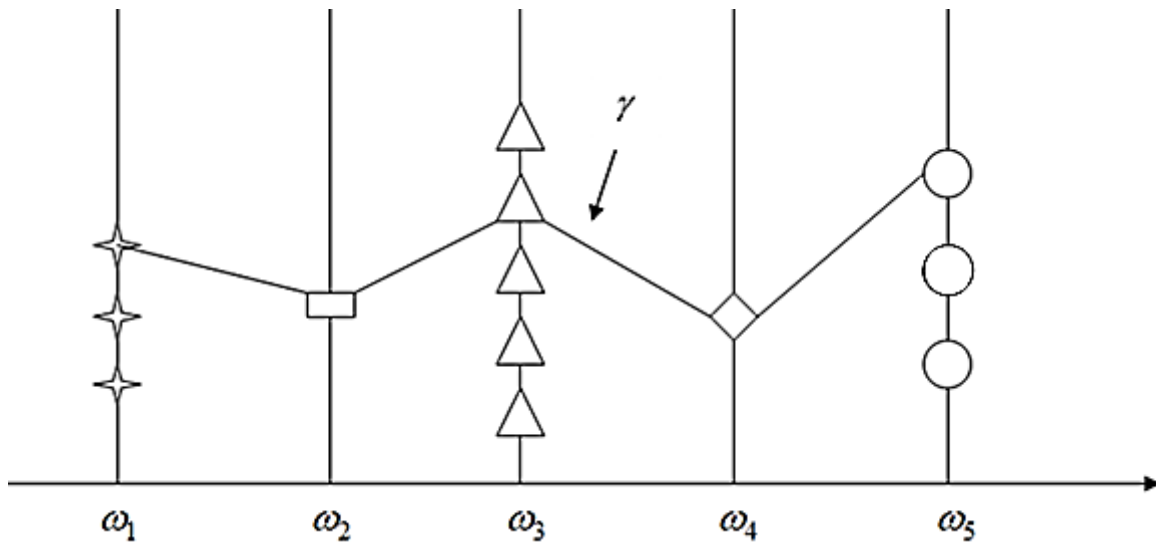


Рисунок 1 – Схематичне подання селектора

Тут у вигляді кружечків, трикутників, зірочок, прямокутників та ромбів умовно позначені технологічні операції.  $\theta_{ij}$ . Лінією позначено один з варіантів вибору організації технології по фазах.

Звідси приходимо до задачі векторної оптимізації, якщо кожному селектору  $\gamma \in \Gamma$  поставимо у відповідність два числа  $z(\lambda), t(\gamma)$ , які ми мінімізуємо

$$\begin{pmatrix} z(\gamma) \\ t(\gamma) \end{pmatrix} \longrightarrow \min$$

де під  $z(\gamma)$  маємо на увазі витрати на організацію перевезення продукції, а під  $t(\gamma)$  – час перевезення.

Коли множина фаз  $\Omega$  і множина  $\Xi_i, i = 1, n$  – дискретні, то рішення очевидно існує.

Очевидно, щоб скоротити час доставки продукції, треба витратити додаткові кошти. Але можна зекономити кошти за рахунок збільшення терміну доставки.

Отже, в математичному плані отримали задачу векторної оптимізації за двома показниками. Задача полягає у визначенні множини селекторів, незрівняних за відношенням Парето.

### Список використаних джерел

1. Кобзев І. П., Назаров О. А., Мухіна Н. А. Постановка задачі організації перевезень продукції підприємства власним транспортом. Перспективи взаємодії залізниць та промислових підприємств: тези 12-ї міжнарод. наук.-техн. конф. – Дніпро: УДУНТ, 2023. – С. 47-48.
2. Пасічник В. В., Виклюк Я. І., Камінський Р. М. Моделювання складних систем. Посібник. Львів: Видавництво "Новий Світ - 2000". 2017. 404 с.

**Назаров Олексій Анатолійович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних вузлів факультету управління процесами перевезень Українського державного університету науки і технологій.

**Мухіна Наталія Анатоліївна** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри вищої математики факультету будівництва, архітектури та інфраструктури Українського державного університету науки і технологій.

**Oleksii Nazarov** – candidate of technical sciences, Docent, Docent of the Department of Transport Hubs, Faculty of Management of Transportation Processes, Ukrainian State University of Science and Technologies.

**Mukhina Nataliia** – candidate of technical sciences, senior lecturer of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Construction, Architecture and Infrastructure, Ukrainian State University of Science and Technologies.



УДК 656.132

Павленко В.М., Кужель В.П., Мануйлов В.М.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ТА БЕЗПЕЧНИХ ПОЛІМЕРНИХ ПОКРИТТІВ ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ

*В роботі розглядаються акрилові покриття, які є важливою складовою частиною захисту автомобільних конструкцій від впливу негативних факторів навколишнього середовища. Приділено увагу розробкам екологічно чистих полімерних покриттів, що відповідають вимогам сталого розвитку та дозволяють зменшити екологічний вплив промисловості на довкілля.*

**Ключові слова:** *автомобіль, дослідження, корозія, лакофарбове покриття, екологічна безпека, антикорозійні покриття, фарба.*

*The paper discusses acrylic coatings, which are an important part of protecting automotive structures from the effects of negative environmental factors. Attention is paid to the development of environmentally friendly polymer coatings that meet the requirements of sustainable development and reduce the environmental impact of the industry on the environment.*

**Key words:** *automobile, research, corrosion, paintwork, environmental safety, anti-corrosion coatings, paint.*

Лакофарбові матеріали в автомобільній індустрії мають одну з головних значень, вони використовуються для зовнішнього вигляду та захисту автомобілів з ціллю продовжити їх термін служби. Протягом останніх десятиліть відбулись значні зміни в розробці цих матеріалів, що спричинило новаторські підходи до використання і вдосконалення лакофарбових покриттів в автомобільній сфері [1].

Дослідники роблять спроби створити нові сплави, покриття та плівки, які мають високу стійкість до корозії і можуть захищати металеві поверхні від ушкоджень. Розробляють нові лакофарбові матеріали, які є більш стійкими до корозії та зносу. Проводять різні тестування, щоб визначити, наскільки ефективними є антикорозійні матеріали в умовах реальної експлуатації автомобілів. І також звертають увагу на екологічну прийнятність антикорозійних матеріалів, шукаючи способи зменшення впливу виробництва та використання цих матеріалів на навколишнє середовище.

Зв'язуюча речовина може вважатися найважливішим компонентом антикорозійного покриття. Фактично, зовнішній вигляд та антикорозійні властивості сухого органічного покриття залежать від хімічного складу та механізму затвердіння зв'язуючої речовини. Тому в цьому огляді системи покриттів будуть поділені на чотири основні категорії на основі типу смоли: епоксидна; поліефірна; поліуретанова; акрилова.

Розглянемо детально акрилові фарби, які є водорозчинними покриттями, вважаються більш екологічними, ніж класичні епоксидні або PU покриття. Однак, формування щільної перехресної мережі у водорозчинному акриловому покритті є складним, що обмежує його довговічність та антикорозійні властивості. Щоб подолати цей недолік, дослідники зосередили зусилля на модифікації полімерного покриття шляхом додавання неорганічних або органічних матеріалів.

Чисті акрилові покриття мають тенденцію утворювати поверхні з великою кількістю мікропористих дефектів, які можуть формуватися під час процесу висихання. Додавання графеномодифікованих нанопластинок  $\text{CeO}_2$  у водорозчинне акрилове покриття сприяє зменшенню кількості мікропор і збільшенню антикорозійної продуктивності остаточної фарби. Це обумовлено поєднанням відмінної бар'єрної стабільності графену та хороших інгібіторних властивостей  $\text{CeO}_2$ , які можуть запобігати корозії за рахунок вивільнення  $\text{Ce}^{3+}$ .

Запропонований авторами механізм показаний на (рис. 1).

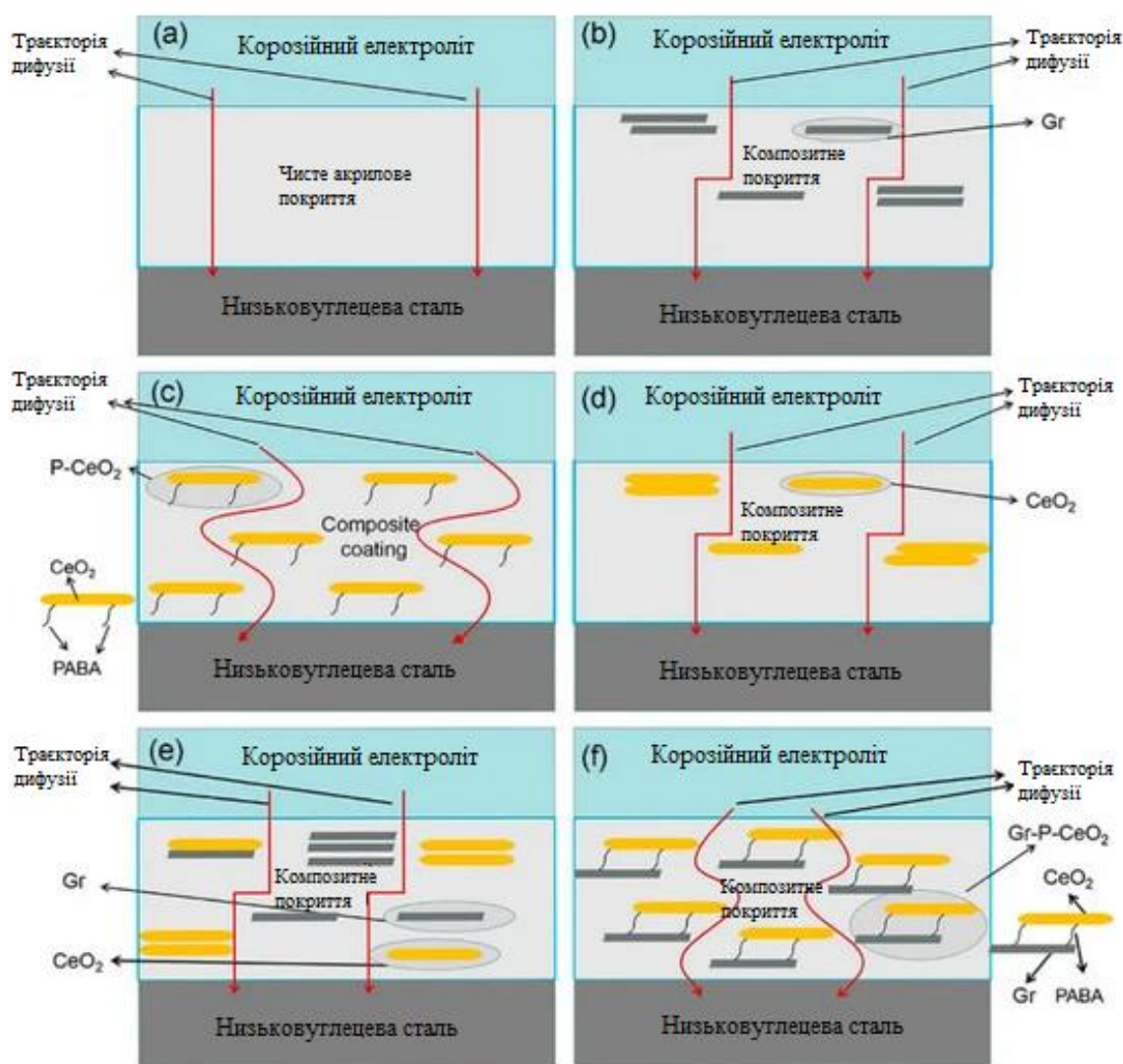


Рисунок 1 – Схематичне зображення механізму корозії покриттів Gr-P-CeO<sub>2</sub> з різними бар'єрами на підкладці з м'якої сталі

На рис.1 показано Схематичне зображення механізму корозії покриттів Gr-P-CeO<sub>2</sub> з різними бар'єрами на підкладці з м'якої сталі ( а ) без бар'єру, ( б ) Gr (графен), ( с ) нанопластівці CeO<sub>2</sub>, модифіковані PABA (р- амінобензойна кислота), ( d ) немодифіковані нанопластівці CeO<sub>2</sub>, ( e ) Gr-CeO<sub>2</sub>, агломерація між CeO<sub>2</sub> і Gr знижує корозійну стійкість, ( f ) найкраща антикорозійна здатність, оскільки для зв'язування Gr і CeO<sub>2</sub> використовується PABA разом шляхом хімічного зв'язування, що покращує дисперсію наповнювачів у покритті.

Двовимірні матеріали можуть бути вбудовані в акрилові покриття для значного покращення корозійної стійкості композитних покриттів завдяки їх стабільним хімічним та фізичним властивостям і унікальній морфології. Найбільш поширені двовимірні матеріали - це графен та матеріали, подібні до графену, такі як дисульфід молібдену (MoS<sub>2</sub>). Були введені нанолісти MoS<sub>2</sub> у акрилову емульсію, створюючи трирозмірну мережеву структуру з точками хімічного зшивання. Додавання листів MoS<sub>2</sub> до покриття сприяє інгібуванню передачі корозійного середовища та зниженню гідрофобності покриття. Вуглецеві нанотрубки (CNT) є ще одним агентом підсилення для акрилових покриттів, оскільки наявність CNT зменшує пористість [2]. Дифузія та поглинання води в покритті CNT/акрил відбуваються повільніше, ніж у вихідному акриловому покритті.

Були використані наночастинки кремнезему, отримані з рисової лушпиння за допомогою екологічно чистого процесу, як ефективний наповнювач для антикорозійних акрилових покриттів.

Органічно-неорганічні гібридні покриття, що складаються з поліметилметакрилату (PMMA), забезпечують високоефективні антикорозійні покриття, особливо коли PMMA ковалентно зв'язане з наночастинками церію. Електрохімічна характеристика результатуючих гібридних покриттів показала значне поліпшення антикорозійних властивостей, з модулем імпедансу на 8 порядків вищим, ніж у чистій вуглецевій сталі після 6 місяців впливу сольового розчину.

Використання екологічних інгібіторів корозії також є потенційним шляхом для впровадження більш екологічно чистих акрилових покриттів на ринок. Водний екстракт листя хни досліджується як інгібітор корозії для вуглецевої сталі, нікелю та цинку в лужних, нейтральних та кислотних розчинах. Науковці оцінювали антикорозійну поведінку екстракту листя хни, включеного в акрилову смолу, для захисту алюмінієвого сплаву 5083 від корозії. Спостерігалось утворення провідних шляхів, що знижували захисні властивості.

У сфері автомобільної промисловості, нові тенденції у розробці екологічно чистих антикорозійних покриттів набирають обертів останні 15-20 років. Основні напрямки - це водорозчинні, високотверді та ультрафіолетово затвердвані покриття. Ці технології досі знаходяться у стадії дослідження для розробки нових або вдосконалених продуктів. Велика кількість покриттів з низьким вмістом VOC або без VOC вже доступна на ринку.

Серед інноваційних технологій у галузі екологічно чистих полімерних покриттів, які спрямовані на боротьбу з корозією деталей чи виробів, виділяють п'ять основних груп (рис. 2): розумні добавки, гіперрозгалужені/гібридні полімерні технології, зелені інгібітори корозії, біо-базовані матеріали та супергідрофобні покриття.

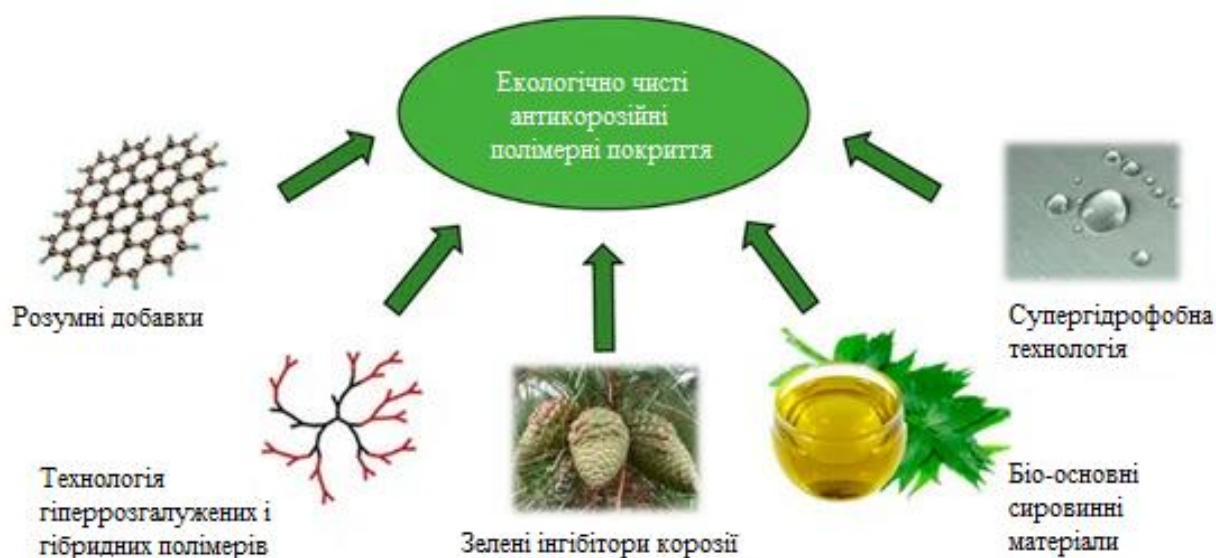


Рисунок 2 – Схематичне зображення нових тенденцій у сферах захисних покриттів, спрямованих на екологічні рішення

Використання розумних добавок для покращення властивостей антикорозійного покриття є новим трендом. Зокрема, використання графену є привабливим через його відмінні антикорозійні властивості, оскільки графен діє як "бар'єр" у покритті, перешкоджаючи проникненню корозійних агентів.

Використання рослинних екстрактів як зелених інгібіторів корозії також привертає увагу науковців. Наприклад, поліфеноли, екстраговані з різних рослинних джерел, використовувались для покращення антикорозійних властивостей покриттів.

Останні дослідження в галузі біо-базованих матеріалів включають використання

іzosorbіду, який отримують з глюкози за низькою ціною, як реагент з 3-гліцидилоксипропіл-триметоксисиланом для отримання біо-базованого епоксиду. Покриття, сформоване з додаванням наночастинок кремнезему та гідрофобного затверджувача, покращує захист від корозії.

Супергідрофобні полімерні покриття можуть бути підготовлені шляхом введення функціональностей з низькою поверхневою енергією в матрицю покриття, а також наноматеріалів для збільшення шорсткості поверхні. Супергідрофобність також важлива для антифулінгу, антильоду та захисту від біокорозії, що робить ці покриття цікавими для застосувань, де потрібна багатфункціональність. З усіх цих причин супергідрофобні покриття можна вважати дуже перспективною стратегією для досягнення екологічно чистих антикорозійних рішень.

Таким чином впровадження нових технологій та матеріалів у процес фарбування автомобілів є ключовим фактором у покращенні якості, екологічності та продуктивності, що важливо для відповідності сучасним вимогам ринку та стандартам екологічної безпеки. Останні тенденції у розробці екологічно чистих антикорозійних покриттів спрямовані на використання водорозчинних, високотвердих та ультрафіолетово затверджуваних покриттів. Використання нових матеріалів і технологій для покриттів обумовлено потребою в екологічності, ефективності та тривалості. Незважаючи на значний прогрес, існують обмеження у впровадженні деяких нових технологій, зокрема, пов'язані з економічною доцільністю та можливістю масштабування.

#### Список використаних джерел

1. Автомобільна фарба [Електронний ресурс]. – Електронні текстові дані. – Режим доступу : [https://en.wikipedia.org/wiki/Automotive\\_paint](https://en.wikipedia.org/wiki/Automotive_paint)
2. Siyanbola, T.; Neelambaram, P.; Mohanty, S.; Somiseti, V.; Basak, P.; Narayan, R.; Kothapalli, R.V. The effects of carbonized Eucalyptus globulus leaves on castor seed oil based urethane coating system. Prog. Org. Coat. 2019, 131, 42–48.

**Павленко В'ячеслав Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

**Кузель Володимир Петрович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницького національного технічного університету.

**Мануйлов Володимир Миколайович** – підполковник, начальник відділення підготовки водіїв центру перепідготовки та підвищення кваліфікації, Національна академія Національної гвардії України

**Pavlenko Viacheslav** – Ph. D. (Eng), associate professor of the Department of Technical Operation and Service of Automobile, Kharkiv National Automobile and Highway University.

**Kuzhel Volodymyr** – Ph. D. (Eng), associate professor at the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University.

**Manuylov Volodymyr** – Lieutenant-colonel, Head of drivers instructors section, Advanced training center, National Academy of the National Guard of Ukraine.

УДК 629.3.015

Перегуда М.М., Шумляківський В.П.

**ВИКОРИСТАННЯ СТІЛЬНИКОВИХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЇ В БЛОЦІ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ**

Належне керування температурою батареї електромобіля має важливе значення для підтримки працездатності батареї, забезпечення безпеки та оптимізації ефективності автомобіля. В цій публікації розглянута можливість використання композитних стільникових панелей для виготовлення корпусу батареї та їх вплив на терморегуляцію.

**Ключові слова:** електромобіль, автомобільна промисловість, композитні матеріали, корпус батареї, охолодження батареї, теплопровідність, стільникова структура.

*Proper temperature management of an electric vehicle battery is essential to maintain battery health, ensure safety, and optimize vehicle performance. This publication considers the possibility of using composite honeycomb panels for the manufacture of battery box and their effect on thermoregulation.*

**Key words:** electric vehicle, automotive industry, composite materials, battery box, battery cooling, thermal conductivity, honeycomb structure.

Системи керування температурою мають вирішальне значення для продуктивності батареї, де ключовими факторами є здатність відводити тепло та гомогенізувати розподіл температури в окремих елементах і пакетах. На продуктивність і довговічність акумуляторів електромобілів значно впливає те, наскільки вони захищені від перегріву. Ось чому для управління їх тепловими характеристиками використовуються ефективні системи охолодження. Належне керування температурою батареї електромобіля має важливе значення для підтримки працездатності батареї, забезпечення безпеки та оптимізації ефективності автомобіля. Цей аспект суттєво впливає на термін служби батареї та запас ходу. Керування температурою включає в себе як охолодження, так і нагрівання батареї в холодну пору року, тобто підтримку сталої температури протягом експлуатації. Тут позитивну роль можуть відіграти стільникові панелі.

Композитні стільникові панелі можна використовувати як матеріал для виготовлення корпусу батареї. Окрім очевидного зменшення ваги, яке отримується завдяки використанню стільникових панелей, можна досягти створення замкнутої системи охолодження, переваги якої описані далі.

Оптимальна робоча температура літєво-іонних батарей - 25°, під час заряджання оптимальна температура - 32°, що показано на рис. 1 а, б. [1].

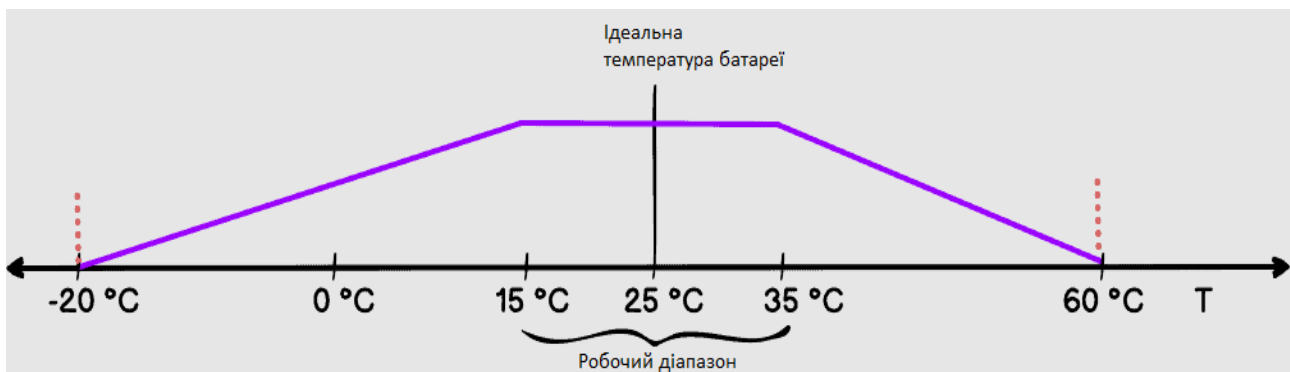


Рисунок 1 а – Графік зміни температури батареї під час її використання.

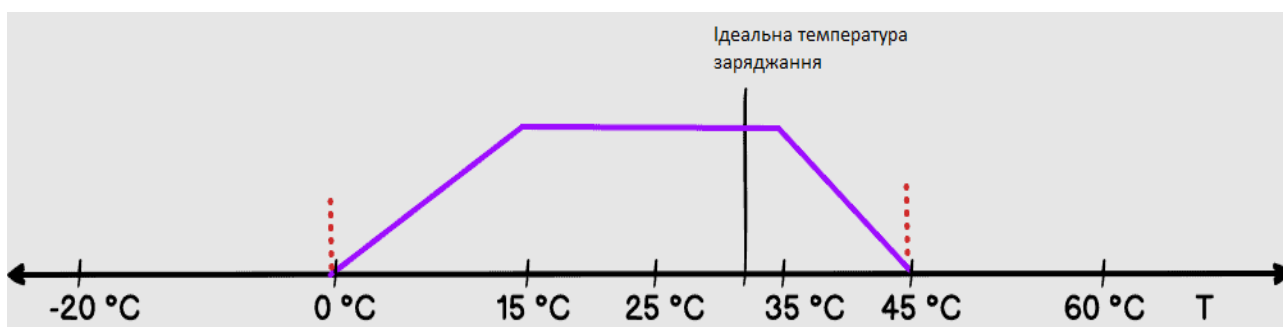


Рисунок 1 б – Графік зміни температури батареї під час заряджання.

Тобто влітку температура зовнішнього середовища може перевищувати оптимальну температуру роботи, а взимку, бути значно меншою. Завдяки теплоізоляційним властивостям стільникових панелей [2] та карбонового волокна, можна мінімізувати вплив навколишнього середовища на температуру блоку батарей, що спростить розробку системи охолодження, так як виключить вплив сторонніх факторів. Теплоізоляційні властивості композитів та сендвіч панелей з них надзвичайно високі. В таблиці 1 [3], можна побачити, що композит з вуглецевого волокна та епоксидної смоли має теплопровідність в 40 разів меншу ніж алюміній та в 10 разів меншу, ніж сталь.

Таблиця 1 – Порівняння теплопровідності металів з композитними матеріалами.

Матеріал	Теплопровідність, Вт/мК
Алюміній	202-236
Сталь	47
Карбоново-епоксидний композит	5-7

Стільникові панелі, в свою чергу, запобігають теплопередачі завдяки своїй структурі. Як зображено на рис. 2 [4], серцевина стільникової панелі майже порожня, таким чином, коли тепло доходить до серцевини, воно проходить крізь тонкі стінки комірок, розповсюджуючись між лицевими листами. Для того щоб тепло проходило крізь лицеві листи, потрібна велика різниця температур між внутрішнім і зовнішнім шаром панелі.

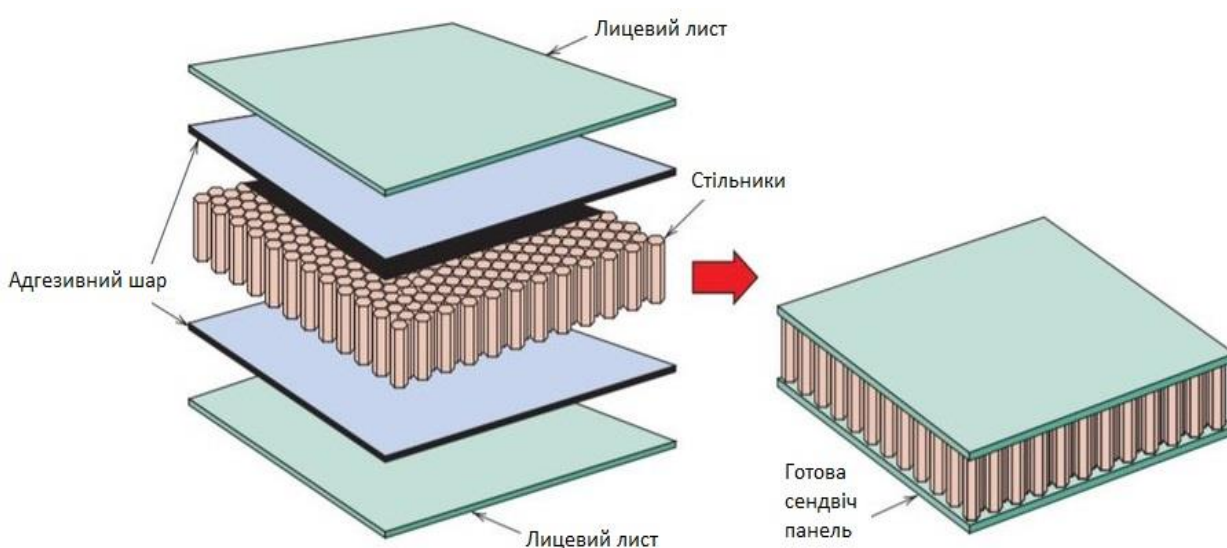


Рисунок 2 – Конструкція сендвіч панелі

З недоліків, треба відмітити анізотропність стільникових панелей та загалом композитів, як по товщині, так і по довжині [5]. Проте над рішенням цієї проблеми вже працюють, Guo-

Cai Yu, Linzhi Wu, Li-Jia Feng, з Харбінського інженерного університету, Китай, представили в 2015 році роботу з Покращення рівномірності теплопровідності сендвіч панелей шляхом додавання в них графіту чи графітової плівки [6].

Загалом виготовлення корпусу батарей з композитних стільникових панелей виглядає хорошим варіантом. При ефективній системі охолодження їх низьку теплопровідність можна використовувати як перевагу. Якщо температура зовнішнього середовища не впливатиме на батареї, це зменшить навантаження на систему охолодження, та спростить терморегуляцію, через меншу кількість змінних.

### Список використаних джерел

1. Felix Opara, Daberechi David Agwu, Review Of Comparative Battery Energy Storage Systems (Bess) For Energy Storage Applications In Tropical Enviroments, 2018. [https://www.researchgate.net/publication/327966044\\_Review\\_Of\\_Comparative\\_Battery\\_Energy\\_Storage\\_Systems\\_Bess\\_For\\_Energy\\_Storage\\_Applications\\_In\\_Tropical\\_Enviroments](https://www.researchgate.net/publication/327966044_Review_Of_Comparative_Battery_Energy_Storage_Systems_Bess_For_Energy_Storage_Applications_In_Tropical_Enviroments)
2. Daniel D. Nguyen, Analysis and Testing of Heat Transfer through Honeycomb Panels, 2012. [https://core.ac.uk/display/19152509?utm\\_source=pdf&utm\\_medium=banner&utm\\_campaign=pdf-decoration-v1](https://core.ac.uk/display/19152509?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1)
3. Tasuns Composite Technology Co.,Ltd, Aluminium Vs Carbon Fiber Comparison Of Materials, 2018. <https://www.china-composites.net/info/aluminium-vs-carbon-fiber-comparison-of-materi-25176185.html>
4. Gregory Clarke, Characterization of Low Velocity Impact Damage in Metallic Honeycomb Sandwich Aircraft Panels using Finite Element Analysis, 2017. [https://www.researchgate.net/publication/325742289\\_Characterization\\_of\\_Low\\_Velocity\\_Impact\\_Damage\\_in\\_Metallic\\_Honeycomb\\_Sandwich\\_Aircraft\\_Panels\\_using\\_Finite\\_Element\\_Analysis](https://www.researchgate.net/publication/325742289_Characterization_of_Low_Velocity_Impact_Damage_in_Metallic_Honeycomb_Sandwich_Aircraft_Panels_using_Finite_Element_Analysis)
5. Donghuan Liua, Lei Jinb, Xinchun Shanga, Comparisons of equivalent and detailed models of metallic honeycomb core structures with in-plane thermal conductivities, 2012. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705812011526>
6. Guo-Cai Yu, Lin-Zhi Wu, Li-Jia Feng, Enhancing the thermal conductivity of carbon fiber reinforced polymer composite laminates by coating highly oriented graphite films, 2015. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264127515305050>

**Перегуда Михайло Миколайович** – аспірант кафедри автомобілів і транспортних технологій, Житомирська політехніка

**Шумляківський Володимир Петрович** – к.т.н., завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Житомирська політехніка

**Pereguda Mykhailo Mykolayovych** – graduate student of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Zhytomyr Polytechnic

**Shumliakivskiy Volodymyr Petrovych** – candidate of technical sciences, head of the Department of Automobiles and Transport Technologies, Zhytomyr Polytechnic

УДК 629.3.014.7+629.3.022.4

Петров Л.М., Кішнянус І.В., Петрик Ю.М., Лисий О.В., Шелухін С.В.,  
Малиновський О.А., Нікішин В.А., Верпівський С.М.

## РОЗРОБКА АВТОМОБІЛЬНОГО КОЛЕСА З НАКОПИЧУВАЧЕМ ПОТЕНЦІЙНОЇ ЕНЕРГІЇ КОЛІСНОГО РУШІЯ

*В тезах «Розробка автомобільного колеса з накопичувачем потенційної енергії колісного рушія» приведені умови для колісного рушія в якому одночасно в робочому процесі його кочення на кінетичну енергію накладається потенційна. Математична модель кочення колісного рушія вантажного автомобіля, яка заснована на теоремі про зміну кінетичної енергії автомобільної системи показала та виявила зону найбільш ефективної роботи кочення колісного рушія за допомогою обертального руху пружних елементів.*

**Ключові слова:** фізико-математична модель, рушій, колесо, автомобільна система, пружний накопичувач.

*In theses «Development of a car wheel with a storage of potential energy of a wheel drive», conditions are given for a wheel drive in which, at the same time, in the working process of its rolling, potential energy is superimposed on the kinetic energy. The mathematical model of rolling of the wheel drive of a truck, which is based on the theorem on the change of kinetic energy of the automobile system, showed and revealed the zone of the most effective rolling of the wheel drive by means of the rotational movement of elastic elements.*

**Keywords:** physico-mathematical model, driver, wheel, automobile system, elastic storage.

### Постановка проблеми.

Технологія, яка закладена в автомобіль повинна відповідати його призначенню, що буде задовольняти виконання операцій по маршрутизації заданих дорожніх умов. Для цього провідні фахівці автомобілів пропонують його конструктивні удосконалення з різними експлуатаційними властивостями. Тому автомобілі різних фірм мають додаткові обладнання, що забезпечують його рух в різних дорожніх умовах.

Таке обладнання не завжди відповідає бажаним умовам по підвищенню прохідності, динамічності, стійкості руху автомобіля в різних дорожніх умовах.

Вплив конструктивного облаштування викликає групову залежність автомобіля від них, а тому на різних ділянках руху одне та інше обладнання не завжди раціонально для використання, а в інших доцільне.

### Аналіз останніх досліджень.

Розробниками в галузі автомобільного транспорту встановлено, що кочення автомобільного колеса його шина піддається деформуванню, яке сприяє створенню моменту опору коченню колеса та зчепленню колеса зі шляхом. Були створені тороїдальні, абочні, радіальні, діагональні, широко профільні шини, які штучно підвищували прохідність, динамічність, стійкість, плавність руху автомобіля. При коченні автомобільного колеса в безпосередньо в матеріалі шини, виникають внутрішні тертя, а при проковзуванні по шляху шини ще й нагрів шини. На всі ці недоліки шини витрачається велика кількість енергії.

Для компенсації втрати енергії необхідно впровадити в колісний рушій механізм, який би компенсував втрати енергії та виконував робочий процес з малими втратами енергії.

### Постановка завдання.

Створити умови для колісного рушія в якому одночасно в робочому процесі його кочення на кінетичну енергію накладається потенційна.

### Виклад основного матеріалу.

Нами було запропоновано колісний рушій з внутрішнім компенсатором тягового зусилля



в якому технологічно поєднано операції накладання на кінетичну енергію зв'язану з рухом автомобіля потенційну енергію що є компенсатором тягового зусилля (рис. 1) [1, 2].

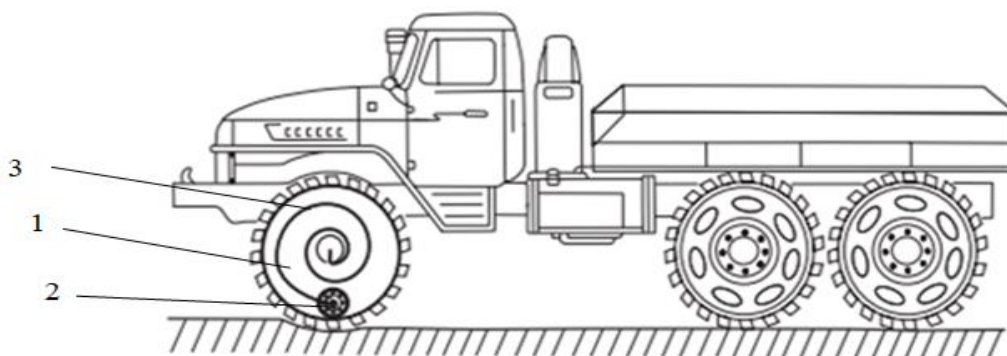


Рисунок 1 – Колісний рушій з внутрішнім компенсатором тягового зусилля:  
1 - колісний рушій, 2 - пружний накопичувач енергії, 3 - пружний накопичувач

Для розгляду робочого процесу запропонованого автомобіля було застосовано теорему про зміну кінетичної енергії механічної системи [3].

Для даної формула кінетичної енергії набуває вигляду:

$$T = \frac{1}{2} MV^2 \quad (1)$$

де  $M$ - маса твердого тіла;

$V$  - швидкість центра мас.

При обертальному русі тіла навколо нерухомої осі:

$$T = \frac{1}{2} Y_z \omega^2 \quad (2)$$

Математично таке поєднання буде мати такий вигляд:

$$T_1, T_0 = \sum_k A_k^e + \sum_k A_k^i \quad (3)$$

де  $T_1, T_0$  - кінетична енергія автомобільної системи, відповідно до кінцевого та початкового положення;

$\sum_k A_k^e + \sum_k A_k^i$  - сили робіт відповідно зовнішніх і внутрішніх сил автомобільної системи при переміщенні з початкового положення в кінцеве.

Для незмінної системи:

$$\sum_k A_k^i = 0$$

При поступальному русі автомобільної системи, формула кінетичної енергії набуває вигляду

$$T = \frac{1}{2} MV^2 \quad (4)$$

де  $M$ - маса автомобільної системи;

$V$  - швидкість центра мас автомобіля.

При обертальному русі тіла навколо нерухомої осі:

$$T = \frac{1}{2} Y_z \omega^2 \quad (5)$$

де  $Y_z$  - момент інерції тіла навколо осі обертання;

$Y_{cz}$  - момент інерції автомобільної системи, що проходить не через центр мас  $C$  перпендикулярно до площини руху;

$\omega$  - кутова швидкість автомобільної системи (колісного рушія).

В загальному випадку при плоско поступальному русі для автомобільної системи з

коченням компенсатора тягового зусилля по диску колісного рушія:

$$T = \frac{1}{2} MV \frac{2}{c} + \frac{1}{2} Y_{cz} \omega^2 \quad (6)$$

Для автомобільної системи з голономними і утримуючими зв'язками, загальне рівняння буде мати вигляд:

$$\sum_k \delta A_k^a + \sum_k \delta A_k^{in} = 0 \quad (7)$$

де  $\sum_k \delta A_k^a$  і  $\sum_k \delta A_k^{in}$  - суми робіт відповідно активних сил та сил інерції на можливих переміщеннях початок прикладання цих сил.

**Математична модель автомобільної системи з колісним рушієм і компенсатором тягового зусилля.**

Дослідження автомобільної системи за допомогою рівнянь Лагранжа другого роду

Для автомобільної системи з одним ступенем волі, яка підпорядкована ідеальним, стаціонарним, голономним і утримуючим зв'язкам. Рівняння Лагранжа другого роду має вигляд:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial T}{\partial q} = Q \quad (8)$$

де  $q$  - узагальнена координата;

$\dot{q}$  - узагальнена швидкість;

$T$  - кінетична енергія механічної системи, виражена через узагальнені координату і швидкість;

$Q$  - узагальнена сила.

Для обчислення узагальненої сили  $Q$  потрібно надати автомобільній системі можливе переміщення  $\delta q$ , обчислити суму робіт активних сил на можливих переміщеннях точок прикладання цих сил, виразити всі можливі переміщення точок прикладання сил через узагальнене можливе переміщення  $\delta q$  і привести вираження для суми робіт активних сил до вигляду:

$$\sum_k \delta A_k^a = Q * \delta q \quad (9)$$

Узагальнена сила  $Q$  дорівнює коефіцієнту при  $\delta q$  у виразі

Для опису математичної моделі нами запропоновано розглянути окремо динамічну модель з колісним рушієм з внутрішнім компенсатором тягового зусилля, рис. 2.

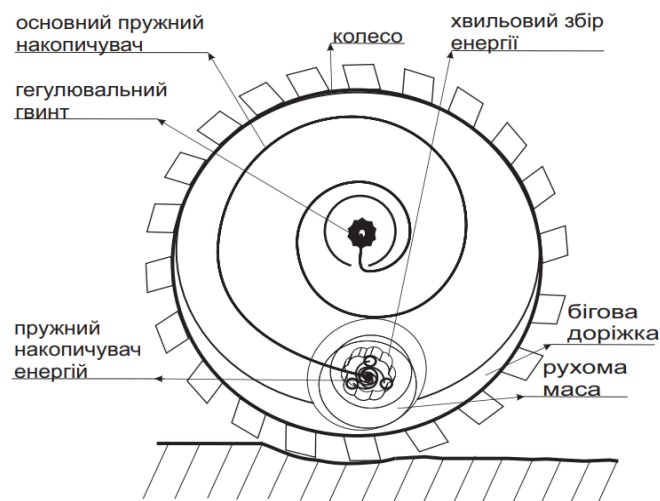


Рисунок 2 – Динамічна модель з колісним рушієм з внутрішнім компенсатором тягового зусилля

Координату центра автомобільної системи приймемо у якості узагальненої координати. На рис. 3 показана фізико-математична модель автомобільної системи.

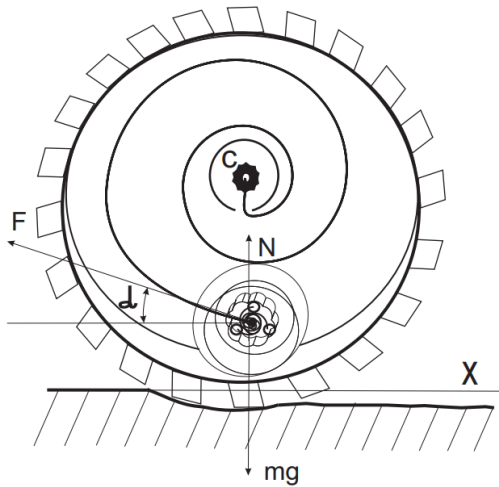


Рисунок 3 – Фізико-математична модель автомобільної системи

На автомобільну систему діють:

- активні сили:  $MG$  - сила тяжіння;
- $F$  - сила стиснутої пружини.
- реакції зв'язку:  $N$  - нормальна складова;
- $P$  - сила тертя (роботу не здійснює).

Сила тяжіння це потенційна сила, її точка прикладення залишається на одному рівні відносно горизонтальної поверхні. В першому наближенні вважаємо, що її потенційна інерція:

$$\Pi=0$$

Кінетична енергія автомобільної системи буде визначатися з формули:

$$T = T_1 + T_2 \quad (10)$$

де  $T_1 = \frac{1}{2} m \left( \frac{dx}{dt} \right)^2$  - кінетична енергія поступального руху;

$T_2 = \frac{1}{2} I \omega^2 = \frac{1}{2} R^2 \left( \frac{dx}{dt} \right)^2$  - енергія обертального руху.

При відсутності проковзування умови швидкості автомобільної системи та швидкість поступового руху зв'язані співвідношенням:

$$\omega R = dx/dt \quad (11)$$

Обчислимо узагальнену силу, яка відповідає прикладеній до автомобільної системи силі  $F$ . Елементарна робота, яку виконує сила  $F$  буде відповідати формулі:

$$\delta A = \delta A_{\text{пост}} + \delta A_{\text{оберт}} \quad (12)$$

Робота у поступальному русі автомобільної системи буде відповідати формулі:

$$\delta A_{\text{пост}} = F \cos \alpha * \delta x \quad (13)$$

Робота в обертальному русі автомобільної системи буде відповідати рівнянню:

$$\delta A_{\text{оберт}} = M_z \delta \varphi \quad (14)$$

Проекція моменту сили, яка створюється рухливою вагою буде відповідати формулі:

$$M_z = F * r \quad (15)$$

При відсутності проковзування автомобільної системи елементарне зміщення буде відповідати формулі

$$\delta x = R \delta \varphi \quad (16)$$

Тоді робота автомобільної системи у обертальному русі в остаточному варіанті буде мати вигляд:

$$\delta A_{\text{оберт}} = F * r * \frac{dx}{R} = F \frac{r}{x} \delta x \quad (17)$$

Враховуючи, що сила  $F$  діє під кутом  $\alpha$  тому формула для елементарної роботи буде мати вигляд:

$$\delta A = F \left( \cos \alpha - \frac{r}{R} \right) dx \quad (18)$$

При такому розкладі сил узагальнена сила буде мати вигляд:

$$Q = F \left( \cos \alpha - \frac{r}{R} \right) \quad (19)$$

Функція Лагранжа може бути представлена у вигляді:

$$L = T + \Pi = \frac{1}{2} \left( m + \frac{y}{R^2} \right) \left( \frac{dx}{dt} \right)^2 \quad (20)$$

Диференційне рівняння відносно узагальненої координати  $x$  буде мати вигляд:

$$\left( m + \frac{y}{R^2} \right) \frac{d^2 x}{dt^2} = F \left( \cos \alpha + \frac{r}{R} \right) \quad (21)$$

Шлях, який буде пройдено автомобільною системою буде мати вигляд:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{wt^2}{2} \quad (22)$$

де  $W = F \left( \cos \alpha - \frac{r}{R} \right) / \left( m + \frac{y}{R^2} \right)$

На рис. 4 показаний колісний рушій з подвійним пружним накопичувачем.

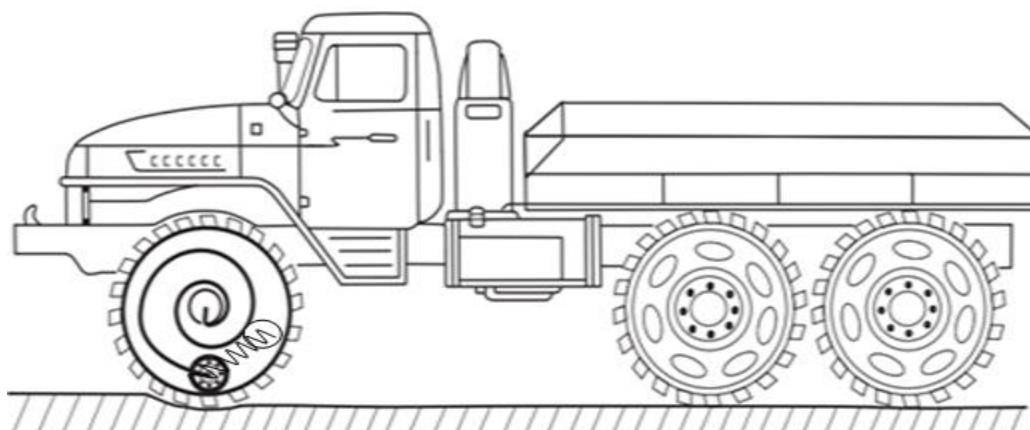


Рисунок 4 – Колісний рушій з подвійним пружним накопичувачем

На графіку показаний шлях, який буде пройдено автомобільною системою, рис. 5.

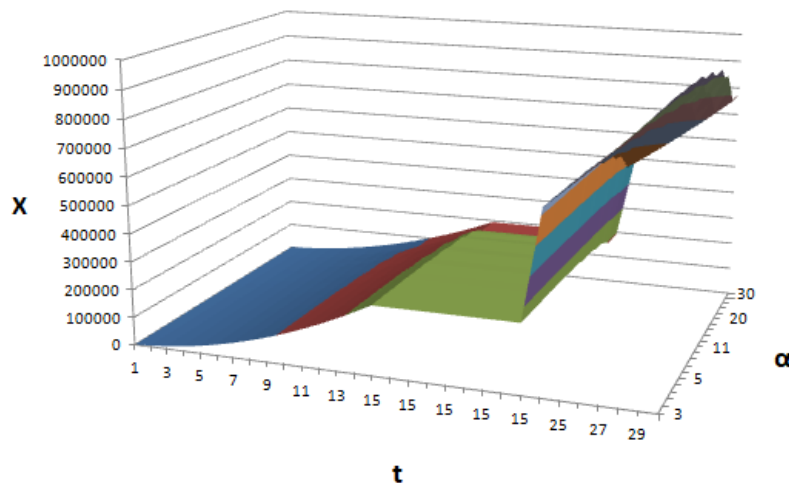


Рисунок 5 – Шлях, який буде пройдено автомобільною системою

### Висновки.

У тезах розглянуто динаміку руху автомобільної системи, яка тісно пов'язана з взаємодією основного накопичувача енергії та технологічного накопичувача і його підсистемами, які використовуються в роботі автомобільного колеса шляхом їх взаємодії.

### Список використаних джерел

1. Бейгул О.О. Динаміка та міцність машин: Навч. посібник / Бейгул О.О., Колесник І.А. — Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2011. — 120 с.
2. Петров Л.М. Теорія оптимізації якісних показників колісного рушія. Праці Одеського політехнічного університету. 2010. Вип. 1(33) – 2(34), с. 65–69.
3. Лобас Л. Лобас Л. Теоретична механіка: Підручник для студентів вищих технічних навчальних закладів. К.: ДЕДУТ. 2008. С. 331-335.

*Петров Леонід Миколайович* - к. т. н., доцент, доцент кафедри автомобільної техніки, Військова академія (м. Одеса), [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

*Кішянус Ігор Володимирович* - старший викладач кафедри автомобільної техніки, Військова академія (м. Одеса), [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

*Петрик Юрій Миколайович* - старший викладач кафедри автомобільної техніки, Військова академія (м. Одеса), [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

*Лисий Олександр Васильович* - к. т. н., доцент, начальник кафедри автомобільної техніки, Військова академія (м. Одеса), [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

*Шелухін Сергій Володимирович* - к. т. н., старший науковий співробітник, професор кафедри автомобільної техніки, Військова академія (м. Одеса), [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

*Малиновський Олег Антонович* - старший викладач кафедри автотехнічного забезпечення, Військова академія (м. Одеса), [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

*Нікішин Володимир Афанасійович* - викладач кафедри автомобільної техніки, Військова академія (м. Одеса), [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

*Верпівський Сергій Миколайович* - заступник начальника кафедри автомобільної техніки, Військова академія (м. Одеса), [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

*Petrov Leonid* - candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department of automotive Engineering, Military Academy (Odesa), [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

*Kishianus Ihor* - senior teacher of the department of automotive engineering, Military Academy (Odesa), [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

*Petryk Yurii* - senior teacher of the department of automotive engineering, Military Academy (Odesa), [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

*Lysyi Alexander* - candidate of technical sciences, associate professor, the head of the department of automotive engineering, Military Academy (Odesa) [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

*Sheluhin Serhii* - candidate of technical sciences, senior researcher, professor of the department of automotive engineering, Military Academy (Odesa), [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

*Malinovskyi Oleh* - senior teacher of the department auto-technical support, Military Academy (Odesa) [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

*Nikishyn Volodymyr* - teacher of the department of automotive engineering, Military Academy (Odesa) [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

*Verpivskiy Serhii* - deputy head of the department of automotive engineering, Military Academy (Odesa) [myhouse72@ukr.net](mailto:myhouse72@ukr.net)

УДК 621.787

Пікула М.В., Морозюк С.В.

## ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ У РЕМОНТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

*Одним з актуальних методів відновлення деталі є електромеханічна обробка, заснована на поєднанні термічного та силового впливу на поверхневий шар деталі. Метод за техніко-економічними критеріями відповідає сучасним підходам до вирішення виробничих завдань, але ще недостатньо застосовується в ремонтному виробництві. В роботі представлено експериментальні дослідження, які підтверджують ефективність технології зміцнювальної ЕМО посадочних поверхонь валів під підшипники кочення за рахунок збільшення діаметра і підвищення стійкості до зношення.*

**Ключові слова:** ремонтне виробництво, деталь, відновлення, зміцнення, електромеханічна обробка, твердість.

*One of the current methods of part restoration is electromechanical processing, based on a combination of thermal and force effects on the surface layer of the part. According to technical and economic criteria, the method corresponds to modern approaches to solving production tasks, but it is not yet sufficiently applied in repair production. The paper presents experimental studies that confirm the effectiveness of the electromechanical processing strengthening technology of the seating surfaces of the shafts under the rolling bearings due to the increase in diameter and the increase in wear resistance.*

**Key words:** repair production, part, restoration, strengthening, electromechanical processing, hardness.

Одним з важливих державних завдань є забезпечення промисловості сучасними ефективними і економічними технологіями та відповідним обладнанням. Це реалізується, зокрема поліпшенням техніко-економічних показників нової техніки. А саме - як при її створенні, так і застосуванням при її ремонті ресурсозберігаючих прогресивних технологій, які забезпечують досягнення 80...100 відсоткового післяремонтного ресурсу.

Актуальність проблеми пов'язана і з тим, що на багатьох підприємствах технічний стан будь-якого устаткування (енергетичного, технологічного, транспортного) перебуває на низькому рівні. Це пов'язано з використанням 70-80% його ресурсу.

Вартість відремонтованих вузлів і агрегатів становить 40...120 відсотків у відношенні до нового виробу, а їх ресурс - в 1,5...6 разів нижче ресурсу нових елементів обладнання. Тому очевидно, що підвищення міжремонтного ресурсу агрегатів до рівня нового виробу складе значну економію. Роботи науковців і практиків показують, що понад 75% зношених деталей доцільно повторно використовувати - після відновлення. Це економічно виправдано для ремонтного виробництва і для споживачів, суттєво знижує навантаження на машинобудівне виробництво.

Реальні витрати на відновлення деталі зазвичай не перевищують 25...30 відсотків її вартості, а при оптимальному призначенні технології відновлення можна досягти і 100-відсотковий ресурс [1].

Порівняння існуючих способів відновлення і зміцнення деталей машин показують, що одним з актуальних способів є електромеханічна обробка. Метод, хоча за техніко-економічними критеріями відповідає сучасним підходам до вирішення виробничих завдань, ще недостатньо застосовується в ремонтному виробництві.

Електромеханічний спосіб відновлення деталей заснований на поєднанні термічного та силового впливу на їх поверхневий шар. Об'єм високотемпературного нагрівання незначний у

порівнянні з масою деталі, наслідком чого є висока швидкість охолодження поверхневого шару за рахунок відведення тепла всередину деталі і, як наслідок, його гартування.

Метод застосовують переважно для поверхонь валів нерухомих з'єднань (посадочні місця під підшипники, шестерні, шківни) зі зношенням до 0,25 мм. Аналіз причин зношення перерахованих поверхонь вказує насамперед на необхідність цілеспрямованого технологічного впливу на найбільш навантажені поверхні, а часто і окремі ділянки поверхонь для отримання більш високих показників якості поверхневого шару.

Перевагами методу є висока продуктивність, низька собівартість, відсутність жолоблення. Хоча є і недоліки, основними з яких є складність отримання в процесі обробки суцільного контакту інструменту з поверхнею, недостатня стійкість висаджувальних і вигладжувальних пластин.

Вивчення та аналіз переваг і недоліків існуючих способів відновлення формування та поверхні деталей, дозволяє рекомендувати електромеханічну обробку для формування поверхні високої якості: виключити дефекти окислення та обезуглерожування шару; формувати поверхнево закалений участок деталей при збереженні в'язки серцевини нижньолежачих шарів; отримання текстури металу, витянуту вздовж профілю небезпечного сечення впадини; виробляти згладжування мікронерівностей зі зміною форми і геометричних мікрровершин і мікровпадин у відповідності з експлуатаційними вимогами до з'єднання; забезпечувати відповідність форми інструменту та обробленої поверхні.

В існуючій практиці ЕМО розрізняють такі різновиди [2]:

1) електромеханічне поверхневе гартування зовнішніх циліндричних поверхнях, зовнішніх різьб, шпонкових пазів, шліцьових деталей, зубчастих коліс тощо – як альтернатива гартування струмами високої частоти і хіміко-термічної обробки;

2) обробно-зміцнювальна ЕМО, переважно - зовнішніх поверхонь. Так, для сталі 45 можна досягнути твердість 60...62 HRC при глибині 0,02...0,3 мм;

3) електромеханічне дорнування отворів, яке дозволяє за один прохід твердосплавного дорна провести гартування отвору по периметру на всю довжину;

4) зміцнювальне електромеханічне відновлення - за рахунок термопластичного перерозподілу матеріалу деталі; використання додаткового матеріалу; перенесенням компонентів інструментального матеріалу на деталь тощо.

Як свідчать дослідження, остаточні параметри поверхневого шару залежать від числа проходів інструменту, швидкості згладжування, тиску на поверхню в зоні контакту і від фізико-механічних особливостей металу деталі.

Зміцнення ЕМО виконують жорстко закріпленим інструментом (пластиною) або обертовим роликком з твердого сплаву Т15К6 [1, 2].

Мета роботи – експериментальне підтвердження ефективності технології зміцнювальної ЕМО посадочних поверхонь валів під підшипники кочення за рахунок збільшення діаметра і підвищення зносостійкості. Об'єктом дослідження були зразки деталі типу «гладкий вал», виготовлені зі сталі 40Х. Кожен зразок в початковому стані був розбитий на ділянки, на кожній з них були зроблені виміри твердості, а в ході експерименту на них проводилася обробка на різних режимах.

Для експериментальних досліджень використано устаткування лабораторії кафедри автомобілів та автомобільного господарства НУВГП, компонованому з використанням токарно-гвинторізного верстата 1624.

При вимірюванні зразків було враховано, що зміцнений шар має не постійну за значенням твердість. При контакті ролика зі зразком з'являється зона термічного впливу. В результаті обробки ці зони накладаються, утворюючи більш-менш рівномірну зміцнену структуру поверхні.

За результатами експериментальних досліджень за методикою множинного регресійного аналізу було отримано математичну модель досліджуваного процесу:

$$Y_1 = 30,32 + 0,132X_1 + 0,399X_2 + 0,000101X_1^2 + 0,000122X_1 X_2 + 0,000533X_2^2$$

В якості основних незалежних факторів прийнято силу струму у вторинній обмотці  $I = X_1$  (А) і зусилля в контакті «інструмент – деталь»  $F_k = X_2$  (Н), а в якості функції відгуку – твердість  $HRC = Y_1$ . Варіюючи значенням сили струму в діапазоні 800...1200 А з кроком 40 А і значенням зусилля притиснення в діапазоні 100...300 Н з кроком 20 Н на основі цієї моделі можна отримати графічні ілюстрації впливу сили струму і зусилля притиснення на твердість.

Розв'язок рівняння за критеріальною умовою  $HRC \rightarrow \max$  дозволяє отримати оптимальні значення режимів обробки експериментальних зразків: зусилля в зоні контакту  $F_k = 240...300$  Н, сила струму  $I = 1200$  А.

Зіставлення параметрів твердості робочої поверхні зразків до і після обробки показують, що середнє значення твердості при оптимальних режимах зростає у 2...2,5 рази.

**Висновок.** Електромеханічна обробка деталей має високу ефективність, економічність і універсальність. Вона характеризується широкою гамою деталей машин і простим компонуванням токарного верстата та відповідної установки.

Отримані результати експлуатаційних властивостей поверхонь експериментальних зразків показують відповідність технічним вимогам до валів за твердістю (25...40 HRC), глибині зміцнення (не менше 0,8 мм) і шорсткості (0,63 мкм).

Результати досліджень можуть бути представлені як рекомендації з використання устаткування і технологій зміцнювальної ЕМО посадочних поверхонь валів. Конкурентною особливістю технології є можливість гнучкого управління параметрами контактного електронагрівання, термопластичного деформування металу поверхневого шару, збільшення розмірів поверхні, зміни мікрогеометрії і зменшення розміру зерна.

#### Список використаних джерел

1. Диха О.В., Чумаков О.П. Електромеханічна обробка як прогресивний спосіб підвищення зносостійкості деталей машин // Тези допов. 6-ї міжнар. конф. молод. вчених "Інформатика та механіка". – Кам'янець - Подільський, 2008. – С. 40-41.
2. В.Д. Евдокимов, Л.П. Клименко, А.Н. Евдокимова Технология упрочнения машиностроительных материалов. К.: ИД «Профессионал». 2006. 351 с.

**Пікула Микола Веніамінович** – старший викладач кафедри автомобілів та автомобільного господарства навчально-наукового механічного інституту Національного університету водного господарства та природокористування

**Морозюк Сергій Володимирович** – старший викладач кафедри автомобілів та автомобільного господарства навчально-наукового механічного інституту Національного університету водного господарства та природокористування

**Mykola Pikula** – senior lecturer of the Department of Automobiles and Automotive Industry of the Educational and Scientific Mechanical Institute of the National University of Water Management and Nature Management

**Serhii Morozjuk** – senior lecturer of the Department of Automobiles and Automotive Industry of the Educational and Scientific Mechanical Institute of the National University of Water Management and Nature Management



УДК 621.42+621.41.016.3

Погорлецький Д.С., Грицук І.В., Худяков І.В.

## ФОРМУВАННЯ МЕТОДИКИ ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ДОПОМОГОЮ ЗАСОБІВ ITS

*Складовою дослідження розглянутих можливостей дистанційного отримання інформації про транспортний засіб та умови експлуатації за допомогою засобів (Intelligent transportation system) ITS, є формування та дослідження застосування класифікацій умов експлуатації транспортного засобу. Розглянуто питання створення методики використання класифікації умов експлуатації в інформаційних умовах ITS на прикладі рухомого транспортного засобу, під час взаємодії з інфраструктурою автомобільних шляхів в умовах експлуатації.*

**Ключові слова:** транспортний засіб; умови експлуатації; моніторинг; технічний стан.

*The formation and study of the application of classifications of the vehicle's operating conditions is a component of the study of the considered possibilities of remotely obtaining information about the vehicle and operating conditions using ITS (Intelligent transportation system). The question of creating a methodology for using the classification of operating conditions in ITS information conditions is considered on the example of a moving vehicle during interaction with the infrastructure of roadways in operating conditions.*

**Keywords:** vehicle; operating conditions; monitoring; technical condition

**Вступ.** В умовах ITS бортові системи моніторингу параметрів технічного стану транспортного засобу (ТЗ) здійснюють ідентифікацію ТЗ, автоматичне вимірювання технічних параметрів, які характеризують стан ТЗ, діагностування, контроль справності ТЗ, розпізнавання стану відмов під час експлуатації, та в кінцевому рахунку – забезпечення функціонування адаптивної системи технічного обслуговування ТЗ згідно його технічного стану [1-2]. Система моніторингу умов в яких експлуатується ТЗ, а саме в частині транспортних та дорожніх умов, відстежує виникнення несправностей на шляху, з прив'язкою до місця розташування, проводить аналіз можливих причин виникнення, періодичність та повторюваність, особливості розташування об'єктів інфраструктури шляхів. До інформаційного забезпечення системи моніторингу ТЗ входять наступні складові: система збирання, накопичення і розповсюдження технічної інформації про стан транспортного засобу в умовах експлуатації (УЕ); засоби автоматизованої діагностики транспортного засобу; дані про стан шляхів і об'єктів транспортної інфраструктури; система збирання і передачі даних; комплекс контролю технічного стану та планування умов експлуатації транспортного засобу; засоби візуалізації отриманих результатів моніторингу автомобільних шляхів [1-5].

**Результати дослідження.** Задача формування методики застосування класифікації умов експлуатації ТЗ в інформаційних умовах ITS, базується на отриманні інформації про технічний стан ТЗ, методи та засоби реалізації при вирішенні конкретних науково-технічних задач, оцінки, перевірки відповідності згідно встановлених обмежень, критеріям оцінювання отриманих показників і визначення взаємозв'язків між ними.

В процесах моніторингу параметрів технічного стану ТЗ згідно умов експлуатації та побудови інформаційної системи моніторингу (ІСМ), принципи інформаційного обміну між елементами ITS та ТЗ і інфраструктури транспорту, полягає в тому що, ТЗ є об'єктом контролю, управління та джерелом постійної обновлюваної інформації про технічний стан та умови експлуатації. ІСМ є сучасною контрольньо-вимірювальною системою, яка накопичує та зберігає інформацію про технічний стан ТЗ, умови експлуатації на різних ділянках руху, а також під час виникнення аварійної ситуації, чи несправності ТЗ, та приймає відповідне

рішення [1-5].

Інформація про параметри технічного стану ТЗ в дослідженні зображено як побудовані функції:

- в процесах моніторингу та діагностування технічного стану ТЗ:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{ts}(\bar{H}_t, t, \Delta t, \bar{X}_i(t), \bar{X}_i(t - \Delta t), \dots, \bar{X}_i(t - n\Delta t), DTC_{s_i} K_{t_i}) \Rightarrow S_{y.e.ТЗ} \\ \Omega_l^{m_i}(e_{y.e.ТЗ}, r)^J = \Omega_l^{m_i} \left( \begin{array}{l} e_{y.e.ТЗ,тр} \\ e_{y.e.ТЗ,дор} \\ e_{y.e.ТЗ,а.к} \\ e_{y.e.ТЗ,ке} \end{array} \right), r \end{array} \right\} = S_{y.e.ТЗ} \quad (1)$$

- а у процесах прогнозування технічного стану:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{(t+k\Delta t)} \left( \bar{H}_{(t+k\Delta t)}, t, \Delta t, \bar{X}_i(t+k\Delta t), \bar{X}_i(t+(k-1)\Delta t), \dots, \right. \\ \left. \bar{X}_i(t+(k-n)\Delta t), DTC_{s_i} K_{t_i(t+k\Delta t)} \Rightarrow S_{y.e.ТЗ}(t+k\Delta t) \right) \\ \Omega_l^{m_i}(e_{y.e.ТЗ(t+k\Delta t)}, r)^J = \Omega_l^{m_i} \left( \begin{array}{l} e_{y.e.ТЗ,тр(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.ТЗ,дор(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.ТЗ,а.к(t+k\Delta t)} \\ e_{y.e.ТЗ,ке(t+k\Delta t)} \end{array} \right), r \end{array} \right\} = S_{y.e.ТЗ}(t+k\Delta t) \quad (2)$$

де  $F_{ts}$  - інформація до відповідних УЕ згідно моменту часу про параметри технічного стану ТЗ;  $\bar{H}_t$  - вектор органа керування двигуна ТЗ (координата задатчика(ів) органа керування) в часі  $t$ ;  $t$  - поточний час моніторингу ТЗ;  $\Delta t$  - інтервал часу між вимірюваннями в процесах моніторингу;  $\bar{X}_i(t)$  при  $i = 1, \dots, m$  - отримані характеристики технічного стану ТЗ в умовах експлуатації;  $n$  - кількість інтервалів у минулі періоди моніторингу ТЗ;  $m$  - кількість вимірювальних характеристик технічного стану ТЗ;  $\Omega$  - оператор відображення;  $DTC_{s_i} K_{t_i}$  - отримані результати моніторингу кодів DTCs ТЗ;  $S_{y.e.ТЗ}$  - система визначення УЕ ТЗ (в розглянутому випадку система  $S_{y.e.ТЗ}$  є відображення властивостей під об'єктів визначення (забезпечення) УЕ  $e_{y.e.ТЗ}$  ТЗ та їх відношень  $r$  до  $m_i$  щодо  $J$  в  $l$ ;  $m_i$  - кількість встановлених засобів отримання інформації від ТЗ;  $l$  - кількість зв'язків між засобами спостереження та під об'єктами визначення УЕ ТЗ;  $e_{y.e.ТЗ}$  - встановлена множина під об'єктів визначення УЕ ТЗ ( $e_{y.e.ТЗ,тр}$  - транспортні;  $e_{y.e.ТЗ,дор}$  - дорожні;  $e_{y.e.ТЗ,а.к}$  - атмосферно-кліматичні;  $e_{y.e.ТЗ,ке}$  - культура експлуатації ТЗ);  $r$  - встановлена множина відношень між основними УЕ ТЗ;  $J$  - завдання визначення умов експлуатації ТЗ;  $F_{(t+k\Delta t)}$  - прогнозована інформація в процесі виконання своїх функцій (робота ТЗ за призначенням) в майбутньому у відповідний момент часу: довжиною  $(t+k\Delta t)$ , в залежності від отриманих значень у минулому; в заданому інтервалі прогнозування  $\delta$ , з заданою довірчою ймовірністю  $p$  про параметри

технічного стану ТЗ;  $k$  – кількість інтервалів прогнозованих значень параметрів технічного стану ТЗ у майбутньому, згідно чого визначається тип прогнозу - короткотерміновий, середньо терміновий, відповідно до прогнозованих УЕ ТЗ в  $(e_{y.e.T3(t+k\Delta t)})$ .

Згідно відомих положень [1-5] процес забезпечення системної інформації умов експлуатації ТЗ  $S_{y.e.\Sigma T3_i}(t)_i$ ; побудовано на основі серверних рішень  $S_{y.e.T3_i}(t)_i$ ; локального джерела інформації  $S_{y.e.V d_i}(t)_i$ ; та мережевих баз даних  $S_{y.e.N et_i}(t)_i$ :

$$S_{y.e.\Sigma T3_i}(t)_i = (S_{y.e.T3_i}(t)_i, S_{y.e.V d_i}(t)_i, S_{y.e.N et_i}(t)_i). \quad (3)$$

За допомогою цього забезпечується можливість створення єдиного централізованого сховища розподіленої інформації, підтримки розрахованого на багато користувачів середовища отримання інформації, можливість доступу для віддалених користувачів, систематизації інформації та її відображення в єдиному комплексі.

Основні джерела інформації, які необхідні для забезпечення функціонування інформаційної системи дистанційного моніторингу технічного стану транспортного засобу з урахуванням умов експлуатації представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Джерела інформації, для забезпечення функціонування інформаційної системи дистанційного моніторингу

№	Параметри дослідження	Джерела інформації для інформаційної системи дистанційного моніторингу технічного стану ТЗ
11	Встановлені дорожні умови експлуатації ТЗ	<a href="https://wiki.torque-bhp.com/">https://wiki.torque-bhp.com/</a> <a href="https://www.google.com/maps/dir/46.6775518,32.6814479/%D0%9A%D0%B8%D0%B5%D0%B2,+02000/@48.5182469,28.7540959,7z/data=!3m1!4b1!4m9!4m8!1m1!4e1!1m5!1m1!1s0x40d4cf4ee15a4505:0x764931d2170146fe!2m2!1d30.5245025!2d50.4503596?entry=ttu">https://www.google.com/maps/dir/46.6775518,32.6814479/%D0%9A%D0%B8%D0%B5%D0%B2,+02000/@48.5182469,28.7540959,7z/data=!3m1!4b1!4m9!4m8!1m1!4e1!1m5!1m1!1s0x40d4cf4ee15a4505:0x764931d2170146fe!2m2!1d30.5245025!2d50.4503596?entry=ttu</a>
22	Встановлені параметри стану та положення ТЗ на мапі	<a href="https://wiki.torque-bhp.com/">https://wiki.torque-bhp.com/</a> <a href="http://ian-hawkins.com:8080/">http://ian-hawkins.com:8080/</a>
33	Встановлені атмосферно-кліматичні умови експлуатації ТЗ	<a href="https://meteo.ua/ua/">https://meteo.ua/ua/</a> <a href="https://www.ready.noaa.gov/READYcmet.php">https://www.ready.noaa.gov/READYcmet.php</a>
44	Встановлена ідентифікація ТЗ в експлуатації, в умовах ITS	<a href="https://wiki.torque-bhp.com/">https://wiki.torque-bhp.com/</a> <a href="http://carlife.in.ua/vin-kod">http://carlife.in.ua/vin-kod</a>
55	Встановлені УЕ ТЗ, з урахуванням геолокації	<a href="https://www.google.com/maps/search/%D0%A5%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BE%D0%BD+%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B8/@46.680861,32.5575575,11z/data=!3m1!4b1?entry=ttu">https://www.google.com/maps/search/%D0%A5%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BE%D0%BD+%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B3%D0%B8/@46.680861,32.5575575,11z/data=!3m1!4b1?entry=ttu</a>

Під час розробки інформаційного забезпечення процесів дистанційного моніторингу параметрів технічного стану дослідного транспортного засобу з урахуванням змінних умов експлуатації було відібрано наявні джерела інформації в частині координат положення транспортного засобу, в реальному часі на місцевості, створено модель автомобільного шляху, модель об'єктів інфраструктури дорожніх шляхів, які були отримані як результати трекінгу транспортного засобу під час експлуатації.

### Список використаних джерел

1. Грицук І.В. Концепція забезпечення оптимального температурного стану двигунів і транспортних засобів в умовах експлуатації : дис. докт. техн. наук : 05. 22. 20 / ХНАДУ. Харків, 2016. 552 с.
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. Вербовський В. С. Удосконалення забезпечення теплової підготовки стаціонарних газових двигунів використанням акумульованої енергії : дис. канд. техн. наук : 05. 05. 03 / НТУ. Київ, 2020. 268 с.
4. Волков В.П., Волкова Т.В., Грицук І.В., Погорлецький Д.С., Аппазов Е.С., Володарець М.В., Саравас В.Є. Особливості вимірального комплексу для дослідження роботи газомоторного транспортного засобу з системою теплової підготовки в умовах експлуатації. Науковий журнал: Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. - №13. Харків, 2018.
5. Грицук І.В, Худяков І.В, Погорлецький Д.С, Агеєв 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.

**Погорлецький Дмитро Сергійович** – к.т.н., доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія, e-mail: dimon150582@gmail.com.

**Грицук Ігор Валерійович** – д.т.н., професор кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія, e-mail: gritsuk\_iv@ukr.net.

**Худяков Ігор Валентинович** – к.т.н., доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія, e-mail: Igor.khudiakov563@gmail.com

**Dmytro Pohorletskyi** – Ph.D., Associate Professor of the Department of Operation of Ship Power Plants, Kherson State Maritime Academy, e-mail: dimon150582@gmail.com.

**Igor Gritsuk** – Dr.Sc. (Eng.), professor of the department of operation of ship power plants, Kherson State Maritime Academy, e-mail: gritsuk\_iv@ukr.net.

**Igor Khudyakov** – Ph.D., Associate Professor of the Department of Operation of Ship Power Plants, Kherson State Maritime Academy, e-mail: Igor.khudiakov563@gmail.com

УДК 629.017

Подригало М.А., Краснокутський В.М.

## КЕРОВАНІСТЬ ТРАКТОРНОГО САМОХІДНОГО ШАСІ ПРИ АГРЕГАТУВАННІ З ПРИЧІПНИМИ ЛАНКАМИ

*В дослідженні показано, що встановлення причіпної ланки на тракторне самохідне шасі для приєднання навісних та причіпних машин на рівні нижче вісі задніх коліс (відносно більшого діаметра) дозволяє зменшити додаткове розвантаження передніх коліс.*

**Ключові слова:** Тракторне самохідне шасі, маневреність, керованість, причіпні ланки, центр мас, тягова сила, нормальна реакція.

*The study shows that installing a towing link for connecting attached and trailed machines at a level below the axis of the rear wheels (relatively larger in diameter) allows to reduce additional unloading of the front wheels.*

**Key words:** Tractor self-propelled chassis, maneuverability, controllability, towing links, center of mass, traction force, normal response.

Тракторні самохідні шасі (ТСШ) мають низькі показники маневреності та керованості, що пов'язано з положенням центра мас машини без знаряддя, зміщеного до задньої осі. Це, в значній мірі, вплинуло, на відсутність задньої навісної системи серійного тракторного самохідного шасі Т16МГ. Низькі показники керованості відомих конструкцій тракторних самохідних шасі (без навішування знаряддя в міжосьовий простір на рамі) пов'язано з малим нормальним навантаженням на передні (напрямні) колеса [1]. Застосування задньої навісної системи на машинах вказаного компонування ще більше посилює ситуацію, оскільки приводить до ще більших навантажень передніх коліс.

Метою дослідження є збільшення точності знаходження сумарної нормальної реакції дороги на передніх колесах тракторного самохідного шасі, що називається уточнити оцінку керованості останнього при русі з причіпною ланкою.

Дослідженню динаміки тракторних потягів присвячені роботи багатьох вітчизняних та закордонних авторів [2]. Дослідження динамічних процесів роботи колісних тракторів з причіпними та навісними знаряддями проведено авторами Лебедевим А.Т., Артемовим М.П., Антощенковим Р.В., та інш. [3-5]. На рис. 1 приведена розрахункова схема тракторного агрегата в складі тракторного самохідного шасі та причіпної машини. На цій схемі точками положення тягової сили  $P_k$  на задні ведучі колеса та сили опору кочення передніх коліс  $P_{\Sigma}$  традиційно є точки контакту вказаних коліс з дорогою

У роботі М.А. Подригало та В.В. Шелудченко [6] доведено, що тягові сили та сили опору кочення необхідно правильно прикладати на вісі коліс. У цьому випадку зміна сумарної нормальної реакції дороги на передніх колесах буде іншою. Це вплине на точність оцінки керованості тракторного самохідного шасі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити задачу визначення сумарної нормальної реакції дороги на передніх колесах тракторного самохідного шасі з причіпною ланкою у випадку прикладання тягової сили та сили опору руху на вісях коліс.

При прикладанні тягової сили та сили опору кочення передніх коліс ТСШ на вісях коліс розрахункова схема тракторного агрегату буде мати вигляд, який наведений на рис. 1

Рівняння рівноваги тракторного самохідного шасі у цьому випадку буде мати вигляд

$$\sum M_c = -R'_{z1}L + P_{\Sigma}(r_{\partial 2} - r_{\partial 1}) + R_{XA}(r_{\partial 2} - r_{\partial 1}) - R_{ZA}(b + X_A) = 0, \quad (1)$$

де  $r_{\partial 1}$ ;  $r_{\partial 2}$  – динамічні радіуси передніх та задніх коліс,  $r_{\partial 2} > r_{\partial 1}$ .

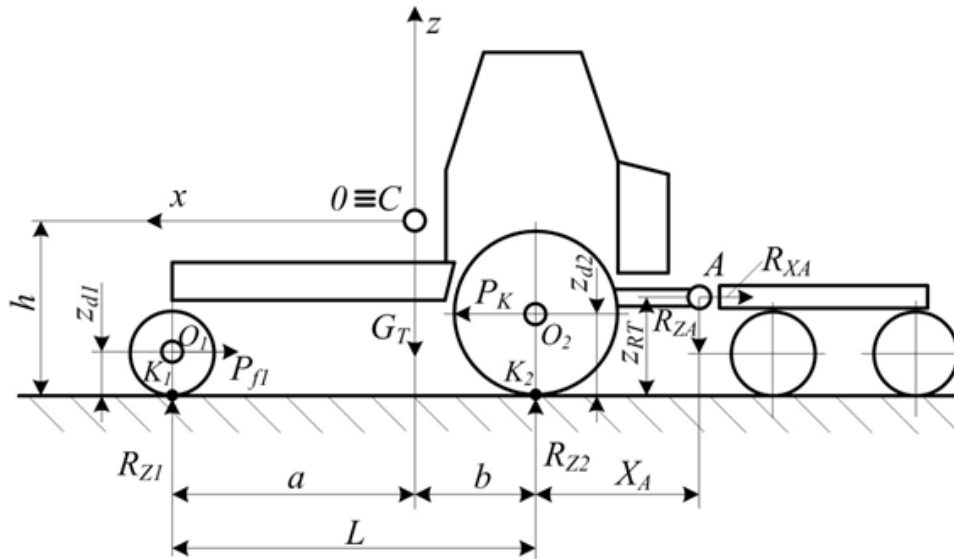


Рисунок 1 – Розрахункова схема тракторного агрегата при прикладанні тягової сили  $P_k$  та сили опору кочення  $P_t$  на осях коліс

З рівняння (1), приймаємо до уваги відношення

$$G = m_T g \quad (2)$$

та

$$P_{t1} = t \cdot G = t m_T g. \quad (3)$$

Знаходимо сумарну нормальну реакцію дороги  $R_{Z1}$  на передніх колесах

$$R'_{Z1} = m_m g \frac{b}{L} \left[ 1 + t \frac{r_{\delta 2} - r_{\delta 1}}{b} + \frac{R_{XA}}{m_m g} \cdot \frac{r_{\delta 2} - Z_A}{b} - \frac{R_{ZA}}{m_m g} \cdot \left(1 + \frac{X_A}{b}\right) \right], \quad (4)$$

де  $t$  – коефіцієнт опору коченню передніх коліс,

з урахуванням рівняння (2) отримуємо наступне рівняння

$$R_{Z1} = m_m g \frac{b}{L} \left[ 1 - \frac{R_{XA}}{m_m g} \cdot \frac{Z_A}{b} - \frac{R_{ZA}}{m_m g} \cdot \left(1 + \frac{X_A}{b}\right) \right]. \quad (5)$$

Порівняння правих частин рівнянь (4) та (5) показують, що  $R'_{Z1} > R_{Z1}$ . Крім того правильно прикладені сили тягової  $P_k$  та сили опору кочення  $P_t$  на всіх колесах показують, що необхідно враховувати і коефіцієнт опору кочення передніх коліс, котрий у відомій формілі (5) неврахований. Також потрібно враховувати і динамічні радіуси коліс  $r_{\delta 1}$  та  $r_{\delta 2}$ , а, в особливості, їх різницю  $r_{\delta 1} - r_{\delta 2}$ .

Зміна сумарної нормальної реакції дороги на колесах при русі тракторного самохідного шасі з причіпною ланкою буде дорівнювати

$$\Delta R'_{Z1} = m_m g \frac{b}{L} \left[ t \frac{r_{\delta 2} - r_{\delta 1}}{b} + \frac{R_{XA}}{m_m g} \cdot \frac{r_{\delta 2} - Z_A}{b} - \frac{R_{ZA}}{m_m g} \cdot \left(1 + \frac{X_A}{b}\right) \right] \quad (6)$$

з урахуванням рівняння (2) отримуємо наступне рівняння:

$$\Delta R'_{Z1} = -m_m g \frac{b}{L} \left[ \frac{R_{XA}}{m_m g} \cdot \frac{Z_A}{b} - \frac{R_{ZA}}{m_m g} \cdot \left(1 + \frac{X_A}{b}\right) \right]. \quad (7)$$

Порівнюючі (6) та (7), бачимо, що коректне складення розрахункової схеми тракторного агрегату показує збільшення сумарної нормальної реакції на передніх колесах при роботі з причіпною ланкою.

Величина  $\Delta R'_{Z1} > 0$  за умови умови

$$\frac{R_{Z1}}{m_m g} < \frac{t(r_{\delta 2} - r_{\delta 1}) + \frac{R_{XA}}{m_m g} (r_{\delta 2} - Z_A)}{b + X_A}. \quad (8)$$

Аналіз рівняння (8) показує, що зі збільшенням різниці динамічних горизонтальних реакцій радіусів  $r_{\partial 1}$  та  $r_{\partial 2}$ , та різниці  $r_{\partial 2} - Z_A$ ,  $R_{XA}$  та зменшення координати центра мас « $b$ » сумарна нормальна реакція  $R_{Z1}$  на передніх колесах буде збільшуватися при роботі ТСШ з причіпною ланкою.

При роботі ТСШ з причіпною ланкою, вага якого розподіляється між його опорними колесами величина  $R_{ZA}$  близька до нуля. У цьому випадку вираз (6) приймає вигляд

$$\Delta R'_{Z1} = m_m g \frac{b}{L} \left[ t \frac{r_{\partial 2} - r_{\partial 1}}{b} + \frac{R_{XA}}{m_m g} \cdot \frac{r_{\partial 2} - Z_A}{b} \right]. \quad (9)$$

З рівняння (9) бачимо, що чим нижче розташована точка  $A$  ( $Z_A \rightarrow 0$ ), тим більша величина  $\Delta R'_{Z1}$  та, відповідно, керованість тракторного агрегату.

Висновки:

1. Існуючі методи розрахунку розширення нормальних реакцій дороги між осями тракторного агрегату базується на хибному уявленні про те, що тягові сили та сили опору кочення прикладені в плямах контакту коліс з дорогою. Це тягне за собою наступні помилки:

- у випадку руху з причіпною ланкою розрахункове значення сумарної нормальної реакції на передніх колесах менша, чим дійсна, що свідчить про гіршу керованості ТСШ;
- приймаються некоректні рішення з вибору координати точки кріплення причіпної ланки до ТСШ;
- неточна оцінка впливу сили опору коченню коліс на зменшення сумарної нормальної реакції дороги на передніх колесах.

2. Більш коректне складання розрахункової схеми тракторного агрегата з прикладанням тягової сили та сили опору кочення на осях коліс, показують збільшення сумарної нормальної реакції на передніх колесах при роботі з причіпною ланкою.

3. Аналіз отриманих результатів показує, що збільшення різниці динамічних радіусів  $r_{\partial 1}$  -  $r_{\partial 2}$ , передніх та задніх коліс, різниці параметрів  $r_{\partial 2} - Z_A$ , реакції  $R_{XA}$  та зменшення координати центру мас « $b$ » сумарна нормальна реакція дороги на передніх колесах  $R_{Z1}$ , збільшується, що свідчить про покращення керованості ТСШ.

#### Список використаних джерел

1. Бобошко О.А. Підвищення маневреності колісних тракторів і самохідних шасі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.22.02 «Автомобілі і трактори» / О.А. Бобошко. – Харків, 2002. – 19с.
2. Закапко Олександр Григорович. Поліпшення агрегатованості і маневреності тракторних самохідних шасі використанням переднього поворотного мосту. Дисертація PhD, спец. 274 – «Автомобільний транспорт» – Харків: ХНАДУ 2023. – 170с.
3. Артёмов М.П. Підвищення стійкості руху орного агрегату при зміні технічних параметрів системи керування: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». – Харків, 2006. – 20с.
4. Артёмов М.П. Динамічна стабільність мобільних сільськогосподарських агрегатів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». – Харків, 2014. – 41с.
5. Антощенков Р.В. Динаміка та енергоефективність багатоелементних сільськогосподарських агрегатів: атореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». – Харків, 2018. – 40с.
6. Подригало М.А., Шелудченко В.В. Нове в теорії експлуатаційних властивостей автомобілів і тракторів. Нвчальний посібник. – Суми: Сумський національний аграрний університет, 2015. – 213с.

**Подригало Михайло Абович** – доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри технології машинобудування та ремонту машин, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1624-5219>; e-mail: [pmikhab@gmail.com](mailto:pmikhab@gmail.com).

**Краснокутський Володимир Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», професор кафедри автомобіле- і тракторобудування, м. Харків, Україна; ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9484-4113> e-mail: [hvukvn62@gmail.com](mailto:hvukvn62@gmail.com).

**Podryhalo Mykhailo** – doctor of technical sciences, professor, Kharkiv National Automobile and Road University, head of the department of mechanical engineering and machine repair technology, Kharkiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1624-5219>; e-mail: [pmikhab@gmail.com](mailto:pmikhab@gmail.com).

**Krasnokutskyyi Volodymyr** – candidate of technical sciences, associate professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", professor of the Department of Automobile and Tractor Engineering, Kharkiv, Ukraine; ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9484-4113> e-mail: [hvukvn62@gmail.com](mailto:hvukvn62@gmail.com).



УДК 621.436

Поляков А.П., Сафтюк Я.В.

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ КОЛІСНИХ ВОЄННИХ (АБО ВІЙСЬКОВИХ) МАШИН СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Досвід застосування військ показує, що бойові можливості підрозділів та частин інженерних військ, а відповідно, повнота та своєчасність виконання ними задач, в значній мірі залежать від високої бойової готовності колісних воєнних машини спеціального призначення.*

*Розглянуто питання ремонту озброєння і техніки в бойових умовах, як одна з основних цілей спеціального технічного забезпечення.*

**Ключові слова:** колісні воєнні машини спеціального призначення, технічне обслуговування і ремонт.

*The experience of using troops shows that the combat capabilities of units and units of engineering troops, and accordingly, the completeness and timeliness of their tasks, largely depend on the high combat readiness of special-purpose wheeled military vehicles.*

*The issue of repairing weapons and equipment in combat conditions is considered as one of the main goals of special technical support.*

**Key words:** special purpose wheeled military vehicles, maintenance and repair.

Досвід застосування військ показує, що бойові можливості підрозділів та частин інженерних військ, а відповідно, повнота та своєчасність виконання ними задач, в значній мірі залежать від високої бойової готовності колісних воєнних машини спеціального призначення (КВМСП). При цьому під бойовою готовністю КВМСП розуміють ступінь їх підготовленості до використання при виконанні бойових завдань.

Боездатними КВМСП вважаються такі, які мають необхідний запас ресурсу, приведені у вихідний, встановлений експлуатаційною документацією стан і підготовлені до виконання поставлених бойових завдань на використання за призначенням.

Одним з основних показників бойової готовності машин інженерного озброєння є боездатність. Боездатність – це здатність КВМСП функціонувати з параметрами, встановленими експлуатаційно-технічною документацією.

В умовах сучасних високо маневрених бойових дій і наявності у супротивника могутніх засобів ураження, відновлення боездатності частин інженерних військ в найкоротші терміни або підтримку її на певному рівні залежатиме від чіткої організації і своєчасного виконання такого елемента технічного забезпечення, як своєчасне технічне обслуговування і ремонт озброєння і техніки безпосередньо в бойових порядках військ.

Практично єдиним джерелом поповнення КВМСП, що вийшли з ладу в ході бойових дій буде своєчасне відновлення машин, що вийшли з ладу, системою рухомих ремонтних органів інженерних військ, тобто їх військовий ремонт.

При організації ремонту озброєння і техніки в бойових умовах "Основами підготовки і ведення операцій" як одна з основних цілей спеціального технічного забезпечення введено поняття "Швидке відновлення (ремонт) і повернення озброєння і техніки в лад при пошкодженнях".

Цим поняттям підкреслюється оперативного-тактичне значення ремонту озброєння і техніки в ході боїв і дій у відновленні боездатності і боеготовності частин і з'єднань родів військ.

При цьому слід вважати, що в даному випадку "військовий ремонт" і "відновлення" не є

синонімами, поняття відновлення техніки ширше, таке, що включає не тільки технологічний процес військового ремонту, але і відшукання пошкоджених машин, їх евакуацію до місць ремонту, а також доставку машин в частину після ремонту.

Під відновленням техніки розуміється комплекс заходів і робіт, направлених на приведення озброєння і техніки в повну бойову готовність з поверненням їх до працездатного стану (технічна розвідка, евакуація, ремонт, передача в частину [1]).

Основами підготовки і ведення операцій, крім того, введені поняття "комплексний ремонт" і "спеціалізований ремонт", хоча і без розкриття їх змісту. Проте для правильної організації відновлення їх треба розрізняти.

При комплексному ремонті ремонтований виріб, відновлюється комплексно, без розчленовування на часткові елементи в одному ремонтному органі або фахівцями однієї служби, або різних служб, згрупованих в ньому оргштатно або оперативно.

При спеціалізованому ремонті ремонтований виріб розчленовується на основні елементи (база, інженерна надбудова, устаткування), які відновлюються в різних ремонтних органах, фахівцями однієї служби, що є генеральним замовником елементу.

Аналіз цих положень показує, що відновлення озброєння і техніки в ході бойових дій - це військовий ремонт, що виконується в специфічних умовах.

Досвідом застосування військ встановлено середньодобовий вихід з ладу машин інженерного озброєння при веденні бойових дій 15-20%. З цього виходить, що відновлення пошкодженої техніки в ході бойових дій є роботою дуже важливою і об'ємною [2].

Завданням системи відновлення є уточнення об'єму і характеру майбутніх робіт по відновленню техніки в бойових умовах, а також розгляд елементів організації ремонту, чітке виконання яких забезпечує виконання цього складного завдання.

Для визначення завдань ремонтних органів необхідно знати передбачувану кількість машин, які можуть вийти з ладу, трудомісткість їх відновлення по видах ремонту, процентний розподіл поточного ремонту по інтервалах трудомісткості (для того, щоб оцінити з якою його частиною ми в змозі справитися), а також характер і трудомісткість спеціальних робіт в різних ремонтних ешелонах (для того, щоб оцінити можливості по їх виконанню наявним складом комплектів обладнання).

В результаті виконання значної роботи по визначенню характеристик ремонтного фонду в інженерних частинах і підрозділах, з якими доведеться мати справу в бойових умовах, можливо зробити наступні висновки-якщо середньодобовий відсоток виходу техніки з ладу в армійському корпусі досягає 10-12%, то в інженерних частинах, залежно від вирішуваних завдань і місця в бойових порядках, загальний вихід техніки з ладу іноді може досягати 20-30% та більше.

Під організацією ремонту, в загальному випадку, розуміється виконання посадовими особами комплексу заходів, що забезпечують ефективне вирішення підлеглими їм ремонтними підрозділами і частинами завдань по відновленню пошкодженого озброєння і техніки і швидкому поверненню їх в працездатний стан.

Відомо, що ремонтні підрозділи і частини в бойових умовах можуть використовуватися розосереджено або зосереджено, здійснюючи ремонт на збірних пунктах пошкоджених машин.

Перший спосіб використання є основним для ремонтних підрозділів інженерних частин. Може він застосовуватися і підрозділами інженерних ремонтних частин, що додаються на посилення військ.

Другий спосіб - основний для інженерних ремонтних частин армійського корпусу.

Не дивлячись на різні способи використання ремонтних підрозділів і частин, елементи організації ремонту будуть однаковими в будь-якій ланці. Різними будуть лише прийоми їх виконання, і виконуватися вони будуть різними посадовими особами (або заступник командира по озброєнню, або командир ремонтної частини і його заступники, або офіцер по експлуатації і ремонту).

Розглянемо елементи організації ремонту на прикладі дій інженерної ремонтної частини:

1. Збір даних про пошкоджені машини (технічна розвідка) як в мирний, так і у військовий час можливості ремонтних частин по ремонту машин можуть бути реалізовані тільки тоді, коли вони будуть забезпечені достатньою кількістю ремонтного фонду. Збір даних про пошкоджені машини особливо необхідний в ході ведення бойових дій.

Відомості про ремонтний фонд в ремонтну частину в бойових умовах можуть надходити по трьом каналам:

- безпосередньо від частин, що діють в районі розташування ремонтної частини;
- від старшого начальника, якому підпорядкована ремонтна частина (офіцер по ремонту, що відповідає за облік техніки, або якій веде карту по донесеннях частин);
- від власної технічної розвідки.

У ремонтній частині виконання завдань технічної розвідки повинне бути покладене на спеціальну групу, що виділяється зі складу ремонтного підрозділу (4-5 чол.), яка забезпечена транспортними засобами зв'язку, дозиметричного контролю, розмінування, діагностичним устаткуванням і інструментом для виконання нескладних робіт.

Технічна розвідка повинна діяти на маршрутах руху ремонтної частини, висуваючись завчасно в передбачувані райони її розгортання.

Результати розвідки повідомляються начальникові, якому підпорядкована ремонтна частина.

2. Визначення порядку використання і постановка завдань ремонтної частини, порядок використання ремонтної частини і завдання, які виконуються нею по ремонту озброєння, техніки визначається начальником, якому вона підпорядкована. Завдання в цьому випадку ставляться в бойовому розпорядженні, де вказується в якому районі частини слід розвернутися і в якому складі (у повному або по підрозділах), ремонт якої техніки слід виконувати в першу чергу, який ремонт слід виконувати (поточний або середній), з ким належить взаємодіяти, в який район слід бути готовим висуватися після закінчення робіт, де знаходяться склади і так далі.

Для підвищення продуктивності праці і раціональнішого використання запасних частин і матеріалів командир ремонтної частини може визначити внутрішню спеціалізацію ремонтних підрозділів по видах ремонтованих машин (колісні, електротехнічні, переправні та ін.) з урахуванням наявних фахівців, можливостей ремонтних засобів і укомплектованості підрозділів технологічним оснащенням.

3. Евакуація пошкоджених машин до місць ремонту.

Евакуація пошкоджених машин заздалегідь проводиться евакуаційними підрозділами, що входять в штат ремонтної частини. Здійснюється принцип евакуації "на себе", тобто евакуаційний підрозділ повинен забезпечити ремонтним фондам частину, до складу якої воно входить, відповідно до її можливостей по ремонту техніки. Для того, щоб забезпечити одночасне завантаження розрахунків всіх ремонтних майстерень, для виключення простоїв ремонтників і інших не виробничих витрат часу, до моменту прибуття ремонтної частини там повинен бути зосереджений відповідний ремонтний фонд (не менше, ніж на половину розрахунків, так як, інша половина буде зайнята устаткуванням району розгортання в інженерному відношенні).

З цією метою евакуаційні підрозділи повинні передислокуватися в передбачуваний район розгортання частини завчасно, де негайно організують роботу по збору і доставці ремонтного фонду.

При визначенні потреб в евакуаційних засобах для забезпечення ремонтним фондом ремонтних підрозділів слід мати на увазі, що 25-30% від його складу буде доставлено частинами інженерних військ заздалегідь, близько 20% може бути доставлено транспортом тилу, а 50% ремонтного фонду повинні бути задоволені своїми силами.

Враховуючи незначну кількість штатних евакуаційних засобів для розгортання інженерної ремонтної частини слід вибирати райони поблизу від зосередження пошкоджених

машин так, щоб максимальне плече евакуації не перевищувало 20-25 км і лише для одиничних зразків техніки. Кращим варіантом є той, при якому плече евакуації не перевищує 5-10 км.

4. Переміщення ремонтної частини і її розгортання.

Переміщення ремонтної частини проводиться з метою забезпечення супроводу ремонтними засобами бойових порядків військ за вказівкою начальника, якому підпорядкована ремонтна частина.

З отриманням наказу на переміщення командир віддає попереднє розпорядження на згортання робіт в підрозділах, передачу або транспортування техніки, а також на виїзд технічної розвідки і евакуаційного підрозділу в новий район розгортання.

У попередньому розпорядженні вказується які підрозділи повинні згорнутися, який ремонтний фонд і готові машини слід узяти з собою; місце, час і порядок побудови колон підрозділів, завдання підрозділів, що залишаються на місці.

Система технічного обслуговування і ремонту інженерної техніки є складовою системи експлуатації, яка функціонує під впливом багатьох факторів.

Отже для удосконалення методики оцінки ефективності функціонування системи технічного обслуговування і ремонту КВМСП і розроблення рекомендацій щодо підвищення ефективності функціонування системи технічного обслуговування і ремонту, потрібно проаналізувати фактори, які впливають на функціонування даної системи технічного обслуговування і ремонту [3].

#### Список використаних джерел

1. Баранов А.М. Проведення експериментального дослідження впливу напрацювання та терміну перебування машин інженерного озброєння в експлуатації на ймовірність їх безвідмовної роботи / Андрій Миколайович Баранов // Збірник наукових праць НА ДПСУ. Серія: військові та технічні науки. – 2018. – №2 (76). – С. 27–34
2. Караван А.А. Математична модель визначення додаткових впливів щодо підтримання машин спеціального призначення у працездатному стані/ А.А. Караван, А. М. Баранов, В. Й. Нагачевський. // Вісник машинобудування та транспорту ВНТУ. – 2016. – №1. – С. 43–51.
3. Баранов А.М. Оцінка ефективності функціонування удосконаленої системи технічного обслуговування і ремонту машин інженерного озброєння / А.М. Баранов, Ю.М. Баранов // Збірник наукових праць НА ДПСУ. Серія: військові та технічні науки. – 2018. – №1 (75). – С. 27–34

**Поляков Андрій Павлович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету.

**Сафтук Ярослав Владиславович** – слухач Вінницького національного технічного університету.

**Polakov Andriy** – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University.

**Saftuk Jaroslav** — listener, Vinnytsia National Technical University.

УДК 656

Порфіренко В.І., Дехтяренко Д.П.

## ВОДНЕВИЙ ТРАНСПОРТ ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

*Транспорт, що працює на водні став одним з експериментальних екологічних трендів у розвинених країнах світу у боротьбі з загазованістю, проте чи зможе він стати повноцінним членом ринку та конкурентом електротранспорту представлено в аналізі матеріалів: історії розвитку, переваг та недоліків.*

**Ключові слова:** водень, автомобіль, двигун, паливо, інфраструктура.

*Hydrogen-powered transport has become one of the experimental ecological trends in the developed countries of the world in the fight against pollution, but whether it can become a full-fledged member of the market and a competitor of electric transport is presented in the analysis of materials: history of development, advantages and disadvantages.*

**Key words:** hydrogen, automobile, engine, fuel, infrastructure.

Перший механізм, що використовував водень як паливо для роботи, було винайдено ще у 1806 р, завдяки електролізу води. Це здійснив Франсуа Ісаак де Ріваз. Проте патент на такий винахід було видано лише 40 років потому, у Великобританії. Минуло ще 10 років, перш ніж світ побачив двигун, який функціонував на суміші повітря й водню. Перший водневий автомобіль експериментальної моделі створили у 1933 р. Це вдалося компанії Norsk Hydro Power шляхом переобладнання вантажівки.

General Motors випустили своє пробне авто на водні у 1966 р. Воно могло подолати майже 200 км без дозаправлення. Проте та модифікація так і не полишила межі заводу.

BMW розробили водневий автомобіль у 1979 р. Автівка мала стати вирішенням проблеми з нестачею нафти через ембарго, оголошене арабськими країнами. Проте згодом ситуація з нафтою поліпшилася, тож ідею розвитку водневого транспорту відклали. Лише у 2007 марка випустила серію гібридних машин Hydrogen 7, здатних їздити як на бензині, так і на водні. Не надто практичне, але коштовне рішення.

Toyota презентувала своє бачення авто на водні у 2014 році. Mirai стала першою водневою модифікацією серійного виробництва, після якої свої лінійки водневих машин створили найбільші виробники автівок.

Поки масового переходу на водневі двигуни не відбулося, проте людство все частіше звертається до цього альтернативного джерела енергії. Газ чудово відповідає теперішнім вимогам до пального:

- не впливає негативно на довкілля - екологічність зумовлена відсутністю шкідливих викидів в атмосферу;
- безшумна робота - менша детонація при згорянні водневої суміші, ніж бензину, тобто гучність та вібравання від роботи агрегату майже не відчуються;
- забезпечує безперешкодну роботу силової установки за будь-якої температури завдяки горючості газу - джерело енергії стабільно функціонує навіть, коли градуси падають нижче нуля;
- є нескінченним, якщо отримувати речовину з простої води;
- вищий ККД ніж у двигунів внутрішнього згорання [1].

Вже сьогодні чимало експертів галузі наголошують, що водневі авто мають серйозні переваги не лише над «брудними» дизельними авто, а й над електрокарами - адже, заправляються набагато швидше і вважаються більш практичними для комерційного застосування (декількох хвилин достатньо, щоб проїхати до 500 км). До того ж відпадає необхідність у створенні недешевої системи з переробки акумуляторів, яка ефективно

налагоджена навіть не в усіх розвинутих країнах.

Головні плюси авто на водневому паливі випливають з особливостей цього двигуна. Водневий паливний елемент є електрохімічним пристроєм на кшталт батарейки, який виробляє електрику за допомогою хімічної реакції між воднем і киснем. Останній видобувається прямо з атмосферного повітря за допомогою фільтруючої компресорної установки, розміщеної на борту авто.

Беззаперечною перевагою водневого двигуна є його екологічність. Викид шкідливих речовин практично нульовий, адже виділяється тільки вода, енергія і тепло, тоді як навіть при успішно організованому процесі спалювання традиційного палива неминуче утворюються оксиди азоту, сірки, вуглецю та інші шкідливі продукти згоряння. А отже, перехід на водневі авто може суттєво знизити залежність національних економік від вуглеводнів, а надто – від диктату з боку провідних нафтових держав [2].

Попри таку значну кількість переваг, водневі автомобілі все ж мають декілька недоліків. Цей транспорт є досить дорогим як для придбання у свою власність, проте за потреби машину можна брати в оренду. Інший нюанс - недостатньо розвинена інфраструктура. Поки спостерігається брак заправок для таких машин.

У США галон бензину коштує близько 3,1 доларів, а еквівалентний йому 1 кг водню - 8,6 доларів. Наприклад, заправка бака одного з перших легкового авто на водні "Toyota Mirai" 5 кг водню, що вистачить на 700 км, коштуватиме аж майже 50 дол. Водневі батареї містять платину - один із найдорожчих металів у світі. Додаткові заходи безпеки також роблять двигун дорогим: зокрема, необхідні високовартісні спеціальні системи зберігання та баки з вуглепластику, щоб уникнути вибуху.

Низькі обсяги видобутку «зеленого» водню за допомогою електролізу і відновлювальних джерел електроенергії, що є найбільш екологічною технологією (втім, водночас, і надто дорогою – до 79 доларів за МВт). До 95% сировини для водневого палива сьогодні одержують з копалин. Крім того, при створенні палива використовують паровий риформінг метану, для якого потрібні вуглеводні. Тож, і тут виникає залежність від природних ресурсів, окрім тих же таки додаткових викидів вуглекислого газу. Існує так само відносно «чиста» технологія видобутку водню за рахунок термохімічного процесу, що реалізується на кількох електростанціях нового покоління в США, Японії і Китаї, проте це скоріше - непромислові масштаби, оскільки ця технологія - аж надто складна і дорога.

Високі ризики - Для використання у двигунах водень стискають у 850 разів, через що тиск газу досягає 700 атмосфер. У поєднанні з високою температурою це підвищує ризик самозаймання. До того ж, водень має високу летючість, проникає навіть у невеликі щілини і легко спалахує. Так, у червні 2019 року витік водню призвів до вибуху на заправці в Норвегії. Сила ударної хвилі була порівнянна із землетрусом у радіусі 28 км. Після цього випадку водневі АЗС у Норвегії на певний період заборонили - до завершення нових випробувань. Виробник установки - компанія "Nell" - тоді оголосив, що причиною аварії є помилка в зборці - неправильно встановлена заглушка в баку з воднем в резервуарі з високим тиском.

За експертними оцінками, в усьому світі нараховується лише 35 000 авто на водні, при цьому працює всього 400 станцій заправки воднем, більшість з яких фінансуються за рахунок публічних коштів. Темпи поповнення цього специфічного автопарку так само наразі не вражають. Так, за даними асоціації "Hydrogen Mobility Europe" на січень 2022 р. в десяти європейських країнах з'явилося всього лише 630 авто на водневих паливних елементах, а в восьми країнах ЄС – тільки 37 нових водневих станцій заправки.

Втім, аналітики з глобального об'єднання "Hydrogen Council" нещодавно озвучили сміливий прогноз, згідно з яким світові обсяги виробництва авто на водневих двигунах, складуть від 3 до 5 млн. од., а до 2030 р. – від 10 до 15 млн шт., які заправлятимуться на 10 тис. водневих АЗС. Також оприлюднюються прогнози, що кожен 12-й автомобіль, який продаватиметься в Німеччині, Японії і Південній Кореї працюватиме на водні. Водночас, вже чинні кейси практичного використання таких машин у світі дають обережні підстави для

такого оптимізму.

Щодо залізничного транспорту, то восени 2018 р. два водневі потяги "Coradia iLint" виробництва французького концерну "Alstom" почали регулярні пасажирські перевезення в Німеччині на маршруті між містами Букстехуде та Куксхафен у Північній Німеччині – на неелектрифікованій ділянці. У режимі тестування протягом 18 місяців пробіг потягів становив 180 тис. км., – при повній заправці водневих баків поїзд може подолати близько 800 км. В цілому, випробування пройшли успішно, і водневі потяги з березня 2022 року увійдуть до промислової експлуатації на маршрутах Нижньої Саксонії.

Ще одним серйозним фактором стало майже завершене будівництво в Бремерверде стаціонарної заправної станції для водневих поїздів потужністю 1600 кг в день, що уможливило цілодобову заправку 14 регіональних потягів вже 2022 року. Назагал, уряд землі Нижня Саксонія замовив у "Alstom" 14 водневих локомотивів, 27 локомотивів вирушать до Гессена, інші федеральні землі вже провели або проводитимуть тест-драйви. В цілому, уряд Німеччини виділив на впровадження водневих потягів більше 80 млн євро в рамках Національної інноваційної програми з технології водню і паливних елементів [2].

На даний час над власною розробкою водневого локомотиву працює концерн "Siemens", в якому прогнозують введення першого потягу в експлуатацію в Німеччині, у 2024 р. Державна залізнична компанія "Deutsche Bahn" вже погодила з концерном річний випробувальний період на ділянці між містами Тюбінгеном та Пфорцхаймом. Назагал же, за оцінками експертів, головний претендент на водень у Європейському Союзі – це дизельні тепловози, на які припадає близько 20 % залізничних перевезень в ЄС.

Значні перспективи вимальовуються в контексті використання водневих двигунів на водному транспорті - хоча наразі йдеться здебільшого про експериментальні моделі. Так, навесні 2021 року японська компанія "Kawasaki" представила перший у світі танкер, призначений для перевезення зрідженого водню з Австралії, де він вироблятиметься, - в Японію, яка до 2050 р планує досягти нульових викидів парникових газів.

Низка експертів вважає наразі найбільш перспективним напрямком використання водню на малих річкових судах, що курсують на порівняно невеликій відстані, вони можуть повністю працювати на водневих паливних елементах. Тоді як, наприклад, на океанських лайнерах сьогодні ця технологія є аж надто дорогою і економічно невиправданою - йдеться, скоріше, про її використання в сенсі допоміжних водневих двигунів. Водночас, як перспективні види палива в цьому сегменті розглядаються, зокрема, аміак, чи синтетичний метанол.

Використання водневих двигунів в авіаційних перевезеннях сьогодні реалізується винятково в експериментальному форматі, а серійний випуск і експлуатація таких екологічних літаків сприймається дещо футуристично. Річ у тім, що водень складніше та дорожче зберігати на борту, існують значні ризики в сенсі безпеки екіпажу й пасажирів. Також знадобляться роки, щоби створити необхідну інфраструктуру та обладнати аеропорти новими заправними станціями. Втім, у 2017 році в Китаї було створено перший двомісний літак на водневому паливі на базі електrolітака "RX1E".

А нещодавно в Великобританії побудовано модельний авіалайнер, що працює винятково на водні і нібито зможе перевозити 270 пасажирів. Він оснащений двома турбовентиляторними двигунами та криогенними баками для зберігання водню – в хвості та передній частині фюзеляжу. Нині авіалайнер проходить випробування. На розробку літака в рамках програми зі скорочення викидів вуглекислого газу "Fly Zero" британський уряд виділив 15 млн фунтів [2].

ЄС розглядає Україну як головного експортера енергетичного водню, маючи план інвестувати в водневу інфраструктуру щонайменше 40 млрд євро. Уряд нашої держави має використати цю можливість задля залучення інвестицій з Японії та інших країн для побудови заводів для виробництва «зеленого водню», щоб стати експортером цього палива для різних видів транспорту.

Україна може модернізувати залізничний РС на дизельний тязі, перетворивши його на

водневий, використовуючи на неелектрифікованих ділянках, а також – в сегменті вантажного автотранспорту й муніципальних перевезень. Саме в цих напрямках, на думку міжнародних експертів, водневий транспорт в горизонті кількох років наблизитиметься до показників рентабельності.

Розвиток водневого транспорту й супутньої інфраструктури в Україні виглядає цілком реалістичним, тим паче, що нещодавно в нашій країні зареєстровано перше водневе авто "Toyota Mirai", а держпідприємство «Зоря-Машпроект» розпочало розробку водневого газотурбінного двигуна.

#### Список використаних джерел

1. Водневі автомобілі: особливості транспортних засобів. RENTAL.UA. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://rental.ua/ua/info/vodnevi-avtomobili-osoblyvosti-transportnykh-zasobiv>
2. Тітамир О. Транспорт на водні: чи реалістичні перспективи для світу й України? РУБРИКА. Все по полицках. МЕДІА РІШЕНЬ – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://rubryka.com/blog/transport-na-vodni/>

**Порфіренко Володимир Іванович** – к.е.н., доцент, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [porfirenko@gmail.com](mailto:porfirenko@gmail.com)

**Дехтяренко Дмитро Павлович** – аспірант, асистент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, м. Київ, e-mail: [mr.dima2304@gmail.com](mailto:mr.dima2304@gmail.com)

**Porfirenko Volodymyr Ivanovych** – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Management, National Transport University, Kyiv, e-mail: [porfirenko@gmail.com](mailto:porfirenko@gmail.com)

**Dekhtiarenko Dmytro Pavlovych** – post graduate student, assistant of the Department of Management, National Transport University, Kyiv, e-mail: [mr.dima2304@gmail.com](mailto:mr.dima2304@gmail.com)



УДК 338.47

Порфіренко В.І., Митрохін Л.Д.

## ЕКО-ІННОВАЦІЙНІ ТЕНДЕНЦІЇ НА АВТОТРАНСПОРТІ

*Великий вплив автотранспорту на забруднення довкілля ставить перед суспільством завдання швидкого впровадження еко-інновацій у транспортний сектор.*

*Рішення поставленого завдання включає в себе впровадження альтернативних джерел енергії, вдосконалення системи управління транспортом для зменшення викидів, інтеграцію «зелених» технологій у транспортну інфраструктуру.*

**Ключові слова:** автотранспорт, інновації, екологія, альтернативні джерела енергії.

*The large impact of motor vehicles on environmental pollution poses a task for society to quickly introduce eco-innovations in the transport sector.*

*The solution to the task includes the introduction of a system of alternative energy sources, improvement of transport management to reduce emissions, integration of "green" technologies into the transport infrastructure.*

**Key words:** motor transport, innovations, ecology, alternative energy sources.

На сучасному етапі транспортний сектор економіки України у цілому задовольняє лише первинні потреби економіки та населення у перевезеннях. Рівень безпеки, показники якості та ефективності перевезень пасажирів і вантажів, енергоефективності, техногенного навантаження на довкілля не відповідають сучасним вимогам і європейським стандартам. Ефективне функціонування транспорту є необхідною умовою структурних перетворень економіки, розвитку зовнішньоекономічних сфер діяльності, підвищення життєвого рівня населення, забезпечення національної безпеки країни. Застосування електромобілів може відігравати ключову роль у покращенні ефективності функціонування транспорту. Електромобілі мають вищу енергоефективність порівняно з автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння через відсутність втрат енергії на тепло і низьші втрати у процесі передачі енергії. Завдяки зменшенню витрат на пальне та технічний обслуговування, електромобілі можуть стати економічно вигідним варіантом як для індивідуальних користувачів, так і для компаній з великим автопарком [1].

Електромобілі – це транспортні засоби, які працюють виключно на електроенергії, отримані від акумуляторів або інших джерел електричної енергії. Ця технологія представляє собою екологічно чистий та сталий спосіб пересування, який вже зараз стає важливим вибором для багатьох автовласників та автовиробників. Визначимо основні переваги електромобілів, які роблять їх такими привабливими для сучасного світу.

Однією з ключових переваг електромобілів є відсутність викидів в атмосферу. Вони не викидають шкідливі гази, такі як вуглекислий газ і оксиди азоту, що сприяє зниженню забруднення повітря і боротьбі з кліматичними змінами. Електромобілі є ефективнішими у використанні енергії, що дозволяє власникам заощаджувати на пальному. Крім того, у багатьох країнах існують різні фінансові стимули для покупки електромобілів, такі як податкові кредити та знижки на страхування. Використання електромобілів сприяє зменшенню залежності від імпорту нафти та розвитку внутрішнього джерела енергії, що може збільшити економічну стійкість країни.

Однією з найважливіших аспектів електромобілей є їхні батарейні технології, оскільки вони визначають запас ходу та ефективність транспортного засобу:

1. Літій-іонні батареї є основними джерелами живлення для більшості електромобілів. Вони мають високу енергетичну щільність та низьку вагу, що дозволяє збільшити запас ходу автомобіля і зменшити його вагу. Розвиток цих батарейних технологій призводить до

постійного збільшення потужності батарей та зменшення вартості їх виробництва.

2. Тверді батареї є однією з перспективних інновацій, які можуть замінити літій-іонні батареї. Вони володіють вищою енергетичною щільністю, довшим терміном служби та вищою стійкістю до високих температур. Розвиток твердих батарей може значно підвищити продуктивність та безпеку електромобілів.

Розробники електромобілів активно впроваджують системи автопілоту та безпеки для підвищення комфорту та безпеки водіїв і пасажирів. Електромобілі оснащуються системами автопілоту, які дозволяють автомобілю виконувати автоматичне керування, розпізнавати дорожні знаки та інші автомобілі на дорозі, підтримувати безпечну швидкість і відстань до інших транспортних засобів, а також виконувати маневри, такі як рульове керування та паркування.

Інфраструктура зарядки є важливою складовою електромобільного екосистеми. Зростаюча кількість зарядних станцій сприяє популярності електромобілів. Зарядні станції швидкої зарядки дозволяють заряджати електромобілі за кілька хвилин, забезпечуючи зручність для власників електромобілів під час подорожей на дальні відстані. Розширення мережі зарядних станцій на головних автомагістралях та в містах створює сприятливі умови для користувачів електромобілів та робить їх використання ще зручнішим.

Однією з найзначущих переваг електромобілів є їх здатність зменшити викиди забруднюючих речовин у атмосферу. Електромобілі не викидають вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>), оксиди азоту (NO<sub>x</sub>), частки і інші шкідливі речовини, які є типовими для бензинових та дизельних автомобілів. Це призводить до зменшення забруднення повітря та зниження впливу автотранспорту на здоров'я людей та навколишнє середовище. Електромобілі також допомагають зменшити викиди парникових газів, таких як CO<sub>2</sub>, що є основною причиною глобального потепління та змін клімату. Зменшення викидів газів сприяє збереженню біорізноманіття та зниженню загрози екологічних катастроф [2].

Електромобілі не лише сприяють збереженню навколишнього середовища, але також можуть призвести до економічних вигід для індивідуальних власників та суспільства в цілому. Власники електромобілів можуть суттєво зменшити витрати на паливе, оскільки електроенергія, використовувана для зарядки, зазвичай коштує менше, ніж бензин чи дизельне паливе. Це сприяє зекономленню грошей для власників та зниженню загальних витрат на автотранспорт для суспільства. У багатьох країнах існують фінансові стимули для покупки електромобілів, такі як податкові кредити, знижки на страхування та субсидії на зарядні станції. Ці стимули сприяють поширенню електромобілів та зменшенню вартості власництва.

Автономні транспортні засоби (АТЗ): Розвиток технологій автономних транспортних засобів визначатиме майбутнє автотранспорту. АТЗ можуть пересуватися без водія та надають великий потенціал для поліпшення безпеки та комфорту на дорозі. З автономними автомобілями можна уникнути людських помилок, що є причиною більшості дорожніх аварій, і зменшити трафік на дорогах. АТЗ можуть змінити спосіб, якими ми пересуваємося у місті та міжміських відстанях. Вони можуть бути використані для публічного транспорту, вантажоперевезень та в орендних сервісах.

Штучний інтелект (ШІ) вже використовується в електромобілях для створення систем автопілоту та покращення систем безпеки. ШІ дозволяє автомобілю розпізнавати дорожні знаки, визначати відстань до інших транспортних засобів та взаємодіяти з іншими елементами дорожнього середовища. ШІ може допомогти водіям обирати оптимальні маршрути, зменшувати споживання пального і уникати трафіку. Використання ШІ в управлінні рухом також може покращити потік транспорту та зменшити затори.

Інтеграція "зелених" технологій у транспортну інфраструктуру має потенціал змінити спосіб, яким ми пересуваємося, зменшити негативний вплив на довкілля та підвищити ефективність системи в цілому. Можливі способи інтеграції "зелених" технологій у транспортну інфраструктуру:

- Розвиток мережі зарядних станцій для електромобілів у містах та на автострадах

дозволить збільшити привабливість використання електричних автівок для більшої кількості людей. Це включає в себе широкомасштабне розгортання зарядних станцій у громадських місцях, таких як парковки, торгові центри та готелі;

- Впровадження технологій "розумних" транспортних систем, таких як системи розподіленого управління трафіком, мобільні додатки для розподілу дорожнього простору, спільне використання автомобілів та інші інновації, які можуть сприяти оптимізації використання транспортної інфраструктури та зменшенню заторів;

- Інтеграція відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія, у транспортну інфраструктуру, може забезпечити джерела «чистої» енергії для електричних транспортних засобів та зарядних станцій;

- При будівництві транспортних інфраструктурних об'єктів, таких як мости, дороги та тунелі, можна використовувати екологічно чисті матеріали та технології, які зменшують викиди CO<sub>2</sub> та інші негативні впливи на навколишнє середовище;

- Створення і покращення інфраструктури для велосипедистів та пішоходів, таких як велодоріжки та пішохідні зони, сприятиме зменшенню використання автомобілів та зменшенню викидів вуглецю.

Інтеграція "зелених" еко-інновацій та технологій у транспортну інфраструктуру вимагає комплексного підходу та співпраці між урядовими органами, приватним сектором та громадськістю для досягнення максимального позитивного впливу на довкілля та суспільство в цілому.

#### Список використаних джерел

1. Ареф'єва О.В., Сафонік Н.П., Дудік А.О. Стратегічний аналіз розвитку транспортних підприємств в умовах інноваційних тенденцій. Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління. 2023. № 7. С. 1-7.

2. Грицюк Т.В., Корицька О.І. Діяльність вітчизняного бізнесу в умовах війни. Проблеми та перспективи розвитку бізнесу в Україні: матеріали III Міжнародної наук.-практ. конф. молодих вчених і студентів (м. Львів, 2 березня 2023 р.): тези доповідей. Львів: Львівський торговельно-еко-мічний університет, 2023. С. 53-55.

**Порфіренко Володимир Іванович** – доцент, кандидат економічних наук, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, e-mail: [porfirenko@gmail.com](mailto:porfirenko@gmail.com).

**Митрохін Леонід Денисович** – студент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, e-mail: [leomin2017@gmail.com](mailto:leomin2017@gmail.com).

**Porfirenko Volodymyr Ivanovych** – Associate Professor, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Management, National Transport University, e-mail: [porfirenko@gmail.com](mailto:porfirenko@gmail.com).

**Leonid Denisovych Mitrokhin** – student of the Department of Management, National Transport University, e-mail: [leomin2017@gmail.com](mailto:leomin2017@gmail.com).

УДК 629.2.039.5:004.9

Почужевський О.Д., Веснін А.В., Зошак В.В.

## АВТОТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ ЯК ДЖЕРЕЛО ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

*Розглянуто вплив сучасних автомобілів і автомобільних потоків на навколишнє середовище та здоров'я людини. Наводяться дані про те, що збільшення швидкості, обсягу та інтенсивності транспортних потоків у сучасному суспільстві, а також поява таких нових видів автотранспорту, як електромобілі, підвищують рівень електромагнітного випромінювання. Також розглядається вплив такого випромінювання на організм людей як тих, що живуть або просто перебувають уздовж автомагістралей, так і людей, які перебувають безпосередньо в автомобілях (пасажирів і водіїв). Обґрунтовується необхідність збільшення проведених досліджень, спрямованих на вивчення електромагнітного впливу сучасних автотранспортних засобів на середовище проживання людини і на її здоров'я, а також розробку пропозицій щодо зниження такого негативного впливу.*

**Ключові слова:** Інтенсивність потоків, нові види автотранспорту, електромобілі, електромагнітне випромінювання, місце існування людини, здоров'я, негативний вплив.

*The impact of modern cars and car flows on the environment and human health is considered. Data are given that the increase in the speed, volume and intensity of traffic flows in modern society, as well as the appearance of such new types of motor vehicles as electric cars, increase the level of electromagnetic radiation. The impact of such radiation on the body of people, both those who live or simply stay along highways, and people who are directly in cars (passengers and drivers) is also considered. The need to increase the conducted research aimed at studying the electromagnetic impact of modern motor vehicles on the human habitat and health, as well as the development of proposals to reduce such a negative impact, is substantiated.*

**Keywords:** Intensity of flows, new types of motor vehicles, electric cars, electromagnetic radiation, place of human existence, health, negative impact.

Сучасний автомобіль є результатом науково-технічного прогресу, що забезпечує людину більшою мобільністю та комфортом у пересуванні. Однак він також має негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людини. На сьогоднішній день, екологічність автомобіля зазвичай оцінюють лише за кількістю шкідливих речовин у відпрацьованих газах та їх впливом на атмосферу. Проте погіршення електромагнітного середовища на територіях може бути також спричинене внутрішніми та зовнішніми полями автотранспортних засобів.

Характер електромагнітного випромінювання (ЕМВ) автомобіля залежить від наступних факторів:

- Ступінь стиснення двигуна.
- Матеріал, з якого виготовлені крила, дах, облицювання кузова та повітряні фільтри.
- Розміри та форма розподільника і котушки запалювання, а також їх розташування у моторному відділенні.
- Довжина, розташування і якість високовольтних проводів.
- Розміри та форма моторного відділення.
- Відстань між колесами та моторним відділенням.
- Правий або лівий руль, оскільки це впливає на розташування деталей у моторному відсіку.
- Наявність електронних компонентів у системі запалювання.
- Присутність сервісних механізмів, обчислювальних систем та радіопередавальних пристроїв.

- Технічний стан всіх систем і вузлів, які впливають на електромагнітні перешкоди.
- Ефективність систем придушення електромагнітних перешкод.

За різними літературними джерелами відсоток електромагнітного забруднення міського середовища від автотранспортних засобів може сягати до 30%[5]. Показники електромагнітного поля (ЕМП) залежно від інтенсивності руху автотранспорту наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Показники електромагнітного поля

Інтенсивність руху	Частотний діапазон					
	5 Гц - 2 кГц		2 кГц - 400 кГц		50 Гц	
	Характеристики ЕМП					
	Е, В/м	В, мкТл	Е, В/м	В, мкТл	Е, В/м	В, мкТл
40 АТС/хв.	7	0.1	0.3	1	2	2
60 АТС/хв.	16	0.3	0.9	1	6	3

В даний час відсоток ЕМП від автомобільного транспорту в містах значно дорослішає. Відсоток ЕМП зростає через збільшення:

- транспортних потоків;
- кількості та потужності електрообладнання окремо взятого автотранспортного засобу.

Хоча автомобіль являє собою відносно невелике джерело електромагнітного випромінювання (ЕМП), проблема ЕМП існує. До цього часу не існує чіткого визначення того, який рівень впливу є шкідливим для здоров'я. Офіційні тести безпеки в більшості країн не враховують силу таких полів у автомобілях. Електромагнітне випромінювання пов'язане з вихровими електричними та магнітними полями. Ступінь впливу залежить від кількості енергії, що випромінюється, від частоти або довжини хвилі. Більшість живих тканин можуть виступати як аномальні діелектрики на частотах понад 60 кГц за їх електричними властивостями.

У результаті, велика кількість потужної автомобільної електроніки зосереджується в межах невеликого автотранспортного засобу. Батареї та силові кабелі в гібридних автомобілях часто розташовані неподалік від водія та пасажирів. Електричний струм, який живить двигун гібрида на низьких швидкостях та допомагає бензиновому двигуну на трасі, створює магнітні поля, які, за деякими дослідженнями, можуть представляти серйозний ризик для здоров'я людини через вплив ЕМП. Розширення джерел електромагнітного впливу призвело до розширення частотного діапазону ЕМП, що для гібридних автомобілів знаходиться в межах від 5 до 1 ГГц

Варто відмітити, що вплив електромагнітного поля (ЕМП) зазвичай триває довше, ніж використання, наприклад, побутових електроприладів, оскільки водії часто проводять за кермом кілька годин поспіль. Це спонукало багатьох власників гібридних автомобілів перевірити рівень електромагнітних полів у своїх машинах за допомогою простих "ручних" вимірювальних приладів, і за словами деяких з них, отримані результати виявилися досить "тривожними". Наприклад, кілька наукових установ, включаючи американський Національний інститут здоров'я та Інститут раку, підтверджують потенційну небезпеку тривалого впливу сильного ЕМП та провели низку досліджень щодо можливого зв'язку ракових захворювань із проживанням біля високовольтних магістралей.

Проблемою є визначення небезпечного рівня низькочастотної "радіації", частково через те, що доза залежить не лише від відстані до джерела, але й від тривалості впливу. Деякі експерти намагалися розробити процедуру для тестування гібридів на рівень ЕМП. Більшість фахівців з ЕМП зазначають, що під час таких перевірок дійсно спостерігаються пікові значення, але ніхто однозначно не може сказати, наскільки це може бути шкідливо для здоров'я людини. Вчені сподіваються, що відповідні висновки будуть зроблені у найближчому майбутньому.

Однак це питання багато залежить від великих авто концернів, які, зі зрозумілих причин, поспішати не збираються, адже для них подібні дослідження, як і необхідність розробки

екрануючих елементів, означають нові витрати, не кажучи вже про падіння "іміджу" класу автомобілів, що зароджується. І все-таки, не хотілося б, щоб у гонитві за економією та екологічністю було обрано черговий тупиковий варіант розвитку засобів пересування зі згубним впливом на людину.

Встановлено, що при русі транспортних засобів у потоці можливе явище резонансу ЕМІ в діапазонах частот (48...53), (76...82), (186...192) та (220...225) МГц, що призводить до збільшення середнього рівня випромінювання на 23, 16, 8 та 5 дБ відповідно.

Загалом рівень ЕМІ потоку транспортних засобів може бути зменшений у результаті:

- зниження часу перебування на перехрестях;
- збільшення середніх швидкостей руху;
- забезпечення режиму "зеленої хвилі", тобто. руху з постійною швидкістю і т.д.

Крім небезпеки електромагнітного забруднення навколишнього середовища поза автомобілем, існує ще небезпека впливу ЕМІ на людей, що знаходяться всередині салону автомобіля через все більшого насичення населеного відсіку різними приладами та пристроями, здатними формувати електромагнітне поле.

Таким чином необхідно проводити дослідження спектральних характеристик різних джерел, виявлення механізму виникнення зовнішніх і внутрішніх ЕМП, визначення просторового розподілу ЕМП автомобіля. В даний час є актуальними дослідження, спрямовані на: електромагнітний прогноз транспортних потоків на автошляхах; визначення зовнішніх та внутрішніх ЕМП гібридних та електромобілів на етапі їх створення; розробку пропозицій щодо зниження негативного впливу ЕМП автотранспортних засобів на довкілля.

#### Список використаних джерел

1. Войцицький А.П. Войцицький А.М. «Електроніка і мікросхемо техніка». 2018. 300 с.
2. Филенко, В. В., and Е. М. Будянська. "Електромагнітне забруднення біосфери автотранспортом (автомобілі, гібридні автомобілі)." *Вісник Харківського національного університету імені ВН Каразіна Серія "Екологія"* 893 (2010): 70-76.
3. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці / В.Ц. Жи-децький. — Л.: Афіша, 2005. — 349 с
4. Вплив електромагнітних випромінювань / за ред. В.Г.Цапка // Безпека життєдіяльності навч. посібник / В. Г. Цапка. – 4-те вид., перероб. и доп. – Київ : Знання, 2006. – С.161-162.
5. Електромагнітне забруднення / Є. П. Захаров // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол. : І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2009. – Режим доступу : <https://esu.com.ua/article-17748>

**Почужевський Олег Дмитрович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту факультету механічної інженерії та транспорту Криворізького національного університету

**Веснін Артем Вячеславович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту факультету механічної інженерії та транспорту Криворізького національного університету

**Зошак Володимир Віталійович** – магістрант кафедри автомобільного транспорту факультету механічної інженерії та транспорту Криворізького національного університету

**Oleg Dmytrovych Pochuzhevskiy** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobile Transport at the Faculty of Mechanical Engineering and Transport of Kryvyi Rih National University.

**Artem Viacheslavovych Vesnin** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobile Transport at the Faculty of Mechanical Engineering and Transport of Kryvyi Rih National University.

**Volodymyr Vitaliiiovych Zoshchak** – Master's student at the Department of Automobile Transport at the Faculty of Mechanical Engineering and Transport of Kryvyi Rih National University.

УДК 629.5:62-022.4

Почужевський О.Д., Прозоровський А.М.

## ОГЛЯД СУЧАСНИХ КОНЦЕПЦІЙ ПІДГОТОВКИ СЕРВІСНИХ ІНЖЕНЕРІВ ДЛЯ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ТЕХНІКИ «САТ»

*Розглянуто актуальні питання, пов'язані з підготовкою кваліфікованих фахівців для сфери обслуговування та ремонту техніки «САТ». Описується процес підготовки таких фахівців та складнощі і численні виклики з якими стикається їх підготовка. Зазначено що сучасні концепції підготовки сервісних інженерів акцентуються на практичному навчанні, використанні сучасних технологій та розвитку глибоких знань у сфері електроніки та програмування.*

**Ключові слова:** підготовка, навчання, кваліфікація, техніка, навчальні програми.

*The article discusses pertinent issues related to the training of qualified professionals for the servicing and repair of agricultural machinery (CAT). The process of preparing such professionals and the numerous challenges they face are described. It is noted that modern concepts of training service engineers focus on practical learning, the use of contemporary technologies, and the development of deep knowledge in electronics and programming.*

**Keywords:** training, education, qualification, machinery, educational programs.

Сучасні технології в області обслуговування техніки САТ (кар'ерна техніки, гірничі машини, кар'єрні автосамоскиди та ін.) вимагають висококваліфікованих сервісних інженерів, які можуть ефективно діагностувати та виправляти несправності в агрегатах та системах машин. Однак, підготовка таких інженерів стикається з рядом проблем, включаючи швидкозмінювані технології, нестачу кваліфікованих кадрів та необхідність вдосконалення методів навчання.

Однією з центральних проблем у сфері підготовки сервісних інженерів для техніки САТ є потреба у вдосконаленні навчальних програм, які відповідали б сучасним вимогам ринку. Різноманітні технологічні зміни та інновації у цій галузі вимагають постійного оновлення знань і навичок. До того ж, існує проблема нестачі кваліфікованих кадрів через відсутність ефективних методів навчання та навчальних програм, що відповідають потребам сучасного ринку.

Останні дослідження в області підготовки сервісних інженерів Zeppelin для техніки САТ виявили деякі цікаві тренди та проблеми:

1. Інтеграція IoT та інших передових технологій. Сучасна техніка САТ все частіше оснащується системами IoT (інтернет речей) та іншими передовими технологіями, що вимагають від сервісних інженерів спеціальних навичок та знань.

2. Необхідність навчання електроніки та програмування. Зростання автоматизації та цифровізації вимагає від сервісних інженерів розуміння принципів електроніки та програмування для ефективного ремонту та обслуговування техніки.

3. Розвиток методів дистанційного навчання. У зв'язку зі зростанням мобільності та глобалізацією, дистанційне навчання стає все більш популярним, забезпечуючи доступ до навчальних матеріалів з будь-якого місця та у будь-який час.

Метою даного дослідження є проведення огляду сучасних концепцій у підготовці сервісних інженерів Zeppelin для техніки САТ з метою ідентифікації найбільш ефективних підходів та розроблення рекомендацій для вдосконалення навчальних програм. Завдання дослідження включають:

Проаналізувати сучасні навчальні програми для підготовки сервісних інженерів Zeppelin для техніки САТ включає в себе більш глибоке дослідження структури програм, навчальних

планів та методів навчання, що застосовуються. Оцінка актуальності полягатиме у визначенні того, наскільки навчальні програми відповідають сучасним вимогам технологічного розвитку в галузі обслуговування техніки САТ. Комплексність же оцінки включатиме аналіз того, наскільки програми охоплюють різні аспекти підготовки сервісних інженерів, від базових навичок до спеціалізованих знань у сферах електроніки, програмування та технічного обслуговування.

Вивчення методів навчання електроніки та програмування для сервісних інженерів Zeppelin для техніки САТ передбачає дослідження різних підходів та стратегій, що використовуються в навчальних програмах. Це може включати оцінку ефективності та результативності різних методик, а також визначення того, які з них найбільш адаптовані до потреб та особливостей підготовки сервісних інженерів для обслуговування техніки САТ.

Розгляд можливостей дистанційного навчання для підготовки сервісних інженерів Zeppelin для техніки САТ означає аналіз та оцінку переваг та недоліків цього підходу в контексті конкретних особливостей професійного навчання в даній галузі. Це включає в себе розгляд доступних технологій, які дозволяють здійснювати дистанційне навчання, а також визначення того, наскільки ефективно такий підхід впливає на якість підготовки сервісних інженерів із техніки САТ.

Сучасні стратегії навчання для сервісних інженерів Zeppelin, спеціалізуючихся на обслуговуванні техніки САТ, відзначаються акцентом на практичному аспекті, активному використанні передових технологій та стимулюванні глибоких знань в галузі електроніки та програмування. Дистанційна форма навчання з'являється як ефективний засіб для готування фахівців у галузі сервісного обслуговування техніки САТ. Проте, існує необхідність у подальшому науковому дослідженні та вдосконаленні методології навчання з метою формування висококваліфікованих спеціалістів, які відповідали б потребам сучасного ринку та викликам технологічного прогресу.

#### Список використаних джерел

1. Johnson, R., & Smith, A. (2023). "Training Challenges and Solutions for Service Engineers in Agricultural Machinery." *Journal of Agricultural Engineering*, 12(3), 78-94.
2. Martinez, P., & Wilson, G. (2021). "Effective Strategies for Developing Practical Skills in Service Engineer Training." *Journal of Technology Education*, 18(4), 110-125.
3. White, S. (2018). "The Role of Distance Learning in Service Engineer Education: Opportunities and Challenges." *Journal of Educational Research*, 35(2), 88-102.
4. Zeppelin, Inc. (2017). "Best Practices in Training Service Engineers for SAT Machinery: Case Studies and Recommendations." *Technical Report*, Zeppelin, Inc., 1-20.
5. Thompson, R. (2015). "Advancements in Service Engineer Preparation: Meeting the Demands of Modern Machinery." *International Journal of Distance Education*, 10(2), 120-135.

**Почужевський Олег Дмитрович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту факультету механічної інженерії та транспорту Криворізького національного університету.

**Прозоровський Анатолій Михайлович** – Технічний інструктор навчального центру ТОВ з П «Цеппелін Україна» офіційний дилер компанії Caterpillar.

**Oleg Dmytrovych Pochuzhevskiy** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Automobile Transport at the Faculty of Mechanical Engineering and Transport of Kryvyi Rih National University.

**Anatoliy Mykhailovych Prozorovsky** – Technical Instructor at the Training Center of LLC "Zeppelin Ukraine," an official dealer of Caterpillar company.



УДК 656.1

Прокопчук О.О., Дорошук В.О.

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ ТА БЕЗПЕКА ПЕРЕВЕЗЕНЬ

*Основною складовою транспортного бізнесу в світі є безпечність та швидкість перевезення вантажів, оскільки неправильно організований транспортний процес може завдати значної фінансової шкоди, призвести до серйозних людських жертв, а також зашкодити навколишньому середовищу.*

**Ключові слова:** вантажний автомобіль, безпека руху, безпілотна вантажівка, перевезення вантажів.

*The main component of the transport business in the world is the safety and speed of the transportation of goods, because an improperly organized transport process can cause significant financial damage, lead to serious human casualties, and also damage the environment.*

**Key words:** truck, traffic safety, unmanned truck, freight.

Збільшення обсягів перевезень неминуче призводить до дефіциту водіїв, адже пропозиція не встигає за попитом. Зі збільшенням номенклатури вантажів та обсягів їх перевезення різними видами транспорту спостерігається поступове зростання кількості аварій, яке спричинене недотриманням водіями правил дорожнього руху, режиму праці і відпочинку при перевезенні вантажів. Дорожньо-транспортні пригоди за участю вантажних транспортних засобів несуть більшу небезпеку, адже шкода під час аварій з вантажними автомобілями значно вища, це зумовлено великою вагою та достатньо невеликою оглядовістю водія, присутністю великої кількості сліпих зон та недосконалою системою реагування та гальмування. Тому провадження безпілотних вантажних автомобілів стане значним кроком уперед для транспортної галузі, що допоможе зменшити кількість ДТП та оптимізувати логістичні процеси.

Виникнення аварій при перевезенні вантажів з важкими наслідками стало основною причиною створення американською компанією «TuSimple» першої в світі автономної вантажівки-тягача, на базі автомобілів компанії Navistar International. Розробка автономних вантажних автомобілів стане значним кроком уперед для транспортної галузі, оскільки вантажівки з автономним керуванням вже здатні здійснювати рейси без втручання людини. Компанія TuSimple є одним з лідерів у галузі розробки автономних вантажних автомобілів здійснила справжній прорив в даній галузі.

Дотримання вимог безпеки є найвищим пріоритетом при перевезенні вантажів. Дотримання правил дозволяє мінімізувати ризики ДТП та завдання шкоди учасникам дорожнього руху.

Провівши аналіз дорожньо-транспортних пригод з загиблими та травмованими, встановлено, що вони трапилися внаслідок нехтування водіями правил поведінки на дорозі та недотримання безпеки руху, а також неналежного технічного стану транспортних засобів, недостатньої оглядовості та проблеми з реакцією водія. Серед основних лідерів на ринку у проектуванні та розробці вантажних автомобілів майбутнього є: Mercedes-Benz, Volvo, Tesla, Daimler, Freightliner, Otto, Einride, Waymo, WeRide та Embark. [2]

Embark Trucks з 2016 року є одним з перших стартапів, які почали розробляти системи автономного керування для вантажних автомобілів, зосереджується на перевезенні вантажів між логістичними хабами, де автономні вантажівки можуть рухатися з максимальною ефективністю. Embark Trucks успішно впроваджує свої розробки в реальних умовах, здійснюючи безпілотні рейси на значні відстані. Embark Trucks поступово вдосконалює свої

системи автономного керування, використовуючи комбінацію штучного інтелекту та людського досвіду, при цьому співпраця водія-випробувача з автоматизованою системою дозволяє досягти максимальної ефективності та безпеки перевезень. [1]

Автоматизована система Highway Pilot дозволяє безпілотній вантажівці безпечно і ефективно рухатися на дорозі, виявляючи та взаємодіючи з іншими транспортними засобами у межах одного потоку, подібно до автопілота в літаку.

Також виробники вже готують ринок до повної відсутності водія всередині автомобіля, тому й розробляють автомобілі без передбаченого місця для водія, а в разі виникнення небезпечної або непередбачуваної ситуації, оператор може віддалено керувати транспортним засобом.

Виробники також розширюють напрямки виробництва, і компанія Scania вже представила самоскид «Scania AXL». Основний акцент робиться на програмному забезпеченні, яке вважається більш важливим, ніж апаратне забезпечення. Управління та контроль «Scania AXL» здійснюються за допомогою інтелектуального середовища управління. Наприклад, у шахтних умовах логістична система сприяє автономним операціям, вказуючи транспортному засобу, як працювати. Цей автомобіль здатний перевозити до 25 тонн вантажу.

Щоб уникнути можливих проблем при впровадженні електромобілів необхідно вирішити практичні завдання, такі як:

- вирішення проблем із станом доріг;
- аналіз впливу факторів на безпеку перевезень;
- організація перевізного процесу та управління перевезеннями.

Автотранспортні підприємства повинні добре розуміти технологію автономного перевезення та мати необхідні умови для володіння безпілотними вантажними автомобілями. Персонал повинен бути ознайомлений і навчений працювати з безпілотними автомобілями, щоб ефективно вирішувати проблеми, які можуть виникнути в процесі роботи.

Організація перевезень вантажів за допомогою безпілотного транспорту вимагає дотримання ряду умов, таких як страхування, підтримка програмного забезпечення, належне пакування та дотримання відношення до автомобілів та вантажу на всіх етапах перевезення.

Реалії сьогодення вимагають вдосконалення правил перевезення вантажів, а також всіх аспектів перевізного процесу з метою підвищення безпеки та відповідності сучасним вимогам.

#### Список використаних джерел

1. Ел. ресурс - <https://tech.liga.net/ua/technology/article/bezpilotni-elektrovantazhivky-shcho-vidbuvaietsia-na-rynku-ta-iaak-tse-vplyne-na-ukrainu>.
2. Ел. ресурс - <https://www.scania.com/ua/uk/home/about-scania/innovation/scania-axl.html>.

**Прокопчук Олександр Олегович** – студент спеціальності 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)», Національний університет водного господарства та природокористування, e-mail: [prokopchuk\\_m21@nuwm.edu.ua](mailto:prokopchuk_m21@nuwm.edu.ua)

**Дорошчук Вікторія Олександрівна** – старший викладач кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування e-mail: [v.o.doroshchuk@nuwm.edu.ua](mailto:v.o.doroshchuk@nuwm.edu.ua)

**Prokopchuk Oleksandr** – student of the specialty 275 "Transport technologies (on road transport)", National university of water and environmental engineering, e-mail: [prokopchuk\\_m21@nuwm.edu.ua](mailto:prokopchuk_m21@nuwm.edu.ua)

**Doroshchuk Viktoriia** – senior lecturer of the Department of Transport Technology and Technical Service National university of water and environmental engineering e-mail: [v.o.doroshchuk@nuwm.edu.ua](mailto:v.o.doroshchuk@nuwm.edu.ua)

УДК 656.073:517.977.5

Прокудін Г.С., Оліскевич М.С., Чупайленко О.А., Хоботня Т.Г.

## РОЗРОБКА ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПАРКОМ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

*В умовах воєнного стану економіки ускладнюються задачі, які мають вирішувати транспортні компанії. Але не існує достатньо ефективних програмних засобів для вирішення таких задач.*

*Представлено основні напрями нової інтегрованої за принципом дії інформаційно-аналітичної системи для керування парком автотранспортних засобів, яка базується на мульти-агентному підході прийняття рішень.*

**Ключові слова:** автотранспортний парк, програмні засоби управління, інформаційно-аналітична система.

*In the conditions of the military state of the economy, the tasks that transport companies have to solve are complicated. But there are not enough effective software tools to solve such problems.*

*The main directions of the new integrated information and analytical system for managing the fleet of motor vehicles, which is based on a multi-agent decision-making approach, are presented.*

**Keywords:** motor vehicle fleet, management software, information and analytical system.

В умовах воєнного стану економіки збільшується кількість підприємств, які виконують міжміські і міжнародні вантажні автомобільні перевезення, та зростає обсяг вантажопотоків і підвищується щільність супутніх інформаційних потоків. Ускладнюються задачі, які мають вирішувати транспортні компанії.

Дослідження світового досвіду показало, що не існує ефективних методики і програмних засобів вирішення таких задач при цих процесах. До основних проблем систем керування транспортними процесами на магістральній транспортній мережі (МТМ) відносять: 1) зростання простоїв автотранспортних засобів (АТЗ) непропорційно кількості рухомого складу; 2) збільшення затримки доставки вантажів, а також втрати і псування вантажів; зниження швидкості і якості доставки; 3) збільшення випадків перевантаження АТЗ понад дозволених норм; 4) загострення проблеми браку водіїв; 5) неефективне використання інформації в МТМ; 6) зміни маршрутів у разі бойових дій.

Актуальним є розроблення такої інформаційно-аналітичної системи, яка була б здатна вирішувати оперативні задачі керування процесом транспортування вантажів, враховуючи як потоки повідомлень від суб'єктів ТП, які розподілені на МТМ, так і взаємну комунікацію цих суб'єктів. Ці задачі матимуть динамічні розв'язки, які залежить від поточних умов їх виконання, моніторинг яких також входить у перелік функцій диспетчерської системи. Крім того, у процесі діяльності перевізника потрібно створювати бази даних і знань, які постійно оновлюватимуться. Потрібні методика й алгоритми аналізу цих баз, і вироблення стратегій поведінки автотранспортних підприємств в умовах динамічного середовища вантажних перевезень [1].

Результати наукових досліджень показують, що основними причинами проблем, які виникають, є те, що інформація в сучасних транспортних процесах, яка зростає і розширюється, використовується в неповному обсязі. У зв'язку з цим застосовується надмірне резервування провізної здатності парків АТЗ, часу на виконання сукупності взаємопов'язаних транспортних процесів і кожного зокрема, інтенсивності руху по магістралях, рівня завантаження автопоїздів, робочого часу водіїв та експедиторів. Дослідниками розроблено методологію і виконано оптимізацію циклічних транспортних процесів на магістральній транспортній мережі. Досліджено властивість адаптації транспортних процесів до зміни

вхідного потоку. Запропоновано застосування відповідних структурних змін в транспортно-технологічних схемах, які узгоджують окремі логістичні операції. Обґрунтовано детерміновані залежності організаційних параметрів операцій в логістичних ланцюгах. Вперше вдалося розв'язати задачу побудови гарантованого оптимального розкладу роботи задіяних в ланцюгах поставки автотранспортних засобів за критерієм мінімальних сумарних затримок транспортного процесу, при умові максимальної продуктивності парку автомобільних транспортних засобів на магістральній транспортній мережі. Розроблено методику побудови низки типових транспортних циклів, які відрізняються середньою швидкістю, довжиною, структурою, але характеризуються мінімальними витратами енергії без застосування не раціональних режимів руху [2].

Було виконано експериментальну перевірку теоретичних моделей керування транспортним потоком на МТМ, а також загалом магістральними ТС з допомогою імітаційного моделювання; розроблено методики і отримано результати, які доводять необхідність вимірювання і застосування відносної швидкості, як ознаки для зміни режиму руху конкретного АТЗ в інтелектуальних транспортних системах.

Програма імітаційного моделювання (ІМ) тут є модифікованим клітковим автоматом з двох-направленим рухом АТЗ. Основний інтерес цих досліджень представляє визначення відносних швидкостей і відносних переміщень. Кожен автомобіль має бажану програму руху, незалежну від мотивів водія, яка обґрунтована за мінімальними витратами ресурсів і дотриманням бажаного розкладу. Різноманітність програм впливає на їх небажану зміну. Основною задачею було виявити прямий параметр для зміни програми руху. Обґрунтовано використання ІМ на основі кліткових автоматів. Розроблено новий клітковий автомат, який є ковзним вікном з початком відліку, яким є автомобіль-спостерігач. Кількість об'єктів в полі, поповнюється періодично і є сталою. Усі клітинки зліва і справа початку відліку автомата, утворюють інформаційне поле, або загальну довжину автомата. Висота автомата залежить від виду магістралі, яка моделюється. Правила переміщення об'єктів в сітці автомата на кожній ітерації є скінченні, сталі й подібні до автомата Шрекенберга, за виключенням рандомізації, яка в цій моделі зводиться до мінімуму. Такий автомат відображає відносні швидкості автомобілів потоку відносно спостерігача, а також має можливість відтворювати прискорення. На кожній ітерації обчислюється зміна швидкостей автомобілів потоку. Виконано приклад моделювання руху автомобіля на різних трасах державного та міжнародного значення. Виявлено квадратичні кореляційні залежності вимушеної зміни бажаної швидкості автомобіля-спостерігача від середньої зміни швидкостей автомобілів потоку. Ступінь узгодження теоретичної залежності з емпіричними даними є дуже високий. На основі отриманих залежностей було обґрунтовано вибір прямого діагностичного параметра транспортного потоку. Отримані результати для різних аргументів  $\Delta V_{av}$  приводять до зміни дійсної швидкості АС по відношенню до його запланованої швидкості. Якщо цю величину позначити як  $y$ , а  $\Delta V_{av}$  – як  $x$ , то можна отримати рівняння регресії, які залежать від щільності потоку, наприклад, при щільності 40 авто/км:

$y$

Як видно з рис.1, усі три залежності (цеж характерно і для щільності потоку більшої величини) – це є параболи, частина графіку яких заходить за вертикаль вісь ординат. Ліва по відношенню до початку координат частина кожної залежності описує ті ситуації, коли автоматизована система має бажану швидкість, яка є менша, ніж середня швидкість потоку. Наявність «швидких» автомобілів в його інформаційному полі зумовлює незначні затримки впродовж руху по заданому відрізку траси. Наявність технічних засобів визначення відносної швидкості дає йому можливість дотримуватись запланованого розкладу руху.

Умовою цих досліджень було спростити формулювання задачі, але при цьому враховувати, що буде застосована маршрутизація декількох транспортних засобів одночасно і врахована їх ефективна взаємодія. Для виконання більшості замовлень на міжміські/ міжнародні вантажні перевезення АТП можна вибирати один з альтернативних маршрутів, які

можуть відрізнятися 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.

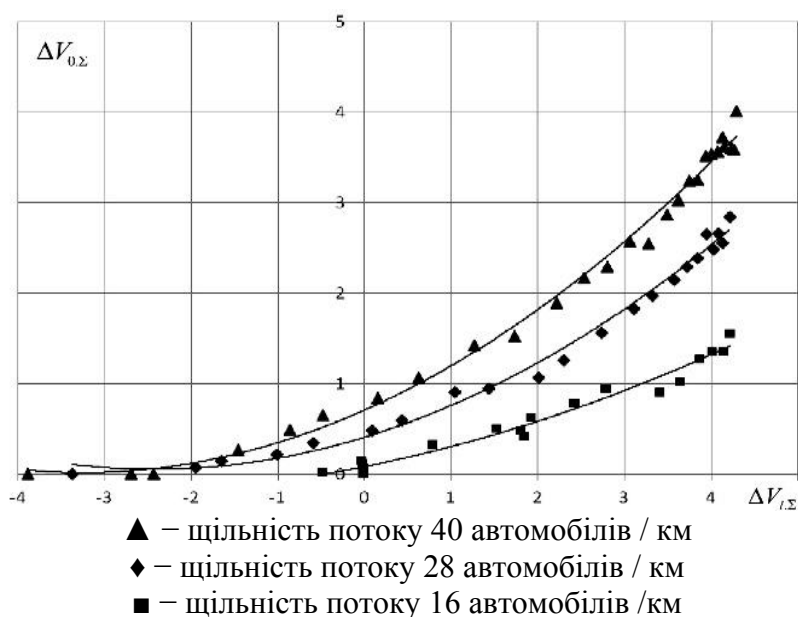


Рисунок 1 – Експериментальні результати моделювання зміни швидкості автоматизованої системи залежно від зміни параметрів потоку, та теоретична апроксимація

Підвищення інтенсивності використання АТЗ на МТМ приводить до збільшення простоїв їх в транспортних пунктах. Побудова розкладу АТЗ є нелінійною оптимізаційною задачею. Для розв'язання її необхідно сформулювати крайові умови щодо максимальної чисельності парку АТЗ, та функцій розподільчих вузлів МТМ. З'ясовано, що не усі оптимальні за складом автомобіле-потоки можуть забезпечити заданий попит на перевезення. Цей недолік зменшується при зростанні кількості паралельних автомобілепотоків, які взаємодіють.

На основі структурного аналізу систематизації властивостей типових схем доставки вантажів, було встановлено, що довільний транспортно-логістичний процес подати у вигляді системи взаємопов'язаних елементарних логістичних операцій. Якщо процес доставки є циклічним, то детермінований зв'язок існує між вхідними і вхідними параметрами його логістичних ланцюгів. Завдяки оптимізації циклічних ТП на МТМ було запропоновано «гнучкі» моделі, впровадження яких дає змогу знизити сукупні затримки доставки вантажів максимум від 2,2 до 5 разів, в діапазоні інтенсивності сумарного вантажопотоку 5...15 транспортних пакетів/год. При цьому запропоновані ТТС характеризуються майже сталою гарантованою тривалістю доставки (не перевищує 129 год. при віддалі перевезення до 1000 км). Кожна оптимальна ТТС може використовуватись на обмеженому діапазоні інтенсивності вантажопотоку, де вона має локальний оптимум.

Будь-який за складністю, планом траси та іншими мінливими умовами маршрут можна розглядати як сукупність елементарних оптимальних циклів, які можна оптимально скомбінувати. У цьому випадку розроблені розклади мають вищий якісний рівень, ніж ті, що складені за одноразовим планом. Для виконання системи руху міжміських вантажних перевезень «не пізніше визначеного терміну» з дотриманням оптимальних швидкостей, необхідно обґрунтовано вибирати спосіб, кількість джерел та моменти отримання повідомлень про дорожні, транспортні та організаційні умови виконання транспортних завдань АТЗ. Використання декількох не\_залежних інформаційних потоків зменшує відхилення від оптимальної програми руху, однак скорочує час на прийняття ефективних рішень

Використання комбінованого методу активного спостерігача та кліткових автоматів в ІМ

магістрального транспортного потоку дає змогу сприймати досить великі обсяги вхідних даних, оскільки відображає динаміку ситуації довкола заданого інформаційного поля. Розроблена методика ІМ враховує усі прискорення / сповільнення АТЗ, детально відображає достатньо велику ділянку магістралі без залучення розподілених засобів. Усі маневри АТЗ здійснюються за принципом об'єктивної доцільності. Це відповідає концепції створення ІТС на МТМ.

Розроблено практичні методи організації роботи парку АТЗ, зокрема метод прогнозування показників процесу обслуговування вхідних потоків замовлень, який, при застосуванні певної стратегії організації транспортних процесів на МТМ, та програми «Simulation-3», дає змогу знизити кількість відмов у виконанні замовлень, в середньому на 30.40% по АТП – до 35% від загального потоку заявок; тривалість виконання замовлень на міжміських маршрутах скорочується на 12...20%; метод оптимізації розкладів автопоїздів та метод оптимізації роботи та відпочинку водіїв з врахуванням параметрів маршрутів, покращують систему диспетчерського керування парком магістральних АТЗ з використанням розроблених пакетів комп'ютерних програм «Schedule-14» і «Schedule-20». Непродуктивні витрати часу автопоїздів на міжміських маршрутах скорочуються, в середньому, на 20...25% від загальної тривалості транспортних циклів. Тривалість доставки вантажів скорочується на 15...20%. Позитивний техніко-економічний ефект від впровадження практичних методів досягається від зниження непродуктивних простоїв АТЗ не менш, як на 20%, зменшення штрафних санкцій через порушення термінів доставки, а також раціональним використанням робочого часу водіїв.

Тестування запропонованих алгоритмів проводилось на прикладі обслуговування замовлень на міжміські і міжнародні вантажні перевезення між містами України, Польщі та Чехії. Активний графік базується на критерії мінімальної загальної тривалості процесу. Отримані результати є дійсними, відповідають правилам Європейської угоди про роботу водійських екіпажів. Вони вказують, що вибір найкращого розкладу для одного АТЗ по унітарному маршруту – не найкраще рішення для всього парку вантажних автомобілів та всього потоку замовлень [3].

Таким чином, розробка дає змогу комплексно вирішити такі задачі організації транспортного процесу: пошук-обробка-прийом потоку замовлень на вантажні перевезення, вибір автотранспортних засобів, планування маршрутів, розподіл і закріплення завдань на вантажні перевезення, визначення обсягу кооперації партнерів, контроль режимів роботи АТЗ на маршрутах. Система може бути використана в диспетчерських службах автомобільних вантажних перевізників, які здійснюють міжміські і міжнародні перевезення.

#### Список використаних джерел

1. Prokudin, G., Chupaylenko, O., Dudnik, O. Prokudin, A. Application of information technologies for the optimization of itinerary when delivering cargo by automobile transport. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. N.2/3(92). P. 51-60. 2/3 (92). DOI: 10.15587/1729-4061.2018.128907.
2. Sharai, S., Oliskevych, M., Roi, M. Development of the procedure for simulation modeling of interrelated transport processes on the main road network. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 5/3 (101). 2019. P. 70-83. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.179042.
3. Prokudin, G., Oliskevych, M., Chupaylenko, O., Dudnik O. Development of vehicle speed forecasting method for intelligent highway transport system. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2019. № 4/3 (100). P. 6–14. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.174255.

**Прокудін Георгій Семенович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри міжнародних перевезень та митного контролю факультету транспортних та інформаційних технологій Національного транспортного університету

**Оліскевич Мирослав Стефанович** – доктор технічних наук, професор, професор

кафедри Агро інженерії і технічного сервісу ім. проф. Семковича О.Д. Львівського національного університету природокористування

**Чупайленко Олексій Андрійович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю факультету транспортних та інформаційних технологій Національного транспортного університету

**Хоботня Тетяна Георгіївна** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю факультету транспортних та інформаційних технологій Національного транспортного університету

**Prokudin Georgii** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of International Transportation and Customs Control, Faculty of Transport and Information Technologies, National Transport University

**Oliskevytch Myroslav** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Agro engineering and technical service named after Prof. O. D. Semkovicha, Lviv National University of Nature Management

**Chupaylenko Oleksii** – candidate of technical sciences, senior lecturer of the Department of International Transportation and Customs Control, Faculty of Transport and Information Technologies, National Transport University

**Khobotnia Tetiana** – candidate of technical sciences, senior lecturer of the Department of International Transportation and Customs Control, Faculty of Transport and Information Technologies, National Transport University

УДК 629.33-585.862:621.789

Прунько І.Б., Курилів Ю.О.

## ВІДНОВЛЕННЯ РОЗМІРНИХ ПАРАМЕТРІВ ОТВОРІВ ПІД ЗОВНІШНІ ОБОЙМИ ПІДШИПНИКІВ ВИЛОК КАРДАННИХ ВАЛІВ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ЛЕГУВАННЯ

*Незабезпеченість ремонтного виробництва запасними частинами є серйозним фактором зниження технічної готовності автомобільного парку. Розширення виробництва нових запасних частин пов'язано зі збільшенням матеріальних і трудових витрат.*

*Представлено спосіб відновлення отворів під зовнішні обойми підшипників за допомогою електроіскрового легування.*

**Ключові слова:** *автомобіль, деталь, електроіскрове легування.*

*Insecurity of repair production with spare parts is a serious factor in reducing the technical readiness of the car fleet. Expansion of the production of new spare parts is associated with an increase in material and labor costs.*

*A method of restoring the holes for the outer bearing cages using electrospark alloying is presented.*

**Key words:** *car, detail, electrospark alloying.*

Незабезпеченість ремонтного виробництва запасними частинами є серйозним фактором зниження технічної готовності автомобільного парку. Розширення виробництва нових запасних частин пов'язано зі збільшенням матеріальних і трудових витрат. Станом на сьогодні 75% деталей, які викидаються при першому капітальному ремонті автомобілів, є ремонтно-придатними, або можуть бути використані взагалі без відновлення. Альтернативою розширенню виробництва запасних частин є вторинне використання зношених деталей, відновлюваних в процесі ремонту автомобіля і його агрегатів.

Це в повній мірі стосується карданних валів транспортних засобів.

В технічній літературі питанню ремонту даного вузла присвячено чимало праць. Проте питанню реставрації посадочних місць під зовнішні обойми підшипників у вилках карданного валу (вилка-фланець і вилка ковзній) уваги практично не приділялося.

Специфікою зношування даних поверхонь є те, що відносно невелике за абсолютним значенням зношування може серйозно погіршити умови роботи підшипника.

Наприклад номінальний розмір діаметра отворів під підшипники в ковзній вилці, вилці-фланці проміжного карданного валу і валу приводу середнього моста автомобілів сімейства «Урал» становить  $50_{-0,027}^{+0,012}$  мм. Допустимий розмір без ремонту – 50,05 мм. Для карданних валів приводу переднього і заднього моста відповідно  $39_{-0,027}^{+0,012}$  і 39,05.

Для усунення невеликого за значенням зносу добре підходить електроіскрове легування (ЕІЛ). Перевагою даного методу є його простота. Можна отримувати поверхню з заданими експлуатаційними властивостями без послідуоючої механічної обробки.

Поверхнєве зміцнення за технологією ЕІЛ реалізували використовуючи промислове устаткування «Елітрон-24А» та електроди з твердосплавних пластинок Т15К6 (79% WС, 15% ТіС та 6% Со). Продуктивність поверхнєвого зміцнення 5 mm<sup>2</sup>/s. Стабільність горіння іскрових розрядів підтримували високочастотним вібратором, внаслідок чого катод і анод періодично (що  $10^{-2} \dots 10^{-7} \text{ c}^{-1}$ ) зближувалися до виникнення між ними іскрових розрядів з мінімальним часом горіння. Інтенсивність розрядів та якість обробленої поверхні регулювали параметрами ЕІЛ. Через електричну ерозію поверхня анода руйнувалася, а поверхнєві шари підкладки зміцнювались внаслідок легування Ті, Со та W. Крім того, через локальні температурні



спалахи під час електроіскрових розрядів поверхневий шар гартувався, що додатково зміцнювало поверхню.



Рисунок 1 – Реставрація отвору вилки з застосуванням ЕІЛ

Пізніше вирізали зразки з відновленої деталі і проводили їх дослідження з застосуванням аналізатора Expert 3L.

Аналіз елементного складу поверхневого шару, відновленого і зміцненого твёрдосплавними пластинками Т15К6, виявив присутність карбідтвірного елементу W. Саме карбіди типу WC, W<sub>2</sub>C забезпечують високу твердість після ЕІЛ. Кобальт з твёрдосплавного електрода виконує роль високоміцного наповнювача-зв'язки для карбідів і, як свідчить спектральний аналіз, достатньо рівномірно розподілився по товщині зміцнених шарів.

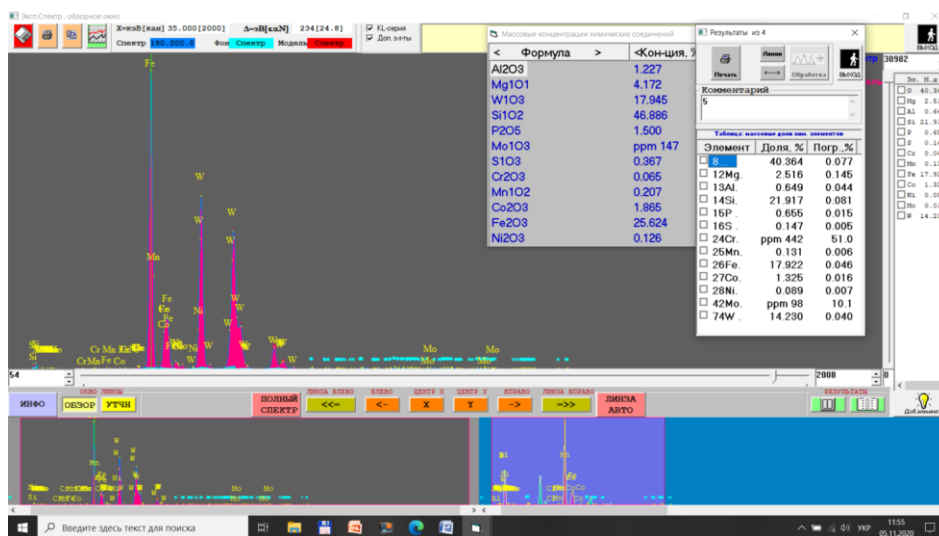


Рисунок 2 – Спектрограма поверхневого шару, нанесеного ЕІЛ

Товщина нанесеного шару складала до 0,2 мм. Цього цілком достатньо для усунення зносу отворів вилок карданних валів під підшипники. Висока твердість отриманого шару сприятиме довговічності роботи відновленого спряження.

### Список використаних джерел

1. Examining the effect of triboelectric phenomena on wear-friction properties of metal-polymeric frictional couples / S. Kryshchyna, L. Kryshchyna, I. Bogatchuk, I. Prunko, V. Melnyk

// Eastern-European J. Enterprise Techn. – 2017. – 1, № 5(85). – P. 40–45.

2. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: технологія: підручник. Київ : Вища школа, 2007. 527 с.

3. Xie, Y. J., & Wang, M. C. (2006). Microstructural morphology of electrospark deposition layer of a high gamma prime superalloy. *Surface and Coatings Technology*, 201(3-4), 691-698.

4. Rukanskis, M. (2019). Control of metal surface mechanical and tribological characteristics using cost effective electro-spark deposition. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, 55, 607-619.

5. Topală, P., Slătineanu, L., Dodun, O., Coteață, M., & Pinzaru, N. (2010). Electrospark deposition by using powder materials. *Materials and Manufacturing Processes*, 25(9), 932-938.

**Прунько Ігор Богданович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільного транспорту Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

**Курилів Юрій Олегович** – студент групи АТ-20-1 Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

**Prunko Ihor Bogdanovych** – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department of road transport of the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

**Yury Olegovich Kuryliv** – student of group AT-20-1 of the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

УДК 629.331

Ревякіна О.О., Бурдун В.В., Колесніков В.О., Рожкова А.Ю., Бикадорова Н.О.

## ПРИКЛАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ДЕЯКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ. ЧАСТИНА 1

*В тезах подано деякі дані про застосування композиційних матеріалів на автомобільному транспорті.*

**Ключові слова:** транспорт, автомобіль, композиційні матеріали, автомобілебудування.

*The thesis presents some data on the use of composite materials in road transport.*

**Key words:** transportation, automobile, composite materials, automotive industry.

Зараз все більше найбільших світових автомобільних виробників йдуть шляхом використання композиційних матеріалів для виготовлення деталей автомобіля. Застосування композиційних матеріалів, дозволяє знизити вагу автомобіля, а в деяких випадках підвищити їх «екологічність». При русі в міському циклі до 88% енергії витрачається на втрати, що залежать від маси автомобіля, в першу чергу — на подолання сил інерції. Тому зниження маси призведе до значного поліпшення паливної економічності.

*Композитний матеріал (КМ), композит* — багатокомпонентний матеріал, виготовлений з двох або більше компонентів з істотно різними фізичними та / або хімічними властивостями, які, в поєднанні, призводять до появи нового матеріалу з характеристиками, відмінними від характеристик окремих компонентів і які не є простий їх суперпозицій. При цьому окремі компоненти залишаються такими в структурі композитів, відрізняючи їх від сумішей і твердих розчинів. У складі композиту заведено виділяти матрицю / матриці й наповнювач / наповнювачі. Варіюючи склад матриці й наповнювача, їх співвідношення, орієнтацію наповнювача, отримують широкий спектр матеріалів з необхідним набором властивостей. Багато композити перевершують традиційні матеріали й сплави за своїми механічними властивостями й водночас вони легше. Використання композитів зазвичай дозволяє зменшити масу конструкції при збереженні або поліпшенні її механічних характеристик.

*Полімерні матриці (епоксидна, фенолоформальдегідна, поліамідна)* в основному служать для зв'язування зміцнювача і придання виробу потрібної форми. Зміцнювальними матеріалами є у цьому випадку волокна (скляні, вуглецеві, борні, органічні), вуса карбідів, нітридів, боридів, оксидів, а також металевий дріт. Армувальні матеріали можуть бути у вигляді окремих волокон або ниток, джгутів, стрічок, багат шарових тканин. Вміст зміцнювача становить 60-80% при використанні безперервних волокон і 20-30% для дискретних волокон і вусів.

КМ з полімерною матрицею, зокрема, матеріали, армовані скляним волокном (склопластики), можуть з успіхом замінити сталь при виготовленні кузовів автомобілів. Лист із такого КМ розміром 1,8×3 м важить всього 2,4 кг. Це приводить до зниження маси автомобіля на 500–1000 кг, що дозволяє загалом заощадити близько 1 млн тонн металу і значно зменшити витрати палива..

Вуглецеві матеріали. Особливий інтерес представляють КМ із вуглецевою матрицею й зміцнювачем у вигляді вуглецевого волокна, джгутів або тканин з такого волокна (карбоволокніти з вуглецевою основою).

Вуглецеві матеріали мають малу густину (1,3...2,1 т/м<sup>3</sup>). їх механічні властивості великою мірою залежать від схеми армування:  $\sigma_b$  може змінюватися від 100 до 1000 МПа. Преференційним є багатовісне армування. Унікальна особливість таких матеріалів – збільшення міцності й модуля пружності з підвищенням температури.

**Вуглець-вуглецевий КМ** становлять великий інтерес залежно від схеми армування

волокнами або тканинами властивості можуть змінюватися в широких межах. Так, якщо волокна укладені горизонтально, матеріал має дуже низький коефіцієнт тертя і може працювати як антифрикційний. Якщо ж волокна спрямовані перпендикулярно поверхні, коефіцієнт тертя зростає до 0,8, і такий матеріал використовується як фрикційний в гальмових системах, причому ресурс їх роботи зростає в 2-3 рази в порівнянні з металокерамічними фрикційними матеріалами.

Вуглець-вуглецевим матеріалам притаманні високі теплоємність, опір тепловому удару, ерозії, радіаційна та корозійна стійкість, низький коефіцієнт лінійного розширення, широкий діапазон електричних властивостей (від провідників до напівпровідників). Все це зумовлює все ширше використання таких матеріалів в сучасній техніці.

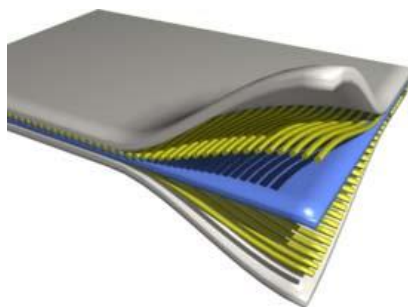


Рисунок 1 – Композит з двовісним армуванням

Однією з технічних проблем є зниження звукопоглинання. Зараз для вирішення цієї задачі все частіше застосовують обчислювальні методи які використовують завдяки застосуванню сучасних пакетів комп'ютерних програм. Одним з таких комп'ютерних пакетів є MSC Software. Тому ефективно вирішувати завдання віброакустики автотранспортних засобів можна із застосуванням систем MSC Software.

На кафедрі продовжується застосування різних програмних комплексів, в навчальному процесі, в тому числі й демоверсії цих пакетів.

Викладачі інтегруючи різні стратегії, можуть ефективно використовувати інформаційні технології для викладання дисциплін, пов'язаних з автомобільним транспортом в університеті, надаючи студентам всебічне розуміння того, як цифрові інструменти та системи застосовуються в цій галузі, в тому числі для обчислення параметрів композиційних матеріалів, що застосовуються в автомобілебудуванні.

#### Список використаних джерел

1. Композитный материал. URL: <https://ru.wikipedia.org>.
2. Композити. URL: <https://uk.wikipedia.org>.
3. Fardin Khan, Nayem Hossain, Juhi Jannat Mim, SM Maksudur Rahman, Md. Jayed Iqbal, Mostakim Billah, Mohammad Asaduzzaman Chowdhury, Advances of composite materials in automobile applications – A review, Journal of Engineering Research, 2024, ISSN 2307-1877, <https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.02.017>.
4. Буренніков, Ю. А. Нові матеріали та композити: навчальний посібник / Ю.А. Буренніков, І. О. Сивак, С. І. Сухоруков – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 161 с.
5. Технологія композиційних матеріалів: навчальний посібник / Гончаренко В.В., Коваленко І.В. – К., 2007.-131 с.
6. Колієв Максим. Приклади комп'ютерних розрахунків композиційних автомобільних матеріалів // Колієв Максим. Наук. кер. доц., к.т.н. Колесніков В.О. // Матеріали II Всеукраїнської наук. інтернет-конф. студентів та молодих вчених, м. Старобільськ, 16 квітня 2021 року. ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка. С. 36 – 39.
7. Віктор Васильович Бурдун, Ольга Олександрівна Ревякіна. Використання сучасного комп'ютерного забезпечення в навчальному процесі для підготовки фахівців у галузі

технологічної освіти. Збірник тез доповідей ІІІ-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.

8. В.В. Бурдун, В.О. Колесніков, Н.О. Бикадорова. Сучасні виклики при викладанні дисциплін в транспортній галузі. ХІІ 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.

9. 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: ІІІ Міжн. науково-практичн. конф., 20-21 березня 2023 року: матеріали. Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Т.Шевченка», 2023. С. 371-373.

10. Колесніков В. О., Балицький О. І., Гаврилюк М. Р., Іваськевич Л. М. Застосування комп'ютерного програмного комплексу для візуалізації шорсткості поверхні деталей в транспортній галузі та енергомашинобудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: ХІ-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 179–184. ISBN 978-966-641-929-6.

11. Игнатъев, Б. Б., & Игнатъева, В. Б. (2007). Расчет технологических параметров при предварительном формовании полуфабриката стержневого изделия. Національного університету імені Володимира Даля.

12. 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.

13. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Будівельна техніка» (для студентів спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія») / укл. : В. Б. Ігнатъева, Д. Я. Баран. – Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2017. – 63 с.

14. Риб'янець С. Р.; Бахмут М. І.; Колесніков В. О. Приклади застосування адитивних технологій в автомобілебудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: Х-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2022 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2022. С. 247–253.

15. Ігнатъева, В. Б. (2020). Розвиток трудового потенціалу шляхом інтенсифікації творчості. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій “до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 269-269.

16. Бурдун В. В., Колесніков В. О. Сучасний науковий стан та деякі підходи для розробки навчальної дисципліни «Трибологія». Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: ХІ-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 63–66.

17. Ігнатъева, В. (2022). Аналіз роботи профільних виробів, армованих волокнами композитів у конструкції. Праці конференції Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 70-річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, проф. Яснія Петра Володимировича „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“, 60-61.

18. Бикадорова Н. О., Бурдун В. В., Сидоренко Р. С. Комп'ютерне моделювання як метод підвищення безпеки на транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: ХІ-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 38–42.

19. Конспект лекцій з дисципліни «Триботехніка. Частина 2», 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», 2024. 435 с.

20. Колесніков В. Деякі підходи щодо врахування впливу неметалевих включень та карбідів на робочі та експлуатаційні властивості енергетичного обладнання. 16-й Міжнародний симпозиум інженерів-механіків у Львові, 18-19 трав. 2023 р.: тези доповідей. Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2023. С. 63-64.

21. В.В. Бурдун, Л.О. Васецька, О.О. Ревякіна, А.Ю. Рожкова. Комплексний підхід щодо викладання дисциплін пов'язаних з автомобільним транспортом. ХІІ Міжнар. наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 91-93. ISBN 978-966-641-950-0.

**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.

**Колесніков Валерій Олександрович** – к.т.н., науковий співробітник, відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, доцент кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, 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.

**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.

**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, Lubny.

**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.

**Kolesnikov Valerii Olexsandrovych** – Ph.D., Researcher, Department of strength of materials and structures in hydrogen-containing environments, Karpenko physico-mechanical institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Associate Professor of the 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, 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.

**Rozhkova Anastasiia Yuriivna** – 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.

УДК 629.331

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

*В тезах подано деякі дані про застосування композиційних матеріалів на автомобільному транспорті.*

**Ключові слова:** транспорт, автомобіль, композиційні матеріали, автомобілебудування.

*The thesis presents some data on the use of composite materials in road transport.*

**Key words:** transportation, automobile, composite materials, automotive industry.

Властивості композиційних матеріалів (КМ) залежать від матеріалу матриці й зміцнювача, кількісного їх співвідношення, форми зміцнювача, для волокнистих КМ — від схеми армування і довжини волокон.

Матриця зв'язує композицію, надає їй форму. Від властивостей матриці залежать технологічні режими одержання КМ і такі важливі характеристики, як робоча температура, густина, питома міцність.

Кузови перегонових автомобілів виготовляють з вуглепластика (полімерної матриці, армованої вуглецевими волокнами), що значно знижує їх масу. Вугле- і склопластики є перспективними матеріалами для використання в будівництві у вигляді профілів (балок, швелерів, двотаврів і т. д.). Вуглепластик застосовують для виготовлення деталей автомобіля: шатунів, ресор, карданних валів, при цьому вироби стають дуже легкими. Компанія «Форд» понад 1000 видів деталей автомобіля виготовляє з КМ. Керамічні матеріали відрізняються високою тепло-, жаро-, ерозійною стійкістю, тому вони дуже привабливі для виготовлення відповідальних важко навантажених виробів (високотемпературні підшипники, лопатки газотурбінних двигунів, деталі двигунів внутрішнього згоряння, носові обтікачі ракет тощо). Правда, вони мають невисоку в'язкість руйнування. Однак добавка більш в'язкого наповнювача робить можливим їх промислове використання. Так, використання у двигунах внутрішнього згоряння КМ, який складається з 70%  $Al_2O_3$  і 30%  $Cr$ , дозволило підвищити робочу температуру на 50%, що знизило витрати палива на 30%. Компанія Volvo повідомила про створення ексклюзивної технології, яка надалі може зробити істотний вплив на метод виробництва машин. Якщо шведські фахівці прийдуть до висновку, що їх розробка відмінно справляється зі своїми функціями, то надалі кузова автомобілів стануть акумуляторами.

Вуглецеве волокно укладається в кілька шарів, йому надається необхідна форма, а потім фактично готова панель направляється в піч, де відбувається затвердіння матеріалу. Конденсатори великої ємності інтегруються між шарами панелі. Зарядка панелей здійснюється в процесі рекуперації енергії гальмування або через підключення до електромережі. Енергія з панелей передається на електромотор і електроприлади в автомобілі (див. рис. 1 – зображення можна збільшити).

Експерти компанії змогли розробити новий матеріал, в якому поєднуються властивості полімерної смоли та вуглеволокна. При цьому до складу даного унікального матеріалу входять також високоємні структурні конденсатори. Використовуючи даний матеріал, можна створювати різні елементи кузова авто, наприклад, кришку вантажного відсіку, колісні арки або панелі дверей. Вони зможуть виконувати функції звичайної акумуляторної батареї.

Volvo вже створила першу «чотирехдверку» S80, яка отримала такого роду «нанопанелі». Новий седан має кришку багажника, а також кожух силового агрегату з даного унікального матеріалу. Фахівці кажуть, що установка тільки одного кришки вантажного відділення може замінити звичайний АКБ. Ще однією перевагою такої «нанокришки» є меншою

вагою в порівнянні з елементом зі сталі.

## The car's body panels serve as a battery

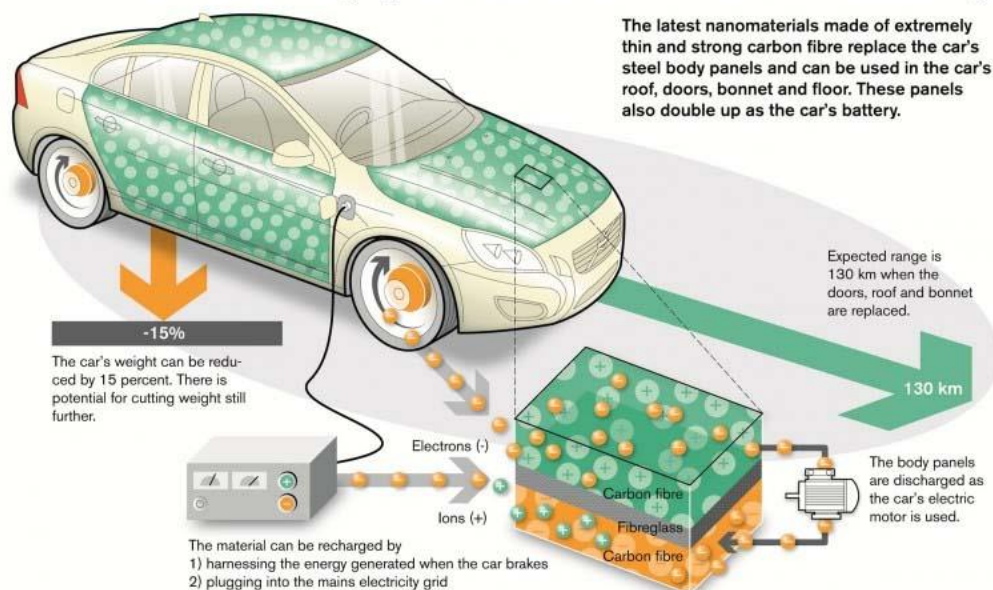


Рисунок 1 – Приклад застосування КМ в автомобілебудуванні



Рисунок 2 – Приклад застосування КМ в автомобілебудуванні

На думку експертів, повна заміна компонентів електромобіля елементами з нового матеріалу дозволить скоротити вагу автомобіля більш ніж на 15%. Це не тільки знизить вартість автомобіля, але зробить його ще більш екологічним.

Таким чином, застосування та впровадження композиційних матеріалів в автомобілебудуванні є актуальним інноваційним напрямком.

### Список використаних джерел

1. Композити. URL: <https://uk.wikipedia.org>.
2. Композитный материал. URL: <https://ru.wikipedia.org>.
3. Volvo оголосила про розробку наноаккумуляторів. URL: [https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/1567075-volvo\\_ogolosila\\_pro\\_rozrobku\\_nanoakumulyatoriv\\_1877263.html](https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/1567075-volvo_ogolosila_pro_rozrobku_nanoakumulyatoriv_1877263.html)
4. Adil Wazeer, Apurba Das, Chamil Abeykoon, Arijit Sinha, Amit Karmakar, Composites for electric vehicles and automotive sector: A review, Green Energy and Intelligent Transportation, Volume 2, Issue 1, 2023, 100043, ISSN 2773-1537, <https://doi.org/10.1016/j.geits.2022.100043>.
5. Технологія композиційних матеріалів: навчальний посібник /Гончаренко В.В., Коваленко І.В. – К., 2007.-131 с.
6. Буренніков, Ю. А. Нові матеріали та композити: навчальний посібник / Ю.А.



Буренніков, І. О. Сивак, С. І. Сухоруков – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 161 с.

7. Колієв Максим, Коробкін Роман, Жуков Владислав. Приклади застосування композитних матеріалів для автомобілів // Наук. кер. доц., к.т.н. Колесніков В.О. // Матеріали II Всеукраїнської наукової інтернет-конференції студентів та молодих вчених, м. Старобільськ, 16 квітня 2021 року. ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка». С. 40 – 42.

8. 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. ISBN 978-966-641-950-0.

9. 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.

10. Колесніков В. О., Балицький О. І., Гаврилюк М. Р., Іваськевич Л. М. Застосування комп'ютерного програмного комплексу для візуалізації шорсткості поверхні деталей в транспортній галузі та енергомашинобудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: XI-та міжн. науково-практичн. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 179–184. ISBN 978-966-641-929-6.

11. 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 Т.Шевченка», 2023. С. 371-373.

12. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Будівельна техніка» (для студентів спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія») / укл. : В. Б. Ігнат'єва, Д. Я. Баран. – Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2017. – 63 с.

13. 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.

14. Игнат'єв, Б. Б., & Игнат'єва, В. Б. (2007). Расчет технологических параметров при предварительном формовании полуфабриката стержневого изделия. Національного університету імені Володимира Даля.

15. 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 симпозіум інженерів-механіків у Львові: 15-й міжн. наук.-техн. конф., 20–21 трав. 2021 р.: тези доповідей. Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2021. С.6–7.

16. Ігнат'єва, В. Б. (2020). Розвиток трудового потенціалу шляхом інтенсифікації творчості. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій “до 60-річчя з дня заснування Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя та 175-річчя з дня народження Івана Пулюя, 269-269.

17. 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.

18. 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.

19. Ігнат'єва, В. (2022). Аналіз роботи профільних виробів, армованих волокнами композитів у конструкції. Праці конференції Міжнародної науково-технічної конференції присвяченої 70-річчю від дня народження член-кореспондента НАН України, проф. Ясеня Петра Володимировича „Міцність і довговічність сучасних матеріалів та конструкцій“, 60-61.

20. В.В. Бурдун, Л.О. Васецька, О.О. Ревякіна, А.Ю. Рожкова. Комплексний підхід щодо викладання дисциплін пов'язаних з автомобільним транспортом. XVI Міжнар. наук-практ. конф. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», Матеріали 23-25 жовтня 2023 року, Вінниця. 2023. С. 91-93. ISBN 978-966-641-950-0.

**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.

**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.

**Колесніков Валерій Олександрович** – к.т.н., науковий співробітник, відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів, доцент кафедри технологій виробництва і готельно-ресторанної справи, Навчально-науковий інститут торгівлі, обслуговуючих технологій та туризму, 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.

**Rozhkova Anastasiia Yuriivna** - 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.

**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.

**Kolesnikov Valerii Olexsandrovych** – Ph.D., Researcher, Department of strength of materials and structures in hydrogen-containing environments, Karpenko physico-mechanical institute of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Associate Professor of the 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, 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, Lubny.

УДК 629.331

Риб'янець С.Р., Колесніков В.О.

## САНІТАРНИЙ БРОНЬОВАНИЙ АВТОМОБІЛЬ REFORM MLA

Зроблено стислий опис який стосується санітарного броньованого автомобіля REFORM MLA.

**Ключові слова:** *автомобілебудування, автомобіль, автомобільний транспорт, спеціалізовані автомобілі, спеціальні автомобілі, автомобілі спеціального призначення, транспортний засіб, аварійно-рятувальні автомобілі, санітарний броньований автомобіль.*

*A brief description of the REFORM MLA armored ambulance is made.*

**Key words:** *automotive industry, automobile, automobile transport, specialized vehicles, special vehicles, special purpose vehicles, vehicle, emergency rescue vehicles, ambulance armored vehicle.*

Санітарно-броньовані автомобілі — це спеціалізовані транспортні засоби, призначені для перевезення людей у безпечних умовах, особливо в умовах загрози або конфлікту. Вони поєднують у собі функції санітарного транспорту та броньованого захисту, забезпечуючи максимальний рівень безпеки для пасажирів у різних ситуаціях.

Основні характеристики санітарно-броньованих автомобілів:

**Броньований захист.** Однією з основних характеристик таких автомобілів є їхня здатність захищати пасажирів від різних загроз, включаючи кулі, вибухи, фрагменти та інші небезпечні фактори.

**Медичне обладнання.** Санітарно-броньовані автомобілі зазвичай оснащені медичним обладнанням для надання першої допомоги або навіть для виконання складних медичних процедур прямо на місці події.

**Комунікаційні засоби.** Вони також можуть мати спеціалізовані системи зв'язку для забезпечення зв'язку зі сторонами правопорядку або іншими службами в разі екстрених ситуацій.

**Пасажирський комфорт.** Незважаючи на свою броньовану природу, вони часто мають комфортне пасажирське відділення, щоб забезпечити безпеку та зручність для перевезення пасажирів у будь-яких умовах.

**Високі технічні характеристики.** Санітарно-броньовані автомобілі зазвичай мають потужний двигун та підвищену міцність підвіски для того, щоб вони могли безпечно пересуватися навіть в складних умовах.

Як приклад санітарно броньованого автомобіля можна навести автомобіль який виготовлено компанією РЕФОРМ у 2023 році [3].

Спеціальний повнопривідний евакуаційний автомобіль санітарний з броньованим захистом (клас захисту ПЗСА-3) REFORM MLA на базі шасі Dangel (Peugeot) Boxer з колісною формулою 4x4.

**Специфікація на бронювання:**

- Сталеve внутрішнє бронювання кабіни.
- Броньовані двері кабіни, броньований дах, бронеперегородки, броньовані стійки.
- Бронеконструкції кабіни виконані з врахуванням економії маси від додаткового навантаження бронеконструкцій.
- Застосовувана бронесталь: SWEBOR ARMOR / SWEBOR PROTECTION, Швеція, має підвищену твердість та Брюнелем та зменшену товщину по класу захисту, для економії ваги від навантаження бронеконструкцій.
- По контуру отворів всіх броньованих дверей встановлюються додаткові сталеві рами,

що захищають від уламків.

- Додатковий захист стиків бронелистів.
- Броньований вентиляційно-евакуаційний люк (за потреби).
- Броньовані вікна з протиуламковим захистом для кабіни, що включає:
  - Лобове бронескло
  - Бронескло дверей кабіни.
- Всі панцеровані вікна з протиуламковим захистом, клас захисту відповідає вимогам ДСТУ 4546:2006 та ДСТУ 3975-2000.
- Внутрішнє оздоблення кабіни після бронювання.
- Оздоблення порогів.
- Спеціальні внутрішні механічні дверні замки (ригельні механізми) забезпечують захист від злому і відсутність вібрації при русі всіх броньованих дверей автомобіля.
- Механізми розвантаження дверей водія і напарника.
- Обмежувачі відкривання дверей.
- Система зв'язку «водій-вулиця».
- Автоматична система пожежогасіння моторного відсіку.
- Посилення петельних вузлів.

На рис. 1 наведено фотографії санітарно броньованого автомобіля *REFORM MLA*.



а



б



в



г

Рисунок 1 – Санітарно броньований автомобіль *REFORM MLA*: вид зовні та ззаду (а, б); вид збоку (в); вид з середини (г) [3]

#### **Броньований медичний відсік – кузов.**

Стіни кузова-фургона виготовлені з використанням бронесталі. Підлога кузова – посилена, багат шарова. Покриття підлоги водонепроникне, антистатичне, неслизьке, стійке

до дії дезінфікуючих засобів. Кузов обладнаний задніми розстібними бронедверима. Доступ в кузов здійснюється з боку задніх броньованих дверей автомобіля. Нанесено кольорографічні схеми та встановлено світлозвукові сигнали.

**Медичний салон та додаткове обладнання:**

Звукоізоляція, теплоізоляція, віброізоляція медичного салону;

Кронштейни для кріплення мед приладів;

Покриття підлоги водонепроникне, антистатичне, неслизьке, стійке до дії дезінфікуючих засобів;

Скління бокових та задніх дверей;

Шторки на вікна;

Кріплення для крапельниць;

Ремні-поручні зі стелі 4.

**Опалення та вентиляція:**

Вентилятор стельовий припливно-витяжний;

Опалювач автономний;

Кондиціонер;

Люк для евакуації та вентиляції.

Електрообладнання:

• Рація «Либідь»;

• Пристрій переговорний (водій-кабіна);

• Спеціальна система перемикачів освітлення;

• Акумуляторна батарея додаткова;

• Зарядний пристрій для акумуляторної батареї;

• Перетворювач напруги 12/220V;

• Світлодіодні світильники для освітлення медичного салону;

• Світильники освітлення прилеглої території та задніх дверей;

• Розетки електричні 12V і 220V;

• Ліхтар портативний;

• Пульт загального керування електросистемами: освітлення, кондиціонування, опалення та вентиляції.

**Медичні шафи, меблі**

Кріплення для нош;

Стелаж для медичного обладнання.

**Обклеювання, спец. сигнали**

Проблискові ліхтарі синього світла додаткові по периметру автомобіля;

Флуоресцентне спеціальне обклеювання автомобіля;

Система зовнішньої трансляції мови.

**Варіанти сидіння медичного салону**

4 на носилках;

2 на носилках з одного борту та 3 сидячих з протилежного борту; 6 тільки сидячі.

**Доукомплектація автомобіля**

Буксирувальний пристрій позаду;

Захисні дуги переднього бамперу;

Буксирувальні гаки спереду.

Санітарно-броньовані автомобілі часто використовуються правоохоронними органами, військовими чи урядовими службами для перевезення важливих осіб або для захисту під час виконання місій у ризикованих зонах.

**Список використаних джерел**

1. Кашканов А.А., Ребедайло В.М. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту: конструкція. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 164 с.

2. Форнальчик Є. Ю., Оліскевич М. С., Мاستикаш О. Л., Пельо Р. А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник / За загальною ред. Є. Ю. Форнальчика. Львів: Афіша, 2004 – 492 с.
3. Санітарний броньований автомобіль REFORM MLA. <https://www.reform.ua/bronovani-avtomobili/sanitarnyj-bronovanyi-avtomobil-reform-mla/>
4. Санітарний броньований автомобіль REFORM MLA. URL: <https://youtu.be/F43xxiVHU6w>
5. 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. ISBN 978-617-8016-78-4. <https://doi.org/10.12958/978-617-8016-78-4-2023>.
6. 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. ISBN 978-966-641-950-0.
7. Колеснікова Є.Б., Колесніков В.О. Технологічні тенденції та дизайн в автомобілебудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практ. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 190–203.
8. Татарінов В.Р., Бердус А.Ю., Кравцов О.В., Колесніков В.О. Сучасні матеріали для автомобілебудування // Матеріали регіональної наук.-практичної конференції професійна освіта на луганщині: теорія та практика 15–17 квітня 2014 року м. Луганськ. - С. 218-223.
9. Сирота В. І., Сахно В. П. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту. Арістей, 2009. 288 с.

**Риб'янець Сергій Романович** – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» 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, науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України, м. Львів.

**Rybyants Serhiy Romanovych** – 4rd year applicant for higher education of the first (bachelor's) level, specialty "Vocational Education. Transport" 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, 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 629.331

Риб'янець С.Р., Субота В.К., Колесніков В.О.

## ДЕЯКІ ІННОВАЦІЇ НА РИНКУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

*Зроблено стислий аналіз даних, які стосуються нових електромобілів.*

**Ключові слова:** *автомобілебудування, автомобіль, автомобільний транспорт, електромобіль, електричний автомобіль.*

*A brief analysis of data related to new electric vehicles is made.*

**Key words:** *automotive industry, car, road transport, electric vehicle, electric car.*

Електромобілі стають дедалі популярнішими, оскільки світ рухається до більш сталих та екологічних транспортних рішень. Перехід до електромобілів (electric vehicles – EV) відкрив нові можливості для бізнесу та створив зростаючий ринок супутніх товарів і послуг.

Виробництво - одна з ключових сфер, де з'являються нові можливості. Оскільки електрична мобільність набирає обертів, переробна промисловість зростає, а нові гравці входять у бізнес з виробництва електромобілів. Виробництво електромобілів, виробництво акумуляторів для електромобілів, виробництво різних компонентів (вузлів та деталей) і виробництво обладнання для електромобілів - ось деякі з основних категорій у цьому секторі.

Інфраструктура – ще одна важлива сфера для зростання. Зі збільшенням кількості електромобілів на дорогах зростає потреба в зарядних станціях. Встановлення зарядних станцій, технічне обслуговування електромобілів та компанії, що займаються переобладнанням автомобілів з ДВЗ в повністю електричні або гібридні транспортні засоби, - ось деякі з можливостей для бізнесу, пов'язані з інфраструктурою.

Розробка програмного забезпечення також відіграє важливу роль на ринку електромобілів. Оскільки електромобілі стають все більш масовими, зростає попит на програмне забезпечення, яке підтримує унікальні потреби електромобілів, наприклад, зарядні пристрої та адаптери для зарядки другого рівня, а також безпосередньо саме програмне забезпечення для електромобілів. Крім того, все більшого значення набувають навчальні центри з розробки програмного забезпечення, які навчають людей, як користуватися та обслуговувати електромобілі.

Навчання та розвиток навичок також є важливими для зростання ринку електромобілів. Оскільки все більше людей переходять на електромобілі, виникає потреба у кваліфікованих спеціалістах, які можуть їх обслуговувати та ремонтувати. Програми навчання та розвитку навичок можуть допомогти задовольнити цей попит і створити нові можливості для бізнесу.

Управління автопарками - ще одна зростаюча сфера ринку електромобілів. Оренда електромобілів, зв'язок «останньої милі», електричні двоколісні транспортні засоби для туристів та електромобілі для доставки вантажів - це лише кілька прикладів успішних бізнесів, які можна розпочати. Знижені експлуатаційні витрати, менша потреба в технічному обслуговуванні та екологічність роблять електромобілі найкращим вибором для автопарків.

Дилерство та франчайзинг також є важливими сферами зростання ринку електромобілів. Зі збільшенням кількості електромобілів зростає попит на дилерські центри та франшизи, які можуть продавати та обслуговувати електромобілі. Перспективною можливістю для бізнесу може стати створення інтернет-магазину компонентів (запчастин, деталей, вузлів тощо) для електромобілів або перепродаж електромобілів.

Автомобільний ряд електромобілів постійно оновлюється. Серед останніх новинок можна відзначити наступні. Німецький бренд Opel демонструє перші зображення нового кросовера Opel Frontera та розповідає першу інформацію про автомобіль. Новинка Opel Frontera запропонує динамічний молодіжний дизайн, повністю електричний варіант BEV (вже

з моменту запуску моделі) або гібрид з 48-вольтовою технологією (рис. 1а).

Електричний «Гелендваген» назвуть Mercedes G580 with EQ Technology. Позашляховик отримає чотири електромотори і зможе розвертатися на місці. Керівник розробки Mercedes G-Class Еммеріх Шіллер заявив, що маса авто складе менш ніж 3,5 тонни. Відомо, що електромобіль отримає одразу чотири електромотори і точно буде потужнішим за 450-сильний бензиновий Mercedes G500 (рис. 1б).



а



б

Рисунок 1 – Opel Frontera (а) [2]. Mercedes-Benz G580 with EQ Technology (б) [7]

Renault Espace (рис. 2) може повернутися як ретро-електричний мінівен. Наразі Espace – це подовжена семимісна версія гібридного позашляховика Austral, але концепція та дизайн оригіналу зразка 1984 року знову «просяться» в роботу. Саме на перспективі розвитку сімейного мінівена в електричній версії побудували розмову експерти британського спеціалізованого часопису видання Autocar з генеральним розробником Renault для платформи Ampr Medium Олів'є Броссе.

Броссе натякнув, що воскресіння оригінального транспортного засобу для такої кількості людей бажане, оскільки Renault розширює свою лінійку електромобілів на нові сегменти й всі варіанти розглядаються.

“Технічно я думаю, що це можливо, але після цього нам доведеться розглянути, чи буде MPV прийнятий європейськими клієнтами. Нам же електричний MPV принесе з собою деякі фундаментальні технічні проблеми”, – підкреслив Олів'є Броссе.



Рисунок 2 – Renault Espace [8]

Ймовірно, електричний семимісний MPV Espace на основі архітектури Ampr Medium (раніше відомої як CMF-EV), стане французьким конкурентом Volkswagen ID Buzz і Kia EV9. Експерти прогнозують, що він може протистояти хвилі нових китайських електричних MPV, таких як Maxus Mifa 7, Xpeng X9 і Zeekr Mix.

Отже, перехід до електромобілів створює нові можливості для бізнесу та сприяє зростанню ринку супутніх товарів і послуг. Виробництво, інфраструктура, розробка програмного забезпечення, навчання та підвищення кваліфікації, модернізація, експлуатація



автопарку, а також дилерство та франчайзинг - це лише кілька сфер, де з'являються нові можливості. Оскільки ринок електромобілів продовжує зростати, важливо бути в курсі останніх тенденцій і можливостей, щоб скористатися перевагами цього зростаючого ринку.

### Список використаних джерел

1. Sibi Krishnan. Electric Vehicles Open-up New Business Opportunities - Here is a list for You!. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/electric-vehicles-open-up-new-business-opportunities-sibi-krishnan/>
2. Сергій Матусяк. Opel відроджує Frontera: перші офіційні фото. URL: <https://auto.24tv.ua/opel-vidrodzhuie-frontera-pershii-ofitsiini-foto-n52603>
3. Electric Car Ads: 12 Powerful Themes (With Examples!). URL: <https://www.driftrock.com/blog/electric-car-ads>
4. Electric Vehicle Quotations Writing. URL: <https://www.offorte.com/en/create-proposal/write-electric-vehicle-proposals>
5. 98 Electric Vehicle Essay Topic Ideas & Examples. URL: <https://ivypana.com/essays/topic/electric-vehicle-essay-topics/>
6. Kevin Aquino. Must-Have EV Content for Car Dealers. URL: <https://pcgdigital.com/blog/must-have-ev-content-for-car-dealers/>
7. Тарас Брязгунов. Розкрито цікаві подробиці та дату презентації першого електричного «Гелендвагена». URL: <https://focus.ua/uk/auto/639000-rozkrito-cikavi-podrobici-ta-datu-prezentacii-pershogo-elektrichnogo-gelendvageni-video>
8. Renault Espace може повернутися як ретро-електричний мінівен. URL: <https://newsyou.info/2024/04/renault-espace-mozhe-povernutisya-yak-retro-elektrichnij-miniven>
9. 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.
10. Колеснікова Є.Б., Колесніков В.О. Технологічні тенденції та дизайн в автомобілебудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практ. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 190–203.
11. 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. ISBN 978-966-641-950-0.
12. 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.
13. 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-практ. конф., 13–14 квітня 2023 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 71–74. ISBN 978-966-641-929-6.
14. Єльбакієв Д. Г., Мілютін Є. В., Колесніков В. О. Системи мульти-зарядки для електромобілів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практ. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 88–92.
15. Балицький О.І., Колесніков В.О., Гаврилюк М.Р. Стан розвитку та впровадження водневих технологій. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практ. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 15–19.
16. Стадник Л. Д., Колесніков В. О. Сонячні батареї, як допоміжне обладнання для електромобілів. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-а Міжнар.

наук.-техн. інтернет-конф., 12–13 квітня 2018 р.: мат. конф. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2018. С. 198–202.

17. Татарінов В.Р., Бердус А.Ю., Кравцов О.В., Колесніков В.О. Сучасні матеріали для автомобілебудування // Матеріали регіональної наук.-практичної конференції професійна освіта на Луганщині: теорія та практика 15–17 квітня 2014 року м. Луганськ. - С. 218-223.

18. 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.

19. 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.

20. Мілютін Є. В.; Пронін О. С.; Колесніков В. О. Електрична платформа для майбутніх електромобілів брендів Hyundai, Kia, Genesis та Ionic. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 185–189.

21. Сльбакієв Дмитро, Мілютін Євгеній, Колесніков Валерій. Система мульти-зарядки на 800 в та 400 в для електромобілів. Сучасна наука: стан, проблеми, перспективи. Міжн. наук.-практичн. конф., 14-15 квітня 2021 р.: матеріали. Старобільськ, ДЗ «ЛНУ ім. Тараса Шевченка», 2021. С. 131–133.

22. Сирота В. І., Сахно В. П. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту. Арістей, 2009. 288 с.

**Риб'янець Сергій Романович** – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» м. Полтава, м. Лубни.

**Субота Вадим Костянтинівич** – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» 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.

**Rybyants Serhiy Romanovych** – 4rd year applicant for higher education of the first (bachelor's) level, specialty "Vocational Education. Transport" of the State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", the city of Poltava, Lubny.

**Subota Vadym Konstantinovich** – 4rd year applicant for higher education of the first (bachelor's) level, specialty "Vocational Education. Transport" 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, 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 691.175

Роговський І.Л.

## КОНСАЛТИНГОВА ПІДТРИМКА ЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВОГО ЗБІЖЖЯ

*Конструювання ефективних технологій транспортування зерна від комбайнів у великих господарствах розглянуто з позицій індуктивних технологій системних інформаційно-аналітичних досліджень і математичного моделювання складних систем. Підхід, інструментарій та отримані результати пропонується застосовувати в моделюючих блоках комп'ютерно-інтегрованих консалтингових систем даного напрямку.*

**Ключові слова:** логістична технологія, системно-аналітичне дослідження, індуктивний підхід, моделювання.

*The designing of efficient transporting grain technologies from combine-harvester in farms from standpoint of system information-analytical researches inductive technologies and mathematical modeling of complex systems are considered. The use of approaches, tools and findings in modeling blocks of computer integrated consulting systems are proposed.*

**Key words:** logistics technology, system-analytical research, inductive approach, modeling.

Аналіз традиційної моделі транспортування зерна під час прямих перевезень вказує на наявність високих затрат праці та капіталу, пов'язаних із підвищеними затратами часу зміни на очікування завантаження транспортних засобів. Це особливо характерно при застосуванні транспортного засобу високої вантажопідйомності, коли одного бункера комбайна недостатньо для заповнення традиційних автомобілів-самоскидів. Для скорочення витрат при застосуванні транспортних засобів підвищеної вантажопідйомності, як правило обирається перевалочна технологія перевезення зерна від комбайна до хлібоприймального пункту, яка передбачає застосування збирально-транспортного комплексу у складі: зернозбиральні комбайни, причепи-перевантажувачі (міжопераційні компенсатори) та високовантажні автотранспортні засоби [1]. За існуючої різноманітності технічних засобів особливо важливою стає задача вибору найбільш ефективних і практично прийнятних технічних комплексів, що рекомендуються новими науковими й системно-аналітичними дослідженнями. Тому проблема оптимізації процесів збирання та транспортування зерна від комбайнів, шляхом виявлення закономірностей впливу складу, структури та техніко-експлуатаційних показників технічних засобів комплексу, спрямованих на мінімізацію витрат, є актуальною.

Ця стаття стосується системного дослідження й моделювання логістичних схем та синтезу ефективних технологій транспортування зерна від комбайнів до хлібоприймальних пунктів в зернозбиральний період. Цей напрямок досліджень безсумнівно викликаний нагальними потребами практики у сучасних агротехнологіях. За задумкою авторів, кінцевим результатом досліджень за цим вкрай важливим напрямком має стати комп'ютерно-інтегрована система оперативного ухвалення рішень з можливістю маркетингового прогнозування результатів зернозбиральної кампанії для конкретного користувача. Головними цільовими суб'єктами такої системи, очевидно, мають бути великі фермерські та колективні господарства, які зайняті у сфері вирощування зернових культур. Робота стосується синтезу моделей ефективних технологій транспортування зерна від комбайнів до приймальних пунктів в зернозбиральний період. У процесах моделювання застосовані сучасні алгоритми регресійного аналізу [1], а також інноваційні комбінаторні алгоритми методу групового урахування аргументів (МГУА). Системні інформаційно-аналітичні дослідження із застосуванням індуктивного підходу (ІТ СІАД) до створення оптимального виконання таких робіт на попередніх етапах дали важливий і оптимальний за прийнятими в цитованих працях

критеріями статистичний інформаційний матеріал для побудови системних моделей ефективних технологій, а точніше логістичних ланцюгів, транспортування зерна від комбайнів до приймальних пунктів в зернозбиральний період у великих фермерських та колективних господарствах.

Постановка проблеми фактично зводиться до проблеми синтезу оптимальної моделі (чи системи моделей), яка б найкращим чином описувала статистичні дані й висновки експертних комісій, отримані у результаті попередніх системних інформаційно-аналітичних досліджень. Головне завдання такої моделі є розроблення нових логістичних ланцюгів транспортування зерна від комбайнів до приймальних пунктів в зернозбиральний період у великих фермерських господарствах при конкретних технологічних, фінансових, природно-кліматичних, організаційних та інших умовах. Конструювання такої моделі, у свою чергу, може бути розглянуто як відоме завдання ідентифікації або «закону функціонування» складної системи. Під окремим станом такої системи у нашому випадку будемо мати на увазі один із варіантів логістичного ланцюга транспортування зерна від комбайнів до приймальних пунктів у великих господарствах при конкретних вказаних вище умовах. З позицій сформульованої проблеми, загальна задача ідентифікації стану складної системи (СС) буде зводиться до: визначення структури моделі: урахування оптимального в певному сенсі набору змінних; оцінки параметрів, які увійшли в структуру такої моделі СС. Загальну задачу моделювання СС з одним виходом і множиною входів можна сформулювати так. Нехай маємо  $n$  спостережень (варіантів логістичних ланцюгів, наприклад) кожне з яких описується  $m$  змінними (чинниками, ознаками чи факторами). Тобто, маємо  $X[n \times m]$  вхідних незалежних змінних і одну вихідну  $y[n \times 1]$  залежну змінну. Задача структурно-параметричної ідентифікації зводиться до формування за вибіркою статистичних даних деякої множини  $\Phi$  моделей-претендентів різної структури:

$$\hat{y}_f = f(X, \hat{\theta}_f) \quad (1)$$

та пошуку оптимальної моделі

$$f^* = \arg \min_{f \in \hat{\mathcal{O}}} CR(y, f(X, \hat{\theta}_f)), \quad (2)$$

де оцінки параметрів  $\hat{\theta}_f$  для кожної моделі  $f \in \hat{\mathcal{O}}$  є розв'язком ще однієї оптимізаційної задачі виду:

$$\hat{Q}_f = \arg \min_{\theta \in R^{s_f}} QR(y, X, \hat{\theta}_f), \quad (3)$$

де  $Q(\cdot) \neq CR(\cdot)$  – критерій якості моделі,  $s_f$  – складність моделі.

Одним із найбільш уживаних у сфері індуктивного моделювання складних систем можна вважати критерій регулярності:

$$\Delta^2(B) = \sum_1^{N_B} (y_\delta - \hat{y}_i)^2 / \sum_1^{N_B} y_\delta^2 \rightarrow \min, \quad (4)$$

де  $y_\delta$  – фактичні значення вихідної змінної на підвибірці  $B$ ;  $\hat{y}_i$  – значення залежної змінної моделі на  $B$ ;  $N = N_A + N_B$  – множина всіх варіантів у таблиці вхідних даних, яка, згідно принципу зовнішнього доповнення МГУА, розділена на дві частини: навчальну –  $N_A$ , на якій виконується синтез моделі й контрольну –  $N_B$  для перевірки якості отриманої моделі.

В дослідженнях при моделюванні були застосовані як класичний підхід регресійного аналізу й відомі алгоритми із наперед заданими структурами моделей, так і алгоритми методу групового урахування аргументів, зокрема комбінаторний. Кількісну оцінку оптимальності того чи іншого варіанту технологічного ланцюга необхідно задавати в певному сенсі. Критерієм оптимальності й, відповідно вибору кращого рішення (технологічного варіанту

перевезень), доцільно вибрати певний інтегральний економічний чинник. Таким інтегральним показником нами прийнято значення сукупних витрат у гривнях на 1 тону зерна під час збирання та перевезення –  $E_{mf}$ . Така інтегральна кількісна оцінка застосована при формуванні матриць вихідних даних. Етап моделювання передбачав конструювання моделей, які б найкращим чином ідентифікували сформовані експертним шляхом технологічні ланцюги транспортування зерна від комбайнів до приймальних пунктів в зернозбиральний період у господарствах при конкретних технологічних, фінансових та інших умовах.

Повний список чинників, відібраних на етапі системно-аналітичного дослідження у множині оптимального інформаційного базису є наступним:

$$I_{b,s}^* = \{W_k / x_1, Q_n / x_2, Q_a / x_3, V_a / x_4, T_{pa} / x_5, U / x_6, S / x_7, \dot{O} / x_8, L / x_9\}, \quad (5)$$

де  $W_k / x_1$  – продуктивність зернозбирального комбайна, т/год;  $Q_n / x_2$  – вантажопідйомність причепа-перевантажувача, т;  $Q_a / x_3$  – вантажопідйомність автотранспортного засобу, т;  $V_a / x_4$  – технічна швидкість автотранспортного засобу, т/год;  $T_{pa} / x_5$  – тривалість перебування автотранспортного засобу на хлібоприймальному пункті, год;  $U / x_6$  – урожайність зернових культур, т/год;  $S / x_7$  – площа збирання зернових культур, га;  $\dot{O} / x_8$  – тривалість роботи комбайна в день, год;  $L / x_9$  – відстань перевезення зерна від поля до хлібоприймального пункту, км.

Нижче представлено моделі, синтезовані за найбільш характерними варіантами логістичних ланцюгів з відповідними множинами ознак-чинників. Отже, було отримано такі результати моделювання. Модель 1 (M1). Зважаючи на суттєві труднощі стосовно отримання релевантної інформації, очевидним є побудова й практичне використання максимально простих моделей. Дослідження таких можливостей також було в полі зору даної роботи. Для цього були використані результати попередніх системно-аналітичних досліджень проблеми конструювання ефективних логістичних технологій транспортування зерна від комбайнів до приймальних пунктів у фермерських та колективних господарствах. Дані для подальшого моделювання були скореговані відповідно до кількості чинників і основних вимог комбінаторного алгоритму МГУА.

$$I_b^*(M3) = \{W_k / x_1, V_a / x_4, U / x_6, S / x_7\} \quad (6)$$

Була синтезована досить проста модель. Але варто зауважити, що такі прості моделі, хоча й показують високі прогностичні властивості, мають суттєві недоліки: незначні зміни в початковому інформаційному базисі можуть кардинально (хоча й необов'язково) погіршити прогностичні якості моделі. У даному випадку такий високий результат був досягнутий лише завдяки попереднім системним інформаційно-аналітичним дослідженням. Наведена нижче модель, як і попередні синтезовані моделі, базувалася на оптимальному базисі  $I_b^*(M3)$  результатів  $R^*(I_b^*)$  уже попередньо виконаних системно-аналітичних дослідженнях цієї комплексної проблеми. Отже, найпростіша синтезована модель мала такий вид:

$$E_{vi} = 431,33 + 0,21W_k - 0,86V_a - 28,20U - 0,01S. \quad (7)$$

Середня похибка апроксимації (RES) у даному випадку не перевищувала 8,371 в абсолютних значеннях або 3,89%, що теж безперечно вказує на досить високі прогностичні характеристики цієї моделі, вибраної в ході селекції. Модель 2 (M2). Вхідна інформація цієї моделі відповідає такому ж інформаційному базису (6), як і для моделі M1, тобто  $I_b^*(M2) = I_b^*(M1)$ , а саме до нього увійшли параметри:  $W_k, Q_a, V_a, U, S$ . Аналітичний вигляд моделі M2 такий:

$$E_{vi} = 436,016 + 1,369W_k - 0,916Q_a - 0,776V_a - 28,806U - 0,012S \quad (9)$$

На графіку (рис. 1) показані криві, які відображають фактичні значення інтегрального

параметра  $E_{нф}$  і апроксимовані  $E_{нм}$  для моделі  $M2$ . Середня похибка апроксимації (RES) не перевищувала 6,487 в абсолютних значеннях або 2,95%, що теж вказує на досить високі прогностичні характеристики цієї моделі, вибраної в ході селекції.

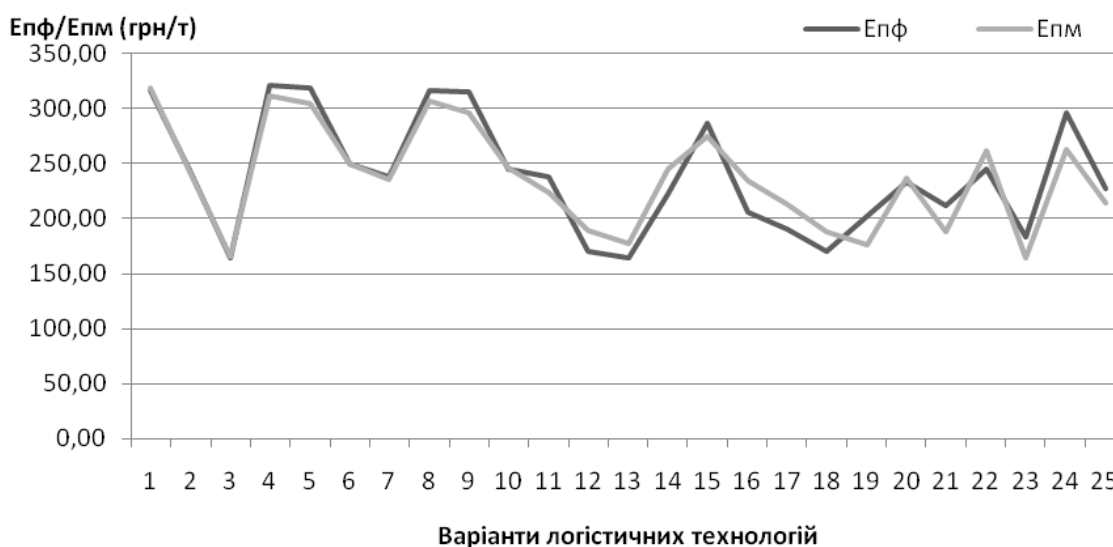


Рисунок 1 – Графіки фактичних  $E_{нф}$  і апроксимованих  $E_{нм}$  кривих моделі  $M2$ .

Модель 3 ( $M3$ ). Модель  $M3$  за потужністю інформаційної бази, з одного боку, й кількістю варіантів технологічних ланцюгів, з іншого боку, була найбільш потужною. Тобто, оптимальним інформаційним базисом для синтезу моделі  $M3$  був ансамбль (5). Важливим інноваційним моментом, який суттєво відрізняє цю модель від багатьох інших підходів є той, що кількість причепів визначається алгоритмічно відповідно технологічної потреби. Аналітичний вигляд моделі  $M3$  такий:

$$E_{vi} = 362,266 - 6,456W_k + 1,042Q_n - 1,070Q_a - 0,545V_a + 4,451T_{pa} - 1,627U - 0,013S - 6,540T + 2,396L \quad (12)$$

Середня похибка апроксимації в моделі  $M3$  не перевищувала 9,707 в абсолютних величинах, або 5,5% у відносних. Як і в попередніх моделях відносна похибка визначалася за уже відомою формулою (8). Очевидно, що модель  $M3$ , незважаючи на свою складність, може вважатися найкращою для практичного застосування у відборі логістичних технологій транспортування зерна від комбайнів до кінцевих приймальних пунктів у фермерських та колективних господарствах.

### Список літератури

1. Volokha M., Rogovskii I., Fryshev S., Sobczuk H., Virchenko G., Yablonskyi P. Modeling of transportation process in a technological complex of beet harvesting machines. Journal of Engineering Sciences (Ukraine), 2023, Vol. 10(2), pp. F1-F9, doi: 10.21272/jes.2023.10(2).f1

**Роговський Іван Леонідович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

**Rogovskii Ivan Leonovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Technical Service and Engineering Management named after M. P. Momotenko, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.

УДК 657.6:657.44

Савінов В.П., Румянцев В.Р.

## НОВИЙ ПОГЛЯД НА ЗМІНУ РОБОТИ ДВИГУНІВ АВТОМОБІЛІВ ЧЕРЕЗ ВПЛИВ МАГНІТНИМИ ПОЛЯМИ НА ПАЛИВО І ПОВІТРЯ ПОДАЮЧИХ В КАМЕРУ ЗГОРАННЯ ДВЗ

*Постійне зростання кількості легкових та вантажних автомобілів на дорогах України, збільшення викидів відпрацьованих газів з автомобілів призводить до погіршення ситуації для навколишнього середовища. Зниження якості палива призводить як до неповного згорання палива, підвищених викидів через вихлопну систему та більш швидкого закупорювання прохідних отворів у сажевих фільтрах та каталізаторах. Все це штовхає на пошук нових технологічних рішень вчених та інженерів для вирішення цих питань.*

**Ключові слова:** паливо, вплив магнітних полів на зміну структури палива, покращення роботи ДВЗ.

*The constant increase in the number of cars and trucks on the roads of Ukraine, the increase in exhaust gas emissions from cars, leads to a worsening situation for the environment. A decrease in fuel quality leads to incomplete combustion of fuel, increased emissions through the exhaust system and faster clogging of passages in particulate filters and catalysts. All this pushes scientists and engineers to search for new technological solutions to solve these issues.*

**Key words:** fuel, influence of magnetic fields on the change of fuel structure, improvement of internal combustion engine operation.

Останні кілька десятиліть з метою поліпшення екології та зниження викидів продуктів горіння в ДВЗ увагу вчених та дослідників було звернено до магнітної оборотки різних видів палив для зміни роботи двигунів внутрішнього згорання.

Практичне та теоретичне вивчення питань ультрадисперсного стану матеріалу та процесів у вуглеводневих продуктах є не простим завданням. Звичайні методи квантової фізики виявляються не придатними для опису кластерів, що містять десятки, сотні і тисячі атомів, якщо вдатися до істотних наближень і припущенням. З іншого боку, до дуже малих кластерів не застосовна і макроскопічна термодинаміка, зокрема, через неможливість поділу об'ємних та поверхневих властивостей та прояви квантових ефектів. Прогрес у цьому напрямі можливий при розробці теорії, що враховує ці фактори і має гарні експлоататорні властивості.

Основною тенденцією розвитку є використання функціональних об'єктів дрібних розмірів. Унікальність властивостей таких об'єктів (наноструктур) визначається переважно атомними та електронними процесами, які протікають як в об'єктах, так і на кордонах, та мають квантовий характер. Зрозуміти і навчитися керувати цими процесами який завжди вдається у межах традиційних уявлень фізики та хімії. Питання ускладнюється ще й тим, більшість наноструктур є нерівноважними системами.

У зв'язку з цим нині відбувається як інтенсивний розвиток теорії явищ у низькорозмірних системах, і розробка нових методів їх отримання та діагностики. Сьогодні достатньо розвинена технологія зміни структури вуглеводнів, яка базується на основі впливу магнітними полями на них і дає можливість отримувати різні мікро структури. Тому впливу на орієнтовані атомарні поверхні отриманих структур істотно можуть відрізнитися від вихідного матеріалу.

Для розвитку нанотехнології важливе значення має розробка нових підходів до магнітних систем. Один із простих та ефективних способів синтезу наноструктур заснований на створенні вихрових потоків у поєднанні впливу магнітними полями на паливо. В даний час нагромаджено значний досвід у розробці магнітних систем для різних видів палива та різних об'ємів моторів, робота яких базується на квантовомеханічних ефектах. Вивчення цих ефектів

відкриває як нові сторінки в інженерії, а й супроводжується відкриттями фундаментального характеру.

Групою дослідників було розроблено кілька різних магнітних систем та проведено випробування у різних паливних середовищах. [1, 2]. Було відзначено багато позитивних властивостей у роботі моторів з різними обсягами:

- Швидший запуск мотора;
- Зниження навантаження на мотор;
- Збільшення потужності мотора;
- Зниження споживання палива;
- Скорочення викидів відпрацьованих газів.

Процес впливу магнітного поля на рідкі вуглеводні наступний: у момент перетину магнітних силових ліній при проходженні палива у нього змінюється структура та багато властивостей: знижуються сили поверхневого натягу, збільшується розчинність кисню в паливі, зростає ядерна поляризація, змінюються константи швидкості хімічної реакції горіння (швидкість горіння збільшується), зменшується детонаційна стійкість бензинів зміна оптичної щільності та діелектричної проникності, збільшується діамагнітна сприйнятливості палива... Причому змінена структура палива зберігається тривалий час.

В ході численно проведених випробувань впливу магнітних полів на рідкі вуглеводні (паливо) було звернено увагу на факт, що процес горіння завжди супроводжується упорскуванням паливно-повітряної суміші в камеру згоряння і був проведений експеримент впливу магнітного поля на паливо і потік повітря, що надходить перед змішуванням з паливом і впорскуванням у камеру згоряння. Для експерименту було надано два легкові автомобілі TOYOTA CAMRY, 2008 р, коробка-автомат, об'єм мотора -3,5л, вид палива - газ-бензин, поточна витрата в міському режимі на газ без магнітних систем становив 16-17л/100км.

Після встановлення магнітної системи в розрив магістралі подачі газу перед паливним фільтром і повітряну магістраль поруч з двигуном перед паливною рейкою був отриманий дивовижний результат. Потік газу та повітря, проходячи через магнітну систему змінює свою структуру і завдяки цьому вони мають кращу розчинність між собою. Автомобіль став більш чуйним на педаль газу, на прискорення пішов значно легше. Витрата палива знизилася більш ніж на 25%, витрата у міському режимі стала 12,0 л/100км. Цей експерт був проведений в холодні умови в режимі експлуатації автомобіля і продовжує йти.

Другий автомобіль – Ford Escape, 2021 р, коробка-автомат, об'єм мотора 1,5л працює на бензині. Поточна витрата у міському режимі руху 11,0-11,1л. В оригінальному русі (без магнітної системи) автомобіль при прискоренні переходив на знижену передачу і отримавши певну швидкість руху коробка передач перемикалася на підвищену передачу. Через тривалий час виходу автомобілем на задану швидкість водієм — було максимальне споживання палива під час розгону.

Після встановлення магнітної системи в повітряну магістраль поруч із двигуном на паливну рейку був отриманий хороший результат, потік повітря, проходячи через магнітну систему, змінює свою структуру і завдяки цьому він має більш повну розчинність у паливі. Автомобіль став більш чуйним на педаль газу, на прискорення йшов без перемикання на знижену передачу. Витрата палива знизився більш ніж на 20% з помітним збільшенням потужності в русі і склав 8,2-8,5л/100км в міському режимі експлуатації. Даний експерт був проведений в холодних умовах і продовжує йти в різних режимах експлуатації автомобіля. На всіх ділянках тестової експлуатації автомобіль рухається помітно активніше, порівняно з рухом без магнітної системи.

Виходячи з отриманих даних, можна зробити висновок, що потоки палива та повітря, що проходять через магнітну систему, набуває структурних змін, що призводить до більш повного згоряння палива. Тому з'являється потужність двигуна при різкому або плавному прискоренні автомобіля, робота двигуна стає більш тиха і м'яка і його не добре під час руху в салоні автомобіля, перемикання передач при торканні з місця відбувається без ривків (машина йде як



на електротязі).

Проведені дослідження показали, що магнітні системи можна встановлювати не тільки на паливній магістралі для отримання позитивних результатів у роботі моторів, але і на повітряній магістралі так само. Ефект у роботі мотора був високим, час зміни у роботі мотора настає протягом 20-25 секунд після встановлення магнітної системи та запуску мотора. Дана магнітна система з дозволу власників залишилася працювати на зазначених вище автомобілях на більш тривалій термін.

Проведені випробування магнітних систем зі створенням поєднання вихрових потоків та магнітних полів постійних магнітів показали позитивну динаміку зміни роботи моторів в автомобілях, що значною мірою розширює горизонти досліджень у цьому напрямку.

#### Список використаних джерел

1. Савінов В.П. патент № 146615 від 03.03.2021 р. Пристрій для магнітної обробки рідкого вуглеводневого палива двигуна внутрішнього згорання.
2. Савінов В.П. патент № 154314 від 01.11.2023 р. Пристрій для магнітної обробки рідкого вуглеводневого топлива двигуна внутрішнього згорання.

**Румянцев Владислав Ростиславович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки, Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету.

**Савінов В.П.** – аспірант кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки, Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю.М. Потебні ЗНУ Запорізького національного університету.

**Rumyantsev Vladyslav** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Metallurgical Technologies, Ecology and Technogenic Safety of the Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebny Zaporizhzhia National University.

**Savinov V.** – graduate student, Department of Metallurgical Technologies, Ecology and Technogenic Safety, Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Postgraduate students of the Zaporizhzhia National University.

УДК 65; 629.017:629.083

Сакно О.П., Сакно О.Р., Мойся Д.Л.

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

*Були введені стандарти щодо викидів транспортних засобів для запобігання шкоди навколишньому середовищу, спричиненої звичайною експлуатацією транспортних засобів. Сучасні електромобілі залежно від потужності батареї здатні мати техніко-експлуатаційні характеристики подібно автомобілям з двигунами внутрішнього згорання.*

*Судані тенденції розвитку транспортних засобів – це транспортні засоби на альтернативних видах палива з нульовим рівнем викидів.*

**Ключові слова:** електромобіль, експлуатація, двигун, паливо.

*Vehicle emission standards were introduced to prevent damage to the environment caused by normal vehicle operation. Modern electric vehicles, depending on the battery power, can have technical and operational characteristics similar to cars with internal combustion engines.*

*The current vehicle trend is alternative fuel vehicles with zero emissions.*

**Key words:** electric vehicle, maintenance, engine, fuel.

У наш час транспортні засоби вважаються життєво важливими елементами повсякденного життя для особистої мобільності та транспортування товарів, про що свідчить постійний попит на нафту. Поряд із таким попитом зростання вартості палива та зростання глобальної стурбованості щодо навколишнього середовища через забруднення повітря та зміни клімату викликали побоювання. У зв'язку з цим деякі уряди заохочують виробників автомобілів створювати екологічно чисті транспортні альтернативи з низьким рівнем викидів. У цьому контексті електричні транспортні засоби (Electric Vehicle - EV) були розроблені та використані для мінімізації залежності від викопного палива; це призвело до скорочення викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин. Крім того, стандарти викидів транспортних засобів були введені для запобігання шкоди навколишньому середовищу, спричиненої звичайними транспортними засобами; кілька країн, наприклад Сполучені Штати, Велика Британія, Японія та Європа, прийняли стандарти щодо транспортних систем для зменшення викидів транспортних засобів. У цьому контексті чистий відсоток «атмосферних аерозольних частинок», які виробляються вихлопними газами транспортних засобів, значно зменшився на 99% після стандартів викидів Euro 5. Крім того, рівень викидів двоокису вуглецю та діоксиду азоту значно скоротився, починаючи зі стандарту викидів Євро 1. Проте до 2030 року в Європі планується скоротити викиди двоокису азоту на 35 мг/км і вуглекислого газу на 95 г/км.

Зовні електромобіль дуже схожий на звичайний автомобіль із двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ). Втім, існує низка зовнішніх ознак, що відрізняють електромобіля від традиційних авто. На місці ДВЗ, складної системи вихлопу, мастила, охолодження, трансмісії, паливного бака та радіаторів розташовані компактні електромотори та маленькі радіатори для охолодження батареї, розташовані у підпільному просторі.

У зв'язку з цим скорочено до мінімуму кількість деталей, що труться, а значить заощаджено значну частину коштів і часу на технічне обслуговування та ремонт. Різниця у вартості між бензином та електрикою суттєва. Як бачимо, по суті, електромобіль – це більш ефективний і водночас простіший транспортні засоби.

Ефективність сучасного турбованого двигуна внутрішнього згорання не перевищує 30%. Інші 70% роботи двигуна йдуть на нагрівання повітря, трансмісійні втрати та шкідливі викиди. У цей же час коефіцієнт корисної дії силової установки електромобіля становить мінімум 85%. Більше того, кожне наступне покоління батарей стає більш досконалим – підвищується

ємність та здатність приймати більшу кількість заряду за менший час. Електродвигуни здатні розвивати момент, що крутить, в 3-5 разів більший при оборотах 15000-19000 в хвилину, розганятися швидше і ефективніше гальмувати, використовуючи енергію уповільнення в зарядку батареї.

Сучасні електромобілі в залежності від потужності батареї та двигунів здатні розганятися з місця до 100 км/год за 5-7 секунд, що можна порівняти з розгоном автомобіля з ДВЗ потужністю 250-350 к.с. Але найшвидший у світі серійний електрокар Rimac C\_Two здатний долати 100 км за 1,85 секунди.

Безперечною перевагою електромобілів є також те, що момент обертання електромотора, що крутить, лінійно передається безпосередньо колесам. У той час, як ДВЗ перетворює поступальні рухи поршнів на обертання колінчастого валу і далі через систему шестерень і фрикціонів трансмісії провідним колесам. Для подолання такої «смуги перешкод» автомобілю потрібно більше потужності, а отже – більше палива та об'єму двигуна.

Таким чином, очікується, що до 2030 року на провідні автомобільні заводи припадатиме понад 70% світового виробництва EV, тобто кожен четвертий проданий новий легковий автомобіль буде електромобілем. Це початок ери транспортних засобів на альтернативних видах палива з нульовим рівнем викидів.

### Список використаних джерел

1. EEA. (2019). Greenhouse gas emissions from transport in Europe. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-greenhouse-gases/transport-emissions-of-greenhouse-gases-12>
2. European Commission. (2016). A European Strategy for Low-Emission Mobility. Brussels. Retrieved from <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/EN/1-2016-501-EN-F1-1.PDF>
3. Electric Vehicles. (n.d.). In International Energy Agency. Retrieved December 1, 2023, from: <https://www.iea.org/reports/electric-vehicles>

**Сакно Ольга Петрівна** - к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, механіко-машинобудівний факультет, НТУ "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, e-mail: sakno-olga@ukr.net

**Сакно Олена Русланівна** – студентка 2-го курсу, гр. 274-22-1, механіко-машинобудівний факультет, НТУ "Дніпровська політехніка", м. Дніпро

**Мойся Дмитро Леонідович** – інженер, СТО «Гарант», м. Дніпро

**Olha Sakno** – Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Automobiles and Automobile Economy, Faculty of Mechanical Engineering, Dnipro University of Technology, Dnipro

**Olena Sakno** – student of the Department of Automobiles and Automobile Economy, Faculty of Mechanical Engineering, Dnipro University of Technology, Dnipro

**Dmitry Moisia** – engineer, STO "Garant", Dnipro

УДК 629.113

Сахно В.П., Поляков В.М., Шарай С.М., Босенко В.М., Паламарчук О.В.

## ДО ВИЗНАЧЕННЯ МАНЕВРНОСТІ І СТІЙКОСТІ РУХУ АВТОПОЇЗДА-КОНТЕЙНЕРОВОЗА

*В останні роки широкого використання набувають контейнерні вантажні перевезення. Дослідження маневреності і стійкості руху автопоїздів-контейнеровозів базуються на диференціальних рівняннях, які описують тривісний автомобіль-тягач, підкатний візок, напівпричіп з подвійним приводом управління на задню вісь його візка і двовісний причіп з керованими колесами. Розв'язком отриманої системи рівнянь встановлено, що запропонований автопоїзд з керованими причіпними ланками задовольняє вимогам DIRECTIVE 2002/7/EC щодо маневреності і стійкості руху.*

**Ключові слова:** *автомобіль, підкатний візок, напівпричіп, привід управління, причіп, маневреність, стійкість.*

*In recent years, container freight transportation has become widely used. Studies of the maneuverability and stability of the movement of road container trains are based on the differential equations that describe a three-axle tractor, a dolly, a semi-trailer with a double control drive on the rear axle of its cart, and a two-axle trailer with steerable wheels. By solving the resulting system of equations, it was established that the proposed road train with controlled trailer links meets the requirements of DIRECTIVE 2002/7/EC regarding maneuverability and stability of movement.*

**Key words:** *car, dolly, semi-trailer, control drive, trailer, maneuverability, stability.*

**Постановка проблеми.** За останні роки потужним імпульсом для збільшення довжини автотранспортних засобів (АТЗ) послуговує розвиток перевезень вантажів у контейнерах, що змусило ці довжини погоджувати з розмірами універсальних контейнерів ISO. Контейнер є найбільш перспективним і поширеним мультимодальним транспортним засобом. Контейнерні вантажні перевезення дволанковими, а в останні роки і триланковими автопоїздами, є найбільш популярними [1]. Використання багатоланкових автопоїздів (АТЗ) повинно бути підтверджено не тільки прогресивним транспортним законодавством, але і вирішенням певних технічних проблем, спрямованих на забезпечення високої безпечності автопоїздів і всього транспортного потоку. Серед триланкових автопоїздів перспективними можуть стати 35-метрові автопоїзди з двома причепами або трьома напівпричепами, здатними перевозити три контейнери. Ці дві конструктивні схеми автопоїздів можна доповнити ще схемою автопоїзда на причіпному візку «Dolly» з причепом, яка раніше не розглядалася, і може стати перспективною для перевезень контейнерів. При цьому дуже важливо забезпечити як маневреність, так і стійкість транспортного засобу особливо у граничних режимах руху з тим, щоб він залишався в межах габаритного коридору.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Характеристики маневреності і стійкості руху АТЗ, як відомо, визначаються комбінацією експлуатаційних, масово-геометричних і конструктивних параметрів його модулів і систем їх управління. В загальному випадку бажані сполучення вказаних параметрів з точки зору 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 автопоїздів точних конструктивних параметрів і кількісних показників за критеріями стійкості руху і маневреності [2]. Оскільки криволінійний рух АТЗ зумовлює конструкцію систем управління причіпних ланок, то на першому етапі необхідно визначитися з параметрами транспортного засобу при круговому русі і виконання ним різних маневрів [2]. На другому етапі проводиться перевірка раніше отриманих параметрів на предмет задоволення показників стійкості як в

прямолінійному русі, так і при виконанні ним різних маневрів. Вибір і оптимізація параметрів АТЗ для всього спектру експлуатаційних швидкостей і навантажень вимагає наявності диференціальних рівнянь руху. Такі рівняння різного ступеня складності як для дволанкових, так і триланкових автопоїздів, наведені в роботі [3 і ін.]. Проте для чотириланкових автопоїздів є складність отримання на ранніх стадіях їх створення точних конструктивних параметрів і кількісних показників за критеріями стійкості їх руху [3]. У роботі [2] складені диференціальні рівняння плоскопаралельного руху з метою визначення показників маневреності і стійкості руху для триланкових автопоїздів у складі автомобіля і двох причепів. Їх використання для оцінки стійкості руху чотириланкових автопоїздів, зокрема для автопоїзда у складі тягового автомобіля, напівпричепа на підкатному візку «Dolly» і причепа (у подальшому автопоїзда), потребує свого уточнення.

**Цілі дослідження.** При дослідженні стійкості руху автопоїзда-контейнеровоза розглядають, як правило, плоскопаралельний рух його ланок. За наявності в автопоїзда більше трьох ланок труднощі виникають у тому, що суттєво ускладнюється дослідження руху такого багатоланкового АТЗ з причини необхідності врахування впливу значної кількості факторів на характер руху усіх ланок. Взаємодія сусідніх ланок при русі автопоїзда розповсюджується в решті-решт на весь транспортний засіб і викликає певні відхилення складових автопоїзда (модулів) від заданого ведучою ланкою (тягачем) напрямку руху. У зв'язку з цим метою роботи є визначення показників маневреності і стійкості автопоїзда-контейнеровоза як у стаціонарних, так і у перехідних режимах руху, зокрема при виконанні таких маневрів як «ривок рульового колеса» і «переставка».

**Результати дослідження.** Автопоїзд-контейнеровоз, що розглядається, представимо у вигляді декількох ланок. Першою ланкою є автомобіль-тягач, який представимо у вигляді одного модуля – кістяка з передніми керованими колесами, кути повороту яких однакові і позначені як  $\theta_1$ . Дві задні осі тягача є неповоротними, і розташовані позаду центра мас тягача. Другою ланкою є двовісний підкатний візок з неповоротними осями і дишлем, що з'єднує тягач з візком. Третьою ланкою є тривісний напівпричіп із задньою керованою віссю за подвійного приводу управління, кут повороту якої позначено як  $\theta_2$ . Четвертою ланкою є причіп з передньою керованою віссю, кут повороту якої позначено як  $\theta_3$ , і дишлем, що з'єднує напівпричіп з причепом. Зв'язок між ланками автопоїзда – шарнірний, що дозволяє їм змінювати своє положення у площині руху. У роботі запропонована модель, яка включає систему рівнянь, що описує автопоїзд-контейнеровоз у складі визначених ланок. Ці рівняння записані у вигляді системи рівнянь:

$$m(\dot{v} - u\omega) = -X_1 \cos \theta + (X_{11} + X_{12}) + Y_1 \sin \theta + XA - XB \cos \varphi_1 + YB \sin \varphi_1, \quad (1)$$

$$m(\dot{u} - v\omega) = Y_1 \cos \theta + X_1 \sin \theta + YA - YB \cos \varphi_1 + XB \sin \varphi_1, \quad (2)$$

$$I\dot{\omega} = aYA - b(Y_1 \cos \theta + X_1 \sin \theta) - bb(Y_{11} + Y_{12}) + c(YB \cos \varphi_1 + XB \sin \varphi_1) + M_1 + M_2, \quad (3)$$

$$I_1 \dot{\omega}_1 = -YA \lambda \cos \theta + XA \lambda \sin \theta - M_1 = 0, \quad (4)$$

$$I_2 \dot{\omega}_2 = d_1 YB - b_1 Y_2 - b_{11} Y_{21} + c_1 (YC \cos \varphi_2 + XC \sin \varphi_2) - M_3, \quad (5)$$

$$I_3 \dot{\omega}_3 = d_2 (YC - b_2 Y_3 \cos \theta_1 + X_3 \sin \theta_1) - b_{21} Y_{31} - b_{22} Y_{32} + M_2 - M_3, \quad (6)$$

$$-I_4 \dot{\omega}_4 + d_3 YD - b_{31} (Y_{41} \cos \theta_2 + X_{41} \sin \theta_2) - b_{32} Y_{42} - M_4 = 0, \quad (7)$$

де  $m$  – маса автопоїзда;

$\dot{v}$ ,  $v$ ,  $u$ ,  $\dot{u}$  – поздовжня і бічна швидкість і поздовжнє і бічне прискорення центру мас тягача;

$X_1, X_{11}, X_{12}, Y_1, Y_{11}, Y_{12}$  – поздовжні і бічні реакції на керованих і ведучих колесах тягача;

$Y_2, Y_{21}$  – поздовжні і бічні реакції на колесах підкатного візка;

$X_3, Y_3, Y_{31}, Y_{32}$  – поздовжні і бічні реакції на колесах напівпричепа;

$X_{41}, Y_{41}, Y_{42}$  – поздовжні і бічні реакції на колесах причепа;

$\theta$  – кут повороту керованого колісного модуля тягача;

$\varphi_1, \varphi_2$  – перший і другий кути складання автопоїзда;

$a, b, bb, c, \lambda, b_1, b_{11}, c_1, b_2, b_{21}, b_{22}, b_{31}, b_{32}, d_1, d_2, d_3$  – компоновальні параметри автопоїзда;

$\omega, \dot{\omega}, \dot{\omega}_1, \dot{\omega}_2, \dot{\omega}_3, \dot{\omega}_4$  – кутова швидкість тягача, керованого колісного модуля тягача, підкатного

візка, напівпричепа і причепа;

$I, I_1, I_2, I_3, I_4$  – моменти інерції тягача, керованого колісного модуля тягача, підкатного візка, напівпричепа і причепа;

$XA, YA, XB, YB, XC, YC, YD$  – поздовжня і поперечна реакція у точці зчипки керуючого колісного модуля з кістяком тягача, тягача з підкатним візком, підкатного візка з напівприцепом, напівпричепа з причепом;

$M_1, M_2, M_3, M_4$  – моменти опору повороту керованого колісного модуля тягача, підкатного возика, напівпричепа і причепа.

Розв'язок системи рівнянь (1-7) здійснено за допомогою програмного забезпечення Maple для автопоїзда у складі тягача Scania, підкатного візка Dolly, напівпричепа Krone SDP-27 і причепа Krone AZ-18. За результатами розрахунків встановлено, що габаритна смуга руху автопоїзда склала 7,15 м, тобто такий автопоїзд задовольняє вимогам нормативних документів щодо маневреності.

За даними розрахунків за лінеаризованою системою рівнянь (1-7) критична швидкість склала 32,7 м/с. Характерним для автопоїздів є те, що критична швидкість прямолінійного руху перевищує швидкість появи коливальної нестійкості, яка склала 25,8 м/с (усі дійсні власні значення коренів характеристичного рівняння є від'ємними). При збільшенні швидкості руху автопоїзда до 26 м/с у додатну напівплощину переходить пара комплексно-спряжених коренів, що означає появу коливальної нестійкості. Поява такого роду нестійкості пов'язана із коливаннями причепа, які призводять до втрати стійкості усієї системи, тобто втрати стійкості руху автопоїзда. Із цього слідує, що критична швидкість прямолінійного руху автопоїзда складає 25,8 м/с.

Окрім прямолінійного руху, визначалися показники стійкості при виконанні автопоїздом різних маневрів. На рис. 1-2 наведені результати розрахунку швидкості рискання і бічного прискорення ланок автопоїзда при виконанні маневру «переставка» за швидкості 12 м/с.

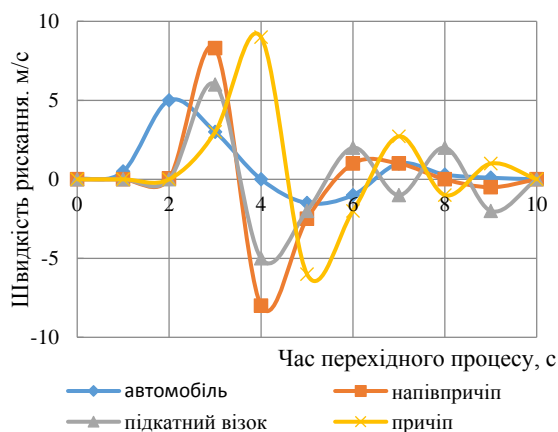


Рисунок 1 – Зміна швидкості рискання ланок автопоїзда при виконанні маневру «переставка» за швидкості руху 12 м/с

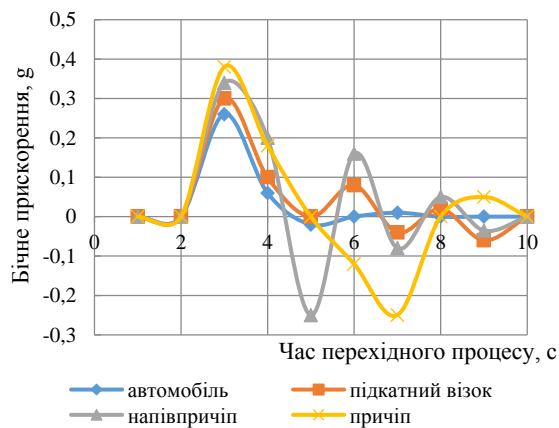


Рисунок 2 – Зміна бічного прискорення ланок автопоїзда при виконанні маневру «переставка» за швидкості руху 12 м/с

Аналіз наведених рисунків показує, що найбільші значення швидкості рискання і бічного прискорення притаманні причепу із керованими колесами. Зменшити і швидкість рискання, і бічне прискорення можна при застосуванні у складі автопоїзда причепа з наближеними осями [2], проте при цьому залишається відкритим питання щодо маневреності автопоїзда. Максимальні прискорення, що діють у центрі мас ланок автопоїзда при виконанні типових маневрів таких як «вхід в поворот», «переставка», «ривок керма» за однієї і тієї швидкості виконання маневру, майже однакові [3]. Якщо зважити на це зауваження, то можна вважати, що рух автопоїзда при виконанні ним різних маневрів за швидкості 12 м/с є стійким.

Збільшення швидкості до 15 м/с призводить до втрати стійкості руху автопоїзда.

**Висновки.** Встановлено, що запропонований автопоїзд-контейнеровоз із керованими причіпними ланками задовольняє вимогам Директиви щодо маневреності. Критична швидкість прямолінійного руху автопоїзда склала 25,8 м/с. При виконанні типових маневрів, таких як «вхід в поворот», «переставка», «ривок керма» за величиною бічних прискорень у центрі мас ланок рух автопоїзда за швидкості 12 м/с є стійким. Збільшення швидкості до 15 м/с призводить до втрати стійкості руху автопоїзда. Зменшити і швидкість ризику, і бічне прискорення можна при застосуванні у складі автопоїзда причепа із наближеними осями, проте при цьому залишається відкритим питання щодо маневреності автопоїзда.

#### Список використаних джерел

1. Крайник Л.В., Дунь С.В., Бадейнов О.М., Зінько Р.В. Триланкові автопоїзди в Україні в аспекті програми ЄС «Єврокомбі». *Автошляховик України*. 2022. №2. С. 11-15. DOI: 10.33868/0365-8392-2022-2-270-11-15.

2. Поляков В.М., Сахно В.П. Триланкові автопоїзди. Маневреність. Київ : Національний транспортний університет, 2013. 200 с.

3. Шарнірно-зчленовані автобуси. Маневреність та стійкість: монографія / В.П. Сахно, В.М. Поляков, С.М. Шарай, І.С. Мурований, О.Є. Омельницькій. Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2021. 288 с.

**Сахно Володимир Прохорович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, e-mail: [svp\\_40@ukr.net](mailto:svp_40@ukr.net)

**Поляков Віктор Михайлович** – к.т.н., доцент, професор кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, e-mail: [poljakov\\_2006@ukr.net](mailto:poljakov_2006@ukr.net)

**Шарай Світлана Михайлівна** – к.т.н., доцент, професор кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, Національний транспортний університет, e-mail: [Svetasharai@gmail.com](mailto:Svetasharai@gmail.com)

**Босенко Володимир Миколайович** – к.т.н., доцент кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, e-mail: [bosia4ok@ukr.net](mailto:bosia4ok@ukr.net)

**Паламарчук Олексій Васильович** – магістр, аспірант кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, e-mail: [alex-magtrans@ukr.net](mailto:alex-magtrans@ukr.net)

**Sakhno Volodymyr** – Doctor of Technical Science, Professor, Head of the Department of Automobiles, National Transport University, e-mail: [svp\\_40@ukr.net](mailto:svp_40@ukr.net)

**Polyakov Victor** – Ph.D. (Eng), Associate Professor, Professor of the Department of Automobiles, National Transport University, e-mail: [poljakov\\_2006@ukr.net](mailto:poljakov_2006@ukr.net)

**Sharai Svitlana** – Ph.D. (Eng), Associate Professor, Professor of the Department of International Transport and Customs Control, National Transport University, e-mail: [Svetasharai@gmail.com](mailto:Svetasharai@gmail.com)

**Bosenko Volodymyr** – Ph.D. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles, National Transport University, e-mail: [bosia4ok@ukr.net](mailto:bosia4ok@ukr.net)

**Palamarchuk Olekcii** – post-graduate student, graduate student of the Department of Automobiles, National Transport University, e-mail: [alex-magtrans@ukr.net](mailto:alex-magtrans@ukr.net)

УДК 629.436

Свіргун А.В., Печенюк О.В., Попов Д.О.

## ПРО АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ЕЛАСТИЧНИХ РУШІВ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

*Виконано аналіз аспектів прогресивних змін структури автомобільних шин. Оцінено інформаційні параметри щодо можливості передачі через еластичні рушії. Виокремлено можливість зниження аварійності на автодорогах шляхом використання безповітряних шин.*

**Ключові слова:** *автомобіль, шина, конструкція, параметри, безповітряний рушій, знос, руйнування.*

*The analysis of aspects of progressive changes in the structure of car tires was carried out. The information parameters regarding the possibility of transmission through elastic drivers were evaluated. The possibility of reducing accidents on highways through the use of airless tires is singled out.*

**Key words:** *car, tire, design, parameters, airless driver, wear, destruction.*

**Вступ.** Напрямок прогресу еластичних безповітряних рушіїв (БР) колісних транспортних засобів (КТЗ) та зниження аварійності на автодорогах повинні співпадати з розвитком конструкції автомобілів, опорної поверхні дороги, структури та можливостей штучних матеріалів композитних шин. Сприяють ефективності руху КТЗ і низькому рівню аварійності на автодорогах умови, коли матеріальна структура та геометрія протектора шини ураховують також стиль курування водія.

Мета дослідження – виокремлення аспектів розвитку структури та матеріалу еластичних рушіїв, які в змозі обумовити низьку аварійність руху КТЗ по автомобільних дорогах.

**Результати дослідження.** Велика автомобільна система може дозволити доцільно сформувати раціональні силові поля в контактах коліс з дорогою, гарантувати стійкість руху автомобіля, що обумовить підвищення безпеки дорожнього переміщення КТЗ в різних транспортних потоках автомобілів.

Поряд зі змінами структури та функціонування компонентів КТЗ - двигуна, трансмісії, системи управління тощо, слід приділити увагу параметрам майбутніх інтелектуальних шин (ІШ), які зможуть виконати принципово нові функції під час кочення коліс автомобіля.

Еластичне композитне інтелектуальне колесо має бути складною «лабораторією» для раціонального формування та контролю силової взаємодії автомобіля з дорогою. Еластична шина отримала нові напрями корисної дії в процесі переміщення КТЗ.

Вчені автомобільної та шинної промисловості, після аналізу функціонування колеса, що обертається, вирішили, що нескінчені за часом і вектором деформації еластичного рушія можна використати в якості інформаційного джерела і перманентного дієвого ініціатора процесів для покращення стану безпеки руху на різних автомобільних мережах планети. «Шинне» джерело інформації містить остаточні оперативні дані про стан контакту системи «колесо-дорога»: шорсткість покриття поверхні дороги та дієвість зчеплення, динаміку зміни сил, структури плями контакту при взаємодії поверхонь тощо [1, 2, 3]. Означене вище дозволить інтенсифікувати рух транспортних потоків автомобілів (ТПА) при заданій стійкості руху КТЗ та знизити рівень дорожньої аварійності.

Таким чином, частковий аналіз інструментів системи свідчить про доцільність майбутнього використання інтелектуального еластичного рушія в якості дієвого інформаційного фактору щодо функціонування інтенсивного та безпечного руху ТПА.

Інтелектуальна шина з сукупністю датчиків в змозі інформувати про експлуатаційний стан динамічної взаємодії в системі «колесо - дорога». Датчики є невід’ємними компонентами



еластичного композитного рушія. Сигнали з колеса повинні мати бездротовий зв'язок зі штучним розумом автомобіля та компонентами з регулювання безпеки руху інтелектуальної інфраструктури дороги, в тому числі з СТО, які слідкують за експлуатаційним станом “колесо - дорога” автомобіля індивідуального власника.

Інтелектуальна шина є не тільки джерелом інформації, а також компонентом КТЗ, який в змозі змінювати свою структуру для руху в інших умовах (рис. 1).



Рисунок 1 – Зовнішній вигляд шин, що змінюють структуру протектора оболонки

ШШ виготовляються з скловолокна та суміші композитного полімерного каучуку (рис. 2). При цьому забезпечується можливість використання колеса на високій швидкості руху.



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд безповітряної шини Michelin Uptis

Використовують спеціальні датчики для контролю зносу та пошкодження оболонки шини, які розміщені на внутрішній поверхні рушія і створюють хвильові сигнали. Таким чином, інформацію про знос або первинне руйнування EP вчасно отримує контролююча система. Існує низька імовірність наступних аварійних подій при русі КТЗ:

- порушення курсової стійкості переміщення автомобіля за невірною дією сил в контактні колеса з дорогою, що обумовлено нерівномірним зносом протектору (однобічним, п'ятнистим, ексцентричним тощо);

- миттєвим розвитком руйнування оболонки еластичного рушія ініційоване проколом, розрізом, пробоем тощо безповітряної шини.

**Висновок.** Аспекти розвитку еластичних рушіїв КТЗ в бік використання безповітряної шини з одночасною установкою сукупності датчиків, що сигналізують про знос та первинне руйнування оболонки еластичного рушія можуть обумовити зниження рівня аварійності на автомобільних дорогах країни.

#### Список використаних джерел

1. S. Wolfsried, B. Breuer, T. Becherer, und an., «*Intelligente Reifen – Schon bald Realität?*» ATZ, №10, s. 772-773, 1999.

2. H. B. Pacejka, «*De bestudering van net getrad van een zich over een vlakke horisontale weg*» Technische Hogeschool. Delft, pp. 32-41, 1954.

3. H. B. Pacejka, and E. Bakker, «*The magic formula tyre modell*» Prog. 1st Collog. Models for Vehicle Dynamics Analysis. Delft, pp. 1-18, 1993.

**Свіргун Андрій Володимирович** – аспірант групи 275-22а кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету.

**Печенюк Олексій Віталійович** – здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти групи 1АТ-22м кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету.

**Попов Денис Олегович** – здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти групи 1АТ-22м кафедри автомобілів та транспортного менеджменту факультету машинобудування та транспорту Вінницького національного технічного університету.

**Svirgun Andriy** – postgraduate student of group 275-22a of the Department of Automobiles and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University.

**Pechenyuk Oleksii** – master's student of group 1AT-22m of the Department of Automobile and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport of the Vinnytsia National Technical University.

**Popov Denis** – master's student of group 1AT-22m of the Department of Automobile and Transport Management, Faculty of Mechanical Engineering and Transport of the Vinnytsia National Technical University.

УДК 330.3:005.4

Седой П.В.

## АНАЛІЗ СТРАТЕГІЧНИХ ПІДХОДІВ ДО РОЗВИТКУ СИСТЕМ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

*В епоху цифрової трансформації бізнесу кожне підприємство повинне мати власну стратегію розвитку інформаційно-комунікаційної інфраструктури. Наведено аналіз можливих стратегій розвитку інформаційно-комунікаційної інфраструктури підприємства.*

**Ключові слова:** інформаційне забезпечення, інформаційно-комунікаційна інфраструктура, підприємство, розвиток, управління, стратегія.

*In the era of digital business transformation, each company should have its strategy for the development of information and communication infrastructure. The study analyzes possible strategies for the development of an enterprise's information and communication infrastructure.*

**Key words:** information support, information and communication infrastructure, enterprise, development, management, strategy.

Функціонування підприємств транспортної галузі передбачає використання в управлінні величезних масивів даних: параметри і характеристики запасних частин та матеріалів по відповідній номенклатурі, багатопланова інформація про замовників перевезень та інших партнерів, внутрішня управлінська інформація, тощо. Такі особливості обумовлюють високу актуальність автоматизації систем інформаційного забезпечення управління діяльністю автотранспортних підприємств, станцій технічного обслуговування автомобілів та інших господарських суб'єктів транспортної галузі. В ході своєї еволюції інформаційні системи пройшли від централізованих систем управління на базі мейнфреймів і розробки автоматизованих робочих місць з використанням персональних комп'ютерів до сучасних комплексних систем управління класу Enterprise Resources Planning (ERP) нового четвертого покоління [1].

Розвиток інформаційних технологій у останні десятиліття створив необхідне підґрунтя для масової трансформації бізнесу на основі його цифровізації. За оцінками Всесвітнього економічного форуму, 70% створеної в економіці протягом наступного десятиліття нової вартості, буде базуватися на бізнес-моделях цифрових платформ [2]. Таким чином, гасло «Make your business digital or it is doomed» з кожним роком стає все більш актуальним. Але, цифровізація та використання сучасних рішень по автоматизації управлінських процесів вимагає від підприємств наявності необхідної інформаційно-комунікаційної інфраструктури (ІКІ), створення та функціонування якої пов'язано з великими фінансовими витратами. Наприклад, за попередніми оцінками, до 2027 року глобальні витрати на цифрову трансформацію досягнуть 3,9 трлн. доларів США [3]. Тому, для успішного розвитку кожне підприємство повинно мати обґрунтовану ефективну та реалістичну стратегію розвитку власної ІКІ, виходячи з особливостей здійснюваної діяльності, потреб клієнтів, наявних ресурсів та інших факторів.

ІКІ підприємства включає в себе різні компоненти та складові елементи, які допомагають здійснювати обробку й обмін інформацією і забезпечувати своєчасний доступ до неї. До основних складових елементів ІКІ відносяться [4]:

комп'ютери та сервери – технічні обчислювальні системи, що використовуються для обробки та перетворення інформації, а також її зберігання та передачі;

програмне забезпечення – операційні системи, офісні пакети, спеціалізовані програми та інше;

комерційні та корпоративні мережі – спеціально організовані системи мережевого

обладнання для забезпечення підключення комп'ютерів та інших пристроїв до мережі з метою інформаційної взаємодії з іншими користувачами;

комунікаційне обладнання – спеціалізоване обладнання, яке є основою управління функціонуванням мереж та включає в себе комутатори, маршрутизатори, модеми та інші пристрої;

засоби зберігання даних – пристрої для зберігання великої кількості інформації;

засоби захисту інформації – програмне та апаратне забезпечення для захисту даних від несанкціонованого доступу, вірусів та інших загроз;

спеціалізовані ресурси та сервіси глобальної мережі Інтернет;

кадрове забезпечення – ІТ-спеціалісти, системні адміністратори, адміністратори мереж, програмісти та інші фахівці, які забезпечують функціонування ІКІ;

процедури та політики – правила та стандарти щодо використання інформації та інфраструктури, а також процедури реагування на потенційно небезпечні події;

обслуговуючі елементи інфраструктури – засоби живлення, охолодження, пристрої резервного живлення, приміщення для обладнання та інші засоби забезпечення надійності роботи систем.

З наведеного вище переліку видно, що складові елементи можна умовно поділити на два види: апаратно-технічні та інтелектуальні. Багато які з цих складових можуть не тільки утримуватись локально в організації (модель On-Premise), але й використовуватись як сервіси від сторонніх провайдерів у якості складових елементів власної ІКІ (модель Cloud). Така можливість стала реальною фактично тільки у останнє десятиліття внаслідок того, що сучасні інформаційні технології стали доступними для масового використання. Зрозуміло, що при цьому можуть відрізнитися експлуатаційні параметри та характеристики ІКІ, що впливають на загальну ефективність діяльності організації. До таких характеристик відносяться: витрати на експлуатацію чи використання, доступність, гарантований рівень безвідмовності, ризики втрати інформації, надійність захисту конфіденційної інформації, функціональні можливості, можливості масштабування та адаптації до специфічних потреб організації, рівень контролю за функціонуванням та інші. Але фактично, зараз у традиційної стратегії розвитку ІКІ за моделлю On-Premise з'явилась альтернатива у вигляді моделі Cloud. Це не означає, що кожне підприємство транспортної галузі повинно обрати нову стратегію розвитку власної ІКІ, оскільки кожна з них має свої переваги та недоліки.

До переваг традиційних локальних рішень (On-Premise) відносять:

контроль – наявність повного контролю над інфраструктурою, безпекою та конфіденційністю даних;

швидкість доступу - локальні рішення можуть забезпечувати більш швидкий доступ до даних і програм;

гнучкість – високий рівень контролю налаштувань систем і можливість призначення власних правил та процедур.

Загально визначеними недоліками даної моделі являються:

вартість – потреба у значних разових витратах на придбання обладнання, його поточне обслуговування та у подальшому оновлення за власний рахунок;

масштабованість - масштабування власних систем вимагає додаткових витрат на обладнання, програмне забезпечення та кваліфікованих працівників;

адміністрування – потреба у забезпеченні всіх аспектів адміністрування систем ІКІ та технічної підтримки їх функціонування.

До переваг хмарних технологій (Cloud) відносять [5]:

вартість – можливість зниження витрат на придбання обладнання та оплати лише за фактично використані ресурси;

масштабованість – можливість простого масштабування обсягів ресурсів як у сторону збільшення, так і зменшення, у залежності від поточних потреб;

надійність доступу до даних та сервісів - забезпечення високого рівня доступності

завдяки розподіленню серверів та створенню резервних копій даних;  
адміністрування – спрощення адміністрування внаслідок покладання даних функцій на постачальників хмарних послуг.

Недоліками являються:

- безпека – обмежений контроль безпеки даних та ризики витоку конфіденційної інформації;

- залежність – безпосередня залежність від провайдера та якості його послуг;

- безумовна потреба у доступі до мережі Інтернет.

Названі переваги та недоліки різних моделей побудови ІКІ проявляються у різній мірі в залежності від сфери діяльності організації, особливостей побудови внутрішніх бізнес-процесів, прийнятої стратегії розвитку компанії, наявних ресурсів та інших чинників. Тому для обґрунтованого вибору ефективної моделі ІКІ, з деталізацією по її складовим елементам, необхідно провести комплексний аналіз не тільки загальних переваг та недоліків існуючих моделей, але й врахувати велику кількість факторів, кожен з яких має свою вагу, унікальну для конкретної організації.

#### Список використаних джерел

1. Ліпич Л.Г., Хілуха О.А., Кушнір М.А. Еволюція розвитку інформаційних систем управління підприємством. Економічний форум, том 1, №4, 2021. С. 85-94. URL: [http://e-forum.lntu.edu.ua/index.php/ekonomichnyu\\_forum/article/view/254](http://e-forum.lntu.edu.ua/index.php/ekonomichnyu_forum/article/view/254).

2. Fraser Tennant. Shaping the future: value creation in digital infrastructure. Financier Worldwide Magazine, October 2022. URL: <https://www.financierworldwide.com/shaping-the-future-value-creation-in-digital-infrastructure>.

3. Ahmed Sherif. Digital transformation spending worldwide 2017-2027. Statista, March 13, 2024. URL: <https://www.statista.com/statistics/870924/worldwide-digital-transformation-market-size/>.

4. Yahya Al-Samawi Choosing. “Components of Information Technology Infrastructure for Business Information Systems,” International Journal of Computer and Information Technology, Vol. 05, Issue 06, Nov. 2016.

5. Андрощук О.В., Головченко О.В., Литовченко Г.Д., Петрушен М.В. “Аналіз поняття Хмарні технології: види, категорії, переваги та недоліки”, Молодий вчений №6 (94), черв. 2021, с.83-87.

**Седой Павло Владиславович** – аспірант кафедри менеджменту Національного транспортного університету

**Pavlo Siedoi** – PhD student of the Department of Management, National Transport University

УДК 629.331

Сидоренко Р.С., Боркут А.В., Колесніков В.О.

## ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ЕЛЕКТРИЧНИХ АВТОМОБІЛІВ

Зроблено стислий аналіз даних які стосуються недоліків та переваг електричних автомобілів.

**Ключові слова:** *автомобілебудування, автомобіль, автомобільний транспорт, акумулятор, електромобіль, екологія, майбутнє.*

*A brief analysis of the data on the disadvantages and advantages of electric cars is made.*

**Key words:** *automotive industry, car, road transport, battery, electric car, ecology, future.*

Зараз існує тренд на впровадження та поширення електричних автомобілів. В деяких випадках до електричних автомобілів можна віднести й ті, які працюють завдяки водню, тобто виробляють електрику.

До основних *переваг* електромобілів можна віднести:

**Екологічність.** Електромобілі не мають вихлопних газів, що зменшує забруднення повітря та викиди парникових газів.

**Енергоефективність.** Електромобілі є більш енергоефективними порівняно з традиційними транспортними засобами з двигуном внутрішнього згоряння.

**Економія коштів.** Електромобілі можуть бути дешевшими в експлуатації завдяки нижчим витратам на паливо та технічне обслуговування.

**Тиха робота.** Електромобілі працюють тихіше, ніж традиційні транспортні засоби, зменшуючи шумове забруднення.

До основних *недоліків* електромобілів можна віднести:

**Обмежений запас ходу.** Електромобілі мають обмежений запас ходу на одному заряді, що може бути проблемою для поїздок на далекі відстані.

**Термін служби та заміна акумуляторів.** Батареї в електромобілях можуть мати обмежений термін служби й потребувати заміни через кілька років, що може бути дорого коштувати

**Інфраструктура зарядки.** Доступність зарядних станцій та час, необхідний для підзарядки, може бути проблемою для власників електромобілів

**Сприйняття та ринкові виклики.** У деяких регіонах може бракувати належної підтримки та інфраструктури для електромобілів, що впливає на їхнє впровадження та проникнення на ринок.

Також можна продовжити, що стосується екологічних переваг електромобілів це:

**Нульові викиди вихлопних газів.** Електромобілі виробляють нульові викиди вихлопних газів, зменшуючи забруднення повітря та викиди парникових газів, що має вирішальне значення для покращення якості повітря та зменшення впливу на зміну клімату.

**Зменшення викидів CO<sub>2</sub>.** Електромобілі викидають менше CO<sub>2</sub> на кілометр у порівнянні з бензиновими або дизельними транспортними засобами, навіть якщо враховувати викиди від електростанцій. Таке скорочення викидів CO<sub>2</sub> сприяє покращенню якості повітря та «здоров'я» навколишнього середовища.

**Нижчі викиди NO<sub>x</sub> та SO<sub>x</sub>.** Електромобілі допомагають зменшити викиди шкідливих газів, таких як оксиди азоту та сірки, що викидаються автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння, тим самим покращуючи якість повітря та здоров'я людей

**Зменшення шумового забруднення.** Електромобілі працюють тихіше, ніж традиційні транспортні засоби, що призводить до зменшення шумового забруднення, особливо в міських районах. Ця «тихіша» робота створює більш спокійне середовище для мешканців.

**Енергоефективність та відновлювані джерела енергії.** Електромобілі сприяють енергоефективності та використанню відновлюваних джерел енергії. Заряджаючись вночі, коли вітер найбільш активний, електромобілі можуть сприяти збільшенню споживання відновлюваної енергії, тим самим зменшуючи загальний вплив на навколишнє середовище.

До найбільш відомого автомобільного електричного бренду безумовно можна віднести автомобіль марки «Tesla» (рис. 1).



Рисунок 1 – Автомобіль Tesla Model S 75D після фейсліфтингу (2016-2021) [7]

Для прикладу наведемо такі дані: у 2016 році Tesla Model S отримала оновлений дизайн, більш схожий з Model 3, з'явилися версії з батареями 75 кВт-год та 90 кВт-год, версія P85D та новий режим Ludicrous, який дозволяє розганятись до 96,5 км/год за 2,8 секунди. Model S 75 здатна забезпечити діапазон пробігу у 480 км, завдяки наявності батареї на 75 кіловат-годин та потужності 328 кінських сил. Ця нова модель постачається з заднім приводом. Версія Model S 90 пропонує мотор на 362 кінських сили та батарею на 90 кіловат-годин, які разом збільшують дальність пробігу до 557 кілометрів. Автомобілі Tesla Model S60 і S75 є єдиними задньопривідними представниками своєї родини, усі інші моделі оснащені повним приводом та системою подвійного двигуна. У серпні 2016 року компанія представила нову модифікацію Tesla Model S P100D. Запас ходу збільшився до 632 км на одному заряді, а з 0 до 100 км/год розганяється за 2,4 секунди. Згодом компанія випустила нову опцію Ludicrous+, з її допомогою розгін з 0 до 100 км/год займає всього 2,2 секунди (на другому місці у світі Bugatti Chiron 2,4 секунди).

У 2020 році Tesla Model S була оновлена. Tesla Model S 2020 року доступна в комплектаціях Long Range Plus і Performance. Запас ходу стандартної моделі становить від 215 до 245 км. Model S Long Range Plus розганяється до 100 км на годину за 3,7 секунди, Model S Performance знадобиться 2,4 секунди. Базова модель S Long Range Plus може проїхати до 240 км без підзарядки. Батареї Model S Long Range вистачає на 230 км шляху, Model S Performance — до 215 км. Зарядка від звичайної мережі протягом 1 години додає Tesla Model S 2022 року 55 км запасу ходу. Наведені вище екологічні переваги підкреслюють позитивний вплив електромобілів на скорочення викидів, покращення якості повітря та просування сталих транспортних практик.

#### Список використаних джерел

1. Alanazi, F. Electric Vehicles: Benefits, Challenges, and Potential Solutions for Widespread Adaptation. Appl. Sci. 2023, 13, 6016. <https://doi.org/10.3390/app13106016>.

2. Electric cars. Advantages and disadvantages // Z. S. Gelmanova, G. G. Zhabalova, G. A. Sivyakova, O. N. Lelikova, O. N. Onishchenko, A. A. Smailova and S. N. Kamarova // Journal of Physics: Conference Series, Volume 1015, Issue 5 Citation Z S Gelmanova et al 2018 J. Phys.: Conf. Ser. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/5/052029>
3. The environmental benefits of electric vehicles come in many forms. URL: <https://www.seai.ie/technologies/electric-vehicles/why-drive-electric/the-environment/>
4. Electric Vehicle Benefits and Considerations. URL: [https://afdc.energy.gov/fuels/electricity\\_benefits.html](https://afdc.energy.gov/fuels/electricity_benefits.html).
5. Tesla: Electric Cars, Solar & Clean Energy. URL: <https://www.tesla.com>
6. Tesla Model S. Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. URL: <https://uk.wikipedia.org>.
7. Автор: Granada - Власна робота, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=117571437>
8. 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.
9. Колеснікова Є.Б., Колесніков В.О. Технологічні тенденції та дизайн в автомобілебудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 190–203.
10. 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. ISBN 978-966-641-950-0.
11. 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. ISBN 978-966-641-950-0.
12. Верецун Андрій, Ануфрієв Владислав, Колесніков Валерій. Деякі переваги та недоліки гібридних автомобілів. 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. 388-390. ISBN 978-617-8016-78-4. <https://doi.org/10.12958/978-617-8016-78-4-2023>.
13. 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.
14. Шуліка С. О., Серіков О. Р., Колесніков В.О. (Наук. кер.) Гібридні автомобілі // Матеріали I всеукраїнської наукової інтернет-конференції студентів та молодих вчених 16 квітня 2020 рік, м. Старобільськ, Україна. С. 100 – 103.
15. Верецун 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. ISBN 978-966-641-929-6.
16. Риб'янець С. Р., Колесніков В. О. Розвиток та впровадження водневих технологій на автомобільному транспорті. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 223–226.
17. Мілютін Є. В.; Пронін О. С.; Колесніков В. О. Електрична платформа для майбутніх



електромобілів брендів Hyundai, Kia, Genesis та Ionic. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 185–189.

18. Єльбакієв Д. Г., Мілютін Є. В., Колесніков В. О. Системи мульти-зарядки для електромобілів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 88–92.

19. Балицький О.І., Колесніков В.О., Гаврилюк М.Р. Стан розвитку та впровадження водневих технологій. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 15–19.

20. Савінова В. В., Стадник О. І., Колесніков В. О. Розвиток і впровадження нанотехнологій в автомобілях. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: V-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., 13–14 квітня 2017 р.: мат. конф. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2017. С. 121 -124.

21. Стадник Л. Д., Колесніков В. О. Сонячні батареї, як допоміжне обладнання для електромобілів. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., 12–13 квітня 2018 р.: мат. конф. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2018. С. 198 -202.

**Сидоренко Ростислав Сергійович** – здобувач вищої освіти 3 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» м. Полтава, м. Лубни.

**Боркут Антон Валерійович** – здобувач вищої освіти 1 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, науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України, м. Львів.

**Sydorenko Rostyslav Serhiyovych** – 3rd year applicant for higher education of the first (bachelor's) level, specialty "Vocational Education.Transport" of the State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University" Poltava, Lubny.

**Borkut Anton Valeriiovych** – 1st 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, 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 656.1

Склярів О.В., Селевич С.Г.

## ОЦІНКА ЗАДОВОЛЕНOSTІ ОРГАНІЗАЦІЄЮ ДОРОЖНОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ МІСТА ТА ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ НАЛАШТУВАННЯ СВІТЛОФОРІВ ШЛЯХОМ ЗАЛУЧЕННЯ ВОДІЇВ ДО КАЗУАЛЬНОЇ ГРИ

*Оцінка задоволеності водіїв організацією перехрестя та режимів роботи світлофора за допомогою методу гейміфікації. Водіям пропонується визначити найбільш «проблемні» перехрестя поряд з ними, та дати змогу самому налаштувати тривалість та черговість увімкнення світлофор на реальному перехресті.*

**Ключові слова:** перехрестя, світлофор, дорожній рух, режими роботи.

*Assessing drivers' satisfaction with the organization of intersections and traffic light operation using gamification method. Drivers are offered to identify the most "problematic" intersections near them and to provide the opportunity to adjust the duration and sequence of traffic light activation at a real intersection themselves.*

**Key words:** intersections, traffic lights, traffic, modes of operation.

Проблема полягає у відсутності зворотного зв'язку від мешканців що щоденно експлуатують перехрестя налаштовані не оптимально. Таким чином мешканці не залучені до прийняття рішень з організації руху транспорту на етапах планування, інвестицій та поточної експлуатації.

Для вирішення проблеми пропонується використовувати два методи гейміфікації [1] та краудсорсингу [2] поєднання цих двох методів дозволить охопити найширший круг споживачів та зібрати найбільшу кількість даних для аналізу. Використання практик та механізмів гейміфікації дозволить залучити широкий круг споживачів які є цільовою аудиторією та забезпечити утримання уваги для одержання більшої кількості якісних даних для дослідження. У свою практики та механізми краудсорсингу дозволяють залучити велику кількість осіб з їхніми творчими та розумовими здібностями для вирішення виробничих та дослідницьких завдань.

Використовуючи метод гейміфікації та краудсорсингу, який показав високу ефективність у підвищенні залученості в різних галузях та визначаються «проблемні» перехрестя з низьким рівнем задоволеності водіїв щодо їх організації та збираються данні щодо очікуваних налаштувань безпосередньо від водіїв які експлуатують ці перехрестя щоденно.

Досліджуючи доцільність впровадження методів гейміфікації було проаналізовано ринок двома методами TopDown та BottomUp. Усереднені показники глобального ринку, що наведені у останньому стовпчику рис. 1, свідчать про наявність як реально досяжного, так і потенційного ринків. Тенденція щорічного кратного зростання коштів, витрачених користувачами мобільних додатків на придбання контенту регулярно підтверджується власниками площадок для розміщення мобільних додатків.

Наразі зібрано інформацію про 15248 перехрестя які цікавлять користувачів. Розташування точок інтересу користувачів представлено на рис. 2.

Для реалізації було створено проєкт CSLights. Це казуальна гра для iOS та Android в якій користувачам пропонується самостійно здійснити налаштування знаків пріоритету та світлофорів для найбільш завантажених перехрестя міста з реальними потоками транспорту у години пік. У випадку, якщо таке налаштування виявляється кращім за ті, що досягли інші користувачі раніше або за те, що запроваджене профільними підприємствами на відповідному реальному перехресті, то воно зберігається у базі даних. Таким чином, за декілька ітерацій, маємо рішення, що заслуговує уваги місцевої влади.

Top Down, \$	global regional local	Bottom Up, \$	global	Середнє, \$	
Населення Автомобілізація (400) Вікова група (18-49) Наявність смартфона (72%) Середня транзакція (\$1)	<b>292,464M</b> 22,116M 0,074M	Група близьких за типом ігор (casual)	<b>8,640M</b>	<b>150,6M</b>	<b>TAM</b>
Успішний досвід придбання контенту в мобільних додатках або додана платіжна карта (5%)	<b>43,870M</b> 1,106M 0,004M	Схожі продукти в сторах (8)	<b>0,720M</b>	<b>22,3M</b>	<b>SAM</b>
Один зі схожих продуктів (3,5) в сторах	<b>9748,0K</b> 245,0K 0,8K	Завантаження схожих продуктів в сторах Середня покупка (\$2) Покупців (3%)	<b>90,0K</b>	<b>4,9M</b>	<b>SOM</b>

Рисунок 1 – Оцінка ринку

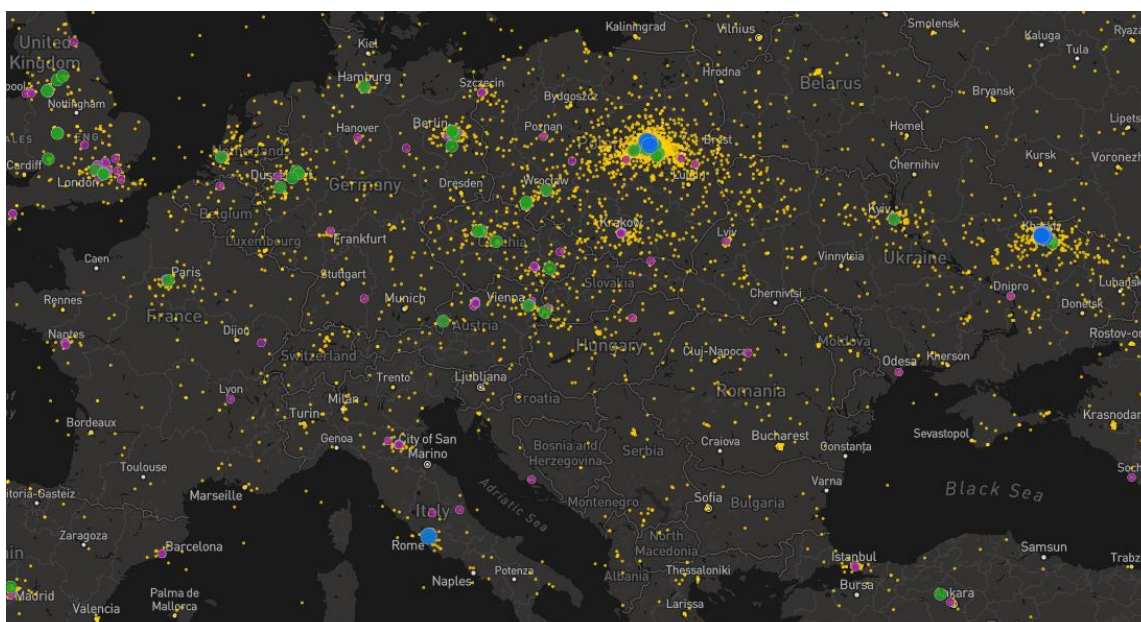


Рисунок 2 – Розташування точок інтересу користувачів



Рисунок 3 – Налаштування режимів роботи світлофора на реальному перехресті у м. Харкові біля метро Київська.

Частина перехресть вже доступна для налаштування. Користувач має можливість налаштувати знаки пріоритету, визначити фази та час роботи кожного світлофору окремо або налаштувати так звану «зелену хвилю» як показано на рис. 3. Дні про потоки автомобілів на перехресті знято за допомогою сервісу Goodvision [3], що дає змогу дати користувачам найточнішу симуляцію руху транспортних потоків на перехресті.

Таким чином зробивши аналіз ринку, запусивши MVP [4] та зібравши данні можемо зробити висновок щодо доцільності подальшої розробки, досліджень та використання технологій гейміфікації та краудсорсингу у задачах які стосуються організації дорожнього руху перехрестями та оцінки задоволеності користувачів що експлуатують транспортні системи.

#### Список використаних джерел

1. Gamification. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Gamification>.
2. Crowdsourcing. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Crowdsourcing>.
3. Goodvision. URL: <https://goodvisionlive.com/>
4. Minimum viable product. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Minimum\\_viable\\_product](https://en.wikipedia.org/wiki/Minimum_viable_product)

**Скляр Олексій Володимирович** – магістр кафедри "Автомобіле- і тракторобудування" навчально-наукового інституту механічної інженерії і транспорту Національного технічного університету «Харківського політехнічного інституту».

**Селевич Сергій Геннадійович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри "Автомобіле- і тракторобудування" навчально-наукового інституту механічної інженерії і транспорту Національного технічного університету «Харківського політехнічного інституту».

**Oleksii Skliarov** – Master of the "Automotive and Tractor Construction" Department of the Educational and Scientific Institute of Mechanical Engineering and Transport of the National Technical University of the Kharkiv Polytechnic Institute.

**Serhii Selevich** – candidate of technical sciences, associate professor of the "Automotive and tractor construction" department of the educational and scientific institute of mechanical engineering and transport of the National Technical University of the Kharkiv Polytechnic Institute.

УДК 629.331:621.331

Смирнов Є.В.

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ НА ВОДНЕВИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТАХ

*В роботі проаналізовано можливість створення гібридних автомобілів, що використовують водневі паливні елементи з можливістю заряджання акумуляторної батареї. Проаналізовано перспективи впровадження таких автомобілів для перевезення вантажів в міських та приміських умовах.*

**Ключові слова:** *електромобіль, паливний елемент, водень, акумуляторна батарея, гібридний автомобіль.*

*The paper analyzes the possibility of creating hybrid vehicles that use hydrogen fuel cells with the possibility of charging the battery. The prospects for the introduction of such vehicles for the transportation of goods in urban and suburban conditions are analyzed.*

**Key words:** *electric vehicle, fuel cell, hydrogen, battery, hybrid vehicle.*

Відповідно до світової тенденції декарбонізації та зниження використання викопних палив, в автомобільному транспорті реалізується стратегія переходу до використання електричних транспортних засобів, на заміну транспортним засобам з двигунами внутрішнього згорання. У контексті даної стратегії багато автовиробників направили свої ресурси в напрямку розробки електромобілів, що живляться від тягових акумуляторних батарей (Battery Electric Vehicle, BEV). Проте ступінь розширення парку електромобілів все ще не значний, а автовиробники останнім часом навіть спостерігають тенденції скорочення попиту. Така ситуація пов'язана з наявністю ряду обмежень для клієнтів при використанні електромобілів, а саме обмежений запас ходу, потреба в багаторазових заряджаннях під час тривалих поїздок та час, необхідний для цих заряджаннях, а також повільний розвиток громадської зарядної інфраструктури, які роблять ці транспортні засоби непривабливими для користувачів [1, 2].

З іншого боку, зазначена вище стратегія може бути реалізована шляхом використання водню в якості джерела енергії. Водень, при виробництві з використанням відновлюваних джерел електроенергії, вважається енергією з низьким вуглецевим слідом, яку можна виробляти без викидів парникових газів у навколишнє середовище. Для отримання електроенергії з водню найбільш доцільно використовувати паливні елементи (Fuel Cell, FC), які є пристроями, що використовують водень і кисень для вироблення електричного струму. Електричні транспортні засоби, які використовують дану технологію, отримали назву – електричні транспортні засоби на паливних елементах (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV). Незважаючи на суттєві переваги FCEV, основними факторами, що стримують їх розповсюдження є недостатня інфраструктура для заправки воднем, висока вартість, а також зберігання та безпека водню [3, 4].

Аналіз літературних джерел [5-9] показав, що поширенню використання водневих технологій на автомобільному транспорті може сприяти гібридизація. У той час як FCEV містять батарею малої ємності, яка допомагає жити транспортний засіб і відновлювати енергію під час рекуперативного гальмування, гібридні електричні транспортні засоби на паливних елементах мають збільшену акумуляторну батарею та можливість її підзаряджання від зовнішнього джерела енергії. Таким чином гібридизація «електрика/водень» у поєднанні з правильно підбраною стратегією керування енергією, розробленою для подолання основних експлуатаційних обмежень, може забезпечити збільшення запасу ходу, зменшення ваги та скорочення часу простою на підзарядку для акумуляторних електромобілів і мінімізувати

вплив недостатності заправної інфраструктури у випадку водневих автомобілів.

На основі вивчення літератури можна виділити дві концепції гібридних автомобілів на паливних елементах [5-7]:

1) гібридний автомобіль на паливних елементах, що підключається до електромережі (Fuel Cell Plug-in Hybrid Electric Vehicle, FC-PHEV);

2) гібридний автомобіль на паливних елементах із збільшеним запасом ходу (Fuel Cell Extended Range Electric Vehicle, FC-EREV або FC-REEV).

Концепція FC-PHEV передбачає рух транспортного засобу використовуючи електроенергію, що зберігається в акумуляторній батареї, доки вона не розрядиться, з подальшим переходом на живлення від паливних елементів. Концепція FC-REEV передбачає використання менш потужної установки водневих паливних елементів, яка використовується для підзарядки тягової акумуляторної батареї та забезпечення додаткового живлення транспортного засобу, коли потреба в потужності занадто висока.

Враховуючи сильні сторони та обмеження обох типів транспортних засобів BEV та FCEV, для комерційного використання в умовах міських та приміських вантажних перевезень перспективним рішенням є гібридний транспортний засіб типу FC-REEV [6-9]. Одна з переваг такого типу транспортного засобу полягає в тому, що для забезпечення його руху немає необхідності в великій потужності системи паливних елементів, а отже їх можна налаштувати на максимальну ефективність. При цьому тягова акумуляторна батарея повинна мати таку ємність, яка забезпечить можливість руху на невеликі відстані (до 100-150 км), а система паливних елементів буде забезпечувати швидку дозаправку і достатній запас ходу на великі відстані.

Використання транспортних засобів з водневими паливними елементами при перевезеннях на короткі відстані призводить до перевантаження самих паливних елементів, що скорочує їх очікуваний термін служби. При цьому термін служби паливних елементів в оптимальних стаціонарних умовах, може досягати 40000 годин. Крім того, типові літій-іонні батареї, що використовуються в транспортних засобах, мають термін служби до 4000 циклів глибокого розряду. Проте працездатність і інтенсивність зносу батареї залежить від глибини заряду, інтенсивності процесів заряду-розряду тощо. Тому спільна робота батареї та паливних елементів у FC-REEV в міських умовах експлуатації, може забезпечити більш оптимальні режими роботи, а отже покращити надійність та продуктивність таких транспортних засобів. В таких умовах використання паливних елементів, що працюють з максимальною ефективністю, дозволить забезпечити роботу акумуляторної батареї в більш оптимальних умовах, покращуючи запас ходу та загальний термін служби як батареї так і паливних елементів.

Транспортні засоби типу FC-REEV також мають краще співвідношення вантажо-підйомності до запасу ходу, оскільки додаткова маса для збільшення запасу ходу залежить від водневих балонів, а у BEV маса суттєво збільшується зі збільшенням запасу ходу через важчі батареї, жорсткість шасі та збільшення маси інших компонентів автомобіля. При цьому корисна щільність енергії у балонах з воднем під тиском 70 МПа є майже в чотири рази вищою, ніж еквівалент BEV [10]. Таким чином, конфігурація FC-REEV дає можливість оптимізувати всю систему для досягнення вищої ефективності в порівнянні з FCEV або BEV.

Проте впровадження у виробництво та використання транспортних засобів типу FC-REEV має ряд обмежень та недоліків, пов'язаних із практичною відсутністю таких транспортних засобів на ринку та дуже низьким розвитком, а подекуди і відсутністю заправної інфраструктури. Поточна доступність комерційних транспортних засобів обмежена виготовленими на замовлення електромобілями з подовженим запасом ходу або прототипами. Для подальшого впровадження транспортних засобів типу FC-REEV необхідна додаткова розробка прототипів транспортних засобів та оптимізація методів управління гібридною силовою установкою.

Проведений аналіз в цілому вказує на перспективність впровадження транспортних

засобів типу FC-REEV як проміжного кроку до майбутнього розвитку технології FCEV.

**Висновки.** За результатами роботи встановлено, що створення транспортних засобів типу FC-REEV, що передбачає розширення запасу ходу батареїного електромобіля за рахунок використання водневих паливних елементів є перспективним при створенні транспортних засобів, що використовуються для перевезення вантажів в міських та приміських умовах. При цьому FC-REEV успадковує більшість переваг транспортних засобів типу BEV та FCEV, долаючи обмеження запасу ходу та продуктивності автомобіля.

#### Список використаних джерел

1. Pelletier, S.; Jabali, O.; Laporte, G. Goods distribution with electric vehicles: Review and research perspectives. *Transp. Sci.* 2016, 50, 3–22.
2. Wang, M.; Thoben, K.D.; Bernardo, M.; Daudi, M. Diversity in Employment of Electric Commercial Vehicles in Urban Freight Transport: A Literature Review. *Logist. Res.* 2018, 11, 1–21.
3. Wang, J.; Wang, H.; Fan, Y. Techno-Economic Challenges of Fuel Cell Commercialization. *Engineering* 2018, 4, 352–360.
4. 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.
5. Castillo O, Álvarez R, Domingo R. Opportunities and Barriers of Hydrogen–Electric Hybrid Powertrain Vans: A Systematic Literature Review. *Processes.* 2020; 8(10):1261. <https://doi.org/10.3390/pr8101261>
6. Fernández, R.Á.; Cilleruelo, F.B.; Martínez, I.V. A new approach to battery powered electric vehicles: A hydrogen fuel-cell-based range extender system. *Int. J. Hydrog. Energy* 2016, 41, 4808–4819.
7. R. Á. Fernández, O. Pérez-Dávila. Fuel cell hybrid vehicles and their role in the decarbonisation of road transport. *Journal of Cleaner Production*, Volume 342, 2022, 130902, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130902>.
8. Walters, M.; Kuhlmann, A.; Ogrzewalla, J. Fuel cell range extender for battery electric vehicles. In *Proceedings of the International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles (ESARS)*, Aagen, Germany, 3–5 March 2015; pp. 5–10.
9. Jokela, T.; Iraklis, A.; Kim, B.; Gao, B. Combined Sizing and EMS Optimization of Fuel-Cell Hybrid Powertrains for Commercial Vehicles. In *Proceedings of the WCX SAE World Congress Experience*, Detroit, MI, USA, 9–11 April 2019; pp. 1–13.
10. Thomas, C.E. Fuel cell and battery electric vehicles compared. *Int. J. Hydrog. Energy* 2009, 34, 6005–6020.

**Смирнов Євгеній Валерійович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: zhekasmirnov@vntu.edu.ua.

**Smyrnov Yevhenii** – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: zhekasmirnov@vntu.edu.ua

УДК 629.33-027.33

Стадник О.С.

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИЛУЧЕННЯ ЕЛАСТОМЕРІВ З АВТОМОБІЛЬНИХ ПЛАСТИКІВ ТРИБОСЕПАРАЦІЮ

У роботі представлено результати трибосепарації подрібнених автомобільних пластиків на сепараторі тертя з метою вилучення еластомерів, зокрема гуми, та отримання більш чистих пластиків. За одну стадію трибосепарації вдалося збільшити чистоту пластикового концентрату з 89,8% до 97,1%. Засмічення пластиків еластомерами знижено з 8,1% до 2,2%. Отримано вилучення еластомерів до еластичної фракції 77,3%.

**Ключові слова:** еластомер, автомобільний пластик, утилізація, рециклінг, трибосепарація

*The paper presents the results of triboseparation of crushed automotive plastics on a friction separator with the aim of extracting elastomers, in particular rubber, to obtain cleaner plastics. In one stage of triboseparation, it was possible to increase the purity of the plastic concentrate from 89.8% to 97.1%. Clogging of plastics with elastomers was reduced from 8.1% to 2.2%. Recovery of elastomers up to an elastic fraction of 77.3% was obtained.*

**Key words:** elastomer, automotive plastic, utilization, recycling, triboseparation

З кожним роком зростає кількість автомобілів, які стають непридатними для експлуатації і потребують утилізації. Зараз ця цифра сягає близько 170 тисяч на рік, і, зважаючи на прискорене старіння сучасного автопарку, прогнозується, що через 10 років вона може подвоїтися [1].

Для ефективної та екологічної утилізації автомобілів що вийшли з експлуатації є необхідність використання сучасних високопродуктивних шредерних технологій. Ці технології дозволяють максимально розділити матеріали, що входять до складу автомобіля, на фракції, які потім можуть бути використані у якості сировини для виробництва інших видів продукції.

Автомобілі, що вийшли з експлуатації, є цінним джерелом вторинної сировини. Їх компонентний склад включає 67,0-72,2% сталі та чавуну, 8,0-12,0% пластиків, включаючи еластомери, такі як гума, поліуретан, 6,2-8,0% кольорових металів та інші матеріали [1]. Елементи кузова та салону автомобіля зазвичай виготовляють з PS, ABS, PP, PE та інших пластиків. Еластомери, такі як гуму, силікон і поліуретан використовують у якості ущільнень. Щоб ефективно використовувати пластики для виробництва продукції потрібно чистота їх концентратів понад 99,0%. Концентрати пластиків найчастіше є засміченими еластомерами, зокрема гумою з ущільнень. Основною проблемою, що спричиняють еластомери при виробництві пластикових виробів екструзією є забивання сіток екструдерів, оскільки гуми та силікони є більш тугоплавкими мають вищу температуру переходу у в'язко-текучий стан за пластики. Це знижує продуктивність процесу екструзії.

Гуму та інші еластомери вилучають методами електросепарації та сепарації за тертям. Методи електросепарації мають обмежені можливості, оскільки здатні вилучати лише більш жорсткі гуми, що мають високий вміст вуглецю. Сепаратори тертя мають низьку ефективність і потребують багатьох перетишень. НВФ «Продекологія» (м. Рівне) розроблено удосконалену конструкцію сепаратора тертя з робочою поверхнею у вигляді гартованого скла.

**Метою роботи** є аналіз результатів експериментальних досліджень з видалення еластомерів методом сепарації за тертям на скляній робочій поверхні, що дає можливість збільшити чистоту пластикових продуктів.

**У процесі досліджень** був використаний продукт шредерного дроблення класу крупності 0–10 мм, що включав суміш пластиків та гуми, отриманий з автомобільних деталей, зокрема елементів салону та кузова.

Сепаратор тертя, розроблений НВФ «Продекологія» (рис. 1) працює таким чином; частинки



продукту подають на нахилену до горизонталі скляну поверхню за допомогою віброживильника, та ковзають по ній донизу. Частинки еластомерів, внаслідок кращого контакту зі склом та високого коефіцієнта тертя зупиняються і починають підстрибувати, та потрапляють на дільники розміщені над робочою поверхнею. Частинки пластиків мають неправильну форму та є більш жорсткими, тому мають низький коефіцієнт тертя і ковзають по склу не підстрибуючи. Важливу роль у ефективності сепарації відіграють не тільки величина коефіцієнта тертя, а й коефіцієнта відновлення частинок еластомерів. Коефіцієнт відновлення має малі значення для дрібних частинок, тому вони вилучаються гірше. У результаті сепарації отримують жорстку та еластичну фракції, які є взаємно засміченими. Збільшити однорідність фракції дає можливість збільшення числа перецифлювань.



Рисунок 1 – Сепаратор тертя НВФ «Продекологія» [2]

Результати сепарації за тертям наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати сепарації за тертям подрібнених автомобільних пластиків

Назва продукту	Масовий вихід, %	Масова частка пластиків, %	Масова частка еластомерів, %	Масова частка інших компонентів, %
Вихідний	100,0	89,8	8,1	2,1
Еластичний	12,3	52,3	38,4	9,3
Жорсткий	87,7	97,1	2,2	0,7

За результатами дослідження з виділення еластомерів на сепараторі тертя з вихідного продукту подрібнених автомобільних пластиків, що містив 8,1% еластомерів, отримано жорстку фракцію з масовим виходом 87,7% та масовою часткою пластиків 97,1%. Тобто засмічення пластикового концентрату складає 2,9%, причому за рахунок еластомерів 2,2%. Втрати продукту з еластичною фракцією складають 12,3%. Вилучення пластику до жорсткої фракції становило 90,5%, а вилучення еластомерів до еластичної фракції – 77,3%.

Покращити отриманий результат можуть дати наступні перецифлювання жорсткої фракції чи використання інших методів. Для досягнення чистоти пластикового концентрату більше 99,0%, з урахуванням отриманого вилучення еластомерів, потрібно ще щонайменше два перецифлювання отриманого жорсткого продукту.

На фото отриманих продуктів сепарації автомобільних пластиків за тертям (рис. 2) показано типові частинки пластику та гуми, що потрапили до еластичної та жорсткої фракцій, відповідно. Типові частинки гуми що потрапляють до жорсткої фракції є більш дрібнішими, що пов'язано зі

зниженням коефіцієнта відновлення цих частинок.

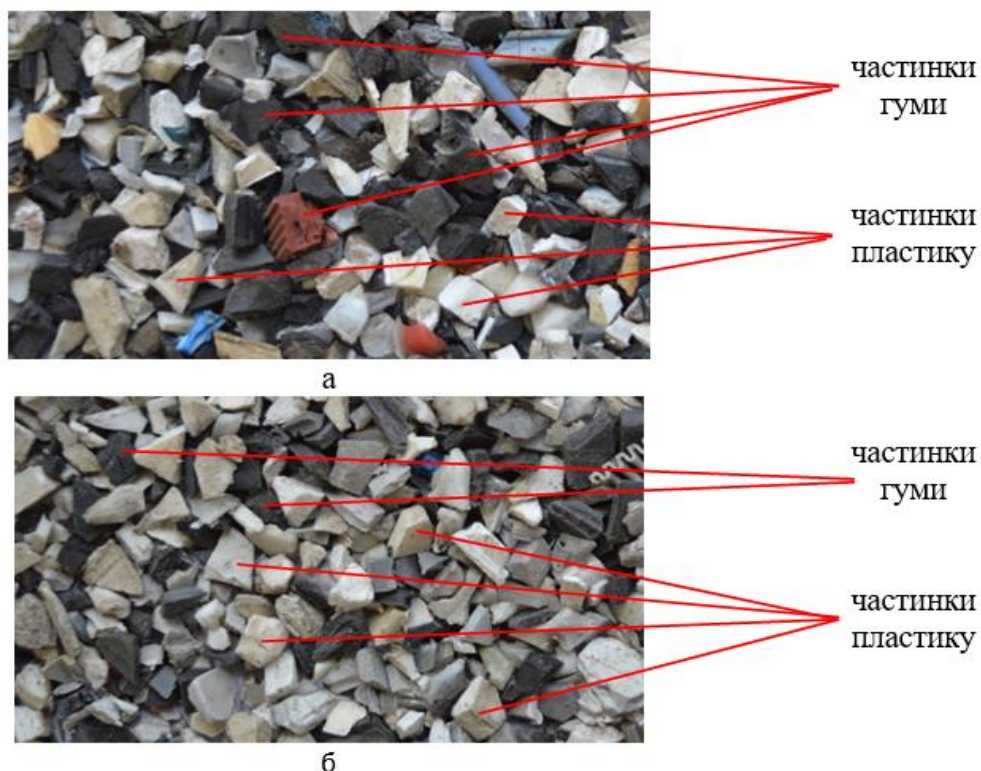


Рисунок 2 – Фото продуктів сепарації отриманих на сепараторі тертя (масштаб 1:1):  
а – еластичний продукт; б – жорсткий продукт

Отже, у роботі представлено результати трибосепарації подрібнених автомобільних пластиків на сепараторі тертя з метою вилучення еластомерів, зокрема гуми, що дають можливість отримати більш чисті пластикові концентрати. За одну стадію трибосепарації вдалося збільшити чистоту пластикового концентрату з 89,8% до 97,1%. Засмічення пластиків еластомерами знижено з 8,1% до 2,2%. Отримано вилучення пластику до жорсткої фракції 90,5%, а вилучення еластомерів до еластичної фракції 77,3%. Досягти чистоти пластикових продуктів понад 99,0% можливо за щонайменше три перочищення.

#### Список використаних джерел

1. Стадник О.С., Кнап Є.А. Аналіз методів сортування кольорових металів і сплавів у технології утилізації автомобілів. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту* : матеріали IX Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції. (Вінниця, 14-15 квітня 2021 р.). Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 252–255.

2. Науково-виробнича фірма «Продекологія» / Продукція. URL: <https://prodecolog.com.ua/produkcija/>. (дата звернення 03.11.2023)

**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](mailto: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](mailto:o.s.stadnyk@nuwm.edu.ua)

УДК 629.331

Субота В.К., Жуков В.В., Колесніков В.О.

## ДЕЯКІ ІННОВАЦІЇ НА РИНКУ ВОДНЕВИХ АВТОМОБІЛІВ

Зроблено стислий аналіз даних, які стосуються деяких інновацій для водневих автомобілів.

**Ключові слова:** автомобілебудування, автомобіль, автомобільний транспорт, водень, водневий автомобіль, водневий транспорт, Stellantis, Peugeot, Peugeot e-Expert Hydrogen.

*A brief analysis of data related to some innovations for hydrogen vehicles is made.*

**Key words:** automotive industry, car, road transport, hydrogen, hydrogen car, hydrogen transport, Stellantis, Peugeot, Peugeot e-Expert Hydrogen.

Ринок водневих автомобілів поступово продовжує поповнюватись новими гравцями.

Stellantis є найпопулярнішим виробником електромобілів у Франції, Італії та Іспанії. Розширюючи нішу «екологічно чистих» автомобілів, концерн запропонує водневі силові установки.

Stellantis найближчими місяцями поставить парк Peugeot e-Expert Hydrogen, французької компанії, європейського лідера з використання водневих автомобілів. Водневі транспортні засоби будуть доступні для професіоналів у рамках пропозиції Husetco.

Ця угода включатиме всі супутні послуги, такі як обслуговування, технічне обслуговування та ремонт, страхування, заміна транспортних засобів, оформлення документів, навчання тощо. Крім того, ці транспортні засоби будуть спеціально розроблені для перевезення пасажирів (наприклад, таксі та маршрутні маршрутки для інвалідних візків), логістики чи іншого професійного використання (як комерційні транспортні засоби). Це буде найповніший парк автомобілів з водневими двигунами, доступних для таких цілей.

Ксав'є Пежо, директор бізнес-підрозділу Stellantis Pro One, коментує: «Поставивши ще один водневий автомобіль, Stellantis Pro One ще раз демонструє, що ми підтримуємо наших професійних клієнтів у їх переході на транспорт з нульовими викидами, завдяки переконливим результатам, які ми отримали на початку 2024 року. Ми є першим виробником у світі на ринку водневих електромобілів, що охоплюють два сегменти та пропонують клієнтам інше рішення на додаток до електромобілів» [1].



Рисунок 1 – Peugeot e-Expert Hydrogen [2]

Новий PEUGEOT e-EXPERT Hydrogen стає символом стратегії Бренду «Розширені

можливості вибору», яка дає кожному покупцеві можливість вибрати з широкого спектру двигунів той, який найкраще задовольняє усі його потреби.

Peugeot e-Expert Hydrogen містить в себе нову електричну систему з водневим паливним елементом, яка є інноваційною для концерну Stellantis:

*Паливний елемент*, який виробляє електрику, необхідну для руху автомобіля, завдяки водневому баку;

*Високовольтна літій-іонна акумуляторна батарея* ємністю 10,5 кВтг, яка може заряджатись від електромережі, і яка також живить електродвигун під час певних фаз руху.

Новий Peugeot e-Expert Hydrogen пропонує наступні переваги:

- Можливість долати відстані без викидів CO<sub>2</sub>.
- Заправка воднем за 3 хвилини на відстань понад 400 км по циклу WLTP.
- Роз'єм для зарядки батареї.
- Доступні 2 варіанти довжини кузова на вибір з аналогічними характеристиками завантажувального об'єму, як у дизельної та електричної версій.
- Завантажувальний об'єм до 6.1 м<sup>3</sup>.
- Вантажопідйомність до 1100 кг.



Рисунок 2 – Платформа з паливними елементами (а). Заправлення автомобіля воднем (б) [2]

Новий PEUGEOT e-EXPERT Hydrogen пропонує яскравий дизайн, безшумний доступ до центру міста, відсутність викидів CO<sub>2</sub> і є безкомпромісним з погляду продуктивності — це додаткова пропозиція для вашої мобільності. Кожна версія PEUGEOT EXPERT незмінно відповідає очікуванням і потребам професійних клієнтів, а також сучасному суспільству, яке зацікавлено в збереженні якості життя.

Ринок сегмента компактних фургонів в Європі становить понад 750 000 автомобілів в рік. Своєю чергою, PEUGEOT Expert щорічно збільшував свою частку ринку з моменту його запуску у 2016 році.

Новий PEUGEOT e-EXPERT Hydrogen пропонує запас ходу понад 400 км WLTP з яких тільки 50 км на електроенергії.

Водень в баку живить паливний елемент, який виробляє електрику, необхідну для руху автомобіля на великі відстані, а високовольтна батарея забезпечує, крім іншого, потужність, необхідну для динамічних характеристик.

Зараз водень стає головною опорою енергетичного переходу з підтримкою ряду міжнародних проєктів. Європейський союз активно займається розвитком екосистеми своїх країн в плані автомобілів. Це стосується не тільки зарядних електростанцій, адже ЄС інвестує близько 60 мільярдів в розвиток водневої енергетики та інфраструктури.

PEUGEOT e-EXPERT Hydrogen побудований на універсальній модульній платформі EMP2, яка передбачає використання різних видів силових агрегатів, отримав 100% електричний привід, основою якого є електромотор з максимальною потужністю 100 кВт і крутний момент 260 та поєднує в собі два джерела електроенергії:

Водневий паливний елемент, розташований в моторному відсіку автомобіля, подає електрику в електродвигун шляхом рекомбінації водню, що міститься в баку, з киснем з повітря. З вихлопної труби виділяється тільки водяна пара.

Електродвигун з максимальною потужністю 100 кВт і максимальним обертовим моментом 260 Нм, розташований на передній осі, аналогічний силовому агрегату PEUGEOT e-EXPERT (акумуляторно-електрична модель). Високовольтна літій-іонна батарея, розташована під сидіннями кабінки, ємністю 10,5 кВтг і потужністю 90 кВт. Трифазний бортовий зарядний пристрій потужністю 11 кВт, розташований в моторному відсіку. Система резервуарів, що складається з 3 резервуарів для зберігання водню, розташованих під підлогою, загальною ємністю 4,4 кг при тиску 700 бар.

Маючи 2 джерела живлення електромотора, новинка пропонує різні етапи роботи і підключення системи водневого паливного елемента:

*На старті та на низькій швидкості:* тільки високовольтна батарея забезпечує електродвигун потужністю, необхідною для тяги,

*На постійній швидкості:* паливний елемент подає енергію безпосередньо на електродвигун,

*Під час прискорення, обгону або підйому:* паливний елемент і високовольтна батарея об'єднуються для подачі енергії на електродвигун,

*Під час гальмування та уповільнення* електродвигун заряджає високовольтну батарею.

З огляду на безшумний рух PEUGEOT e-EXPERT Hydrogen, інженери подбали про безпеку пішоходів у місті — на швидкості до 30 км/год включається звуковий сигнал, який вказує на наближення автомобіля

Бренд PEUGEOT впевнений в якості свого продукту, тому дає гарантію на високовольтну батарею 8 років або 160000 км, зі збереженням ємності не менше 70%.

Отже, на ринку водневих автомобілів з'являється новий потужний гравець у вигляді PEUGEOT e-EXPERT Hydrogen.

### Список використаних джерел

1. Євген Гудушан. Stellantis виводить на ринок водневі автомобілі. URL: [https://auto.24tv.ua/stellantis\\_vyvodyt\\_na\\_rynok\\_vodnevi\\_avtomobili\\_n52654](https://auto.24tv.ua/stellantis_vyvodyt_na_rynok_vodnevi_avtomobili_n52654)
2. Новий Peugeot e-expert Hydrogen. перший серійний водневий автомобіль бренду Peugeot. URL: <https://www.peugeot.ua/brand/peugeot-world/news/auto-news/e-expert-hydrogen.html>.
3. Гібридні та електричні транспортні засоби. Підрозділ: «Водневий транспорт та водневі технології»: конспект лекцій з дисципліни «Гібридні та електричні транспортні засоби»/ В. О. Колесніков; Держ. закл. «Луган. нац. ун-т імені Тараса Шевченка». Полтава: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. 118 с.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.

8. 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.

9. 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. ISBN 978-966-641-929-6.

10. 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. ISBN 978-966-641-950-0.

11. Балицький О.І., Колесніков В.О., Гаврилюк М.Р. Стан розвитку та впровадження водневих технологій. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практ. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 15–19.

12. 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.

**Субота Вадим Костянтинович** – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка» м. Полтава, м. Лубни.

**Жуков Владислав Володимирович** – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» 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, науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України, м. Львів.

**Subota Vadym Konstantinovich** – 4rd year applicant for higher education of the first (bachelor's) level, specialty "Vocational Education. Transport" of the State Institution "Luhansk Taras Shevchenko National University", the city of Poltava, Lubny.

**Zhukov Vladyslav Volodymyrovych** – 4rd year applicant for higher education of the first (bachelor's) level, specialty "Vocational Education. Transport" 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, 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 629.331

Субота В.К., Колесніков В.О.

## БРОНЬОВАНІ АВТОМОБІЛІ

*Зроблено стислий аналіз даних, що стосуються спеціалізованих автомобілів, які відносяться до броньованих. Як приклад наведено фото санітарного броньованого автомобіля виготовленого на базі Toyota LC79.*

**Ключові слова:** *автомобілебудування, автомобіль, автомобільний транспорт, спеціалізовані автомобілі, спеціальні автомобілі, автомобілі спеціального призначення, транспортний засіб, броньовані автомобілі.*

*A brief analysis of the data related to specialized armored vehicles is made. As an example, a photo of an armored ambulance made on the basis of Toyota LC79 is shown.*

**Key words:** *automotive industry, car, motor vehicles, specialized vehicles, special vehicles, special purpose vehicles, vehicle, armored vehicles.*

Броньовані автомобілі – це транспортні засоби, які оснащені спеціальними захисними конструкціями для забезпечення безпеки пасажирів від різних загроз, таких як напади, вибухи, кульові поранення тощо. Ці автомобілі зазвичай використовуються для транспортування важливих осіб, таких як політики, бізнесмени, членів королівських родин, а також для захисту військових і правоохоронних органів.

Основні характеристики броньованих автомобілів включають:

**Бронювання кузова.** Це може бути виконано за допомогою різних матеріалів, таких як бронекераміка, бронесталь або бронекompозити. Ці матеріали здатні витримувати вогнепальні постріли та навіть певні вибухи.

**Захищені вікна.** Вікна броньованих автомобілів зазвичай виготовляються з міцного скла, яке може витримувати постріли та удари.

**Системи безпеки.** Додаткові заходи безпеки, такі як системи пожежогасіння та системи захисту від вибухів, часто встановлюються для максимізації безпеки пасажирів.

**Підвищена маса.** Через додаткове обладнання броньовані автомобілі важчі за звичайні автомобілі того ж класу, що може впливати на їхню маневровість і швидкість.

**Системи комунікацій.** Броньовані автомобілі зазвичай оснащені спеціальними системами комунікацій для зв'язку з іншими автомобілями або центральними командними пунктами.

На вітчизняному ринку відома компанія «РЕФОРМ» яка проектує та виготовляє броньовані легкові, комерційні та вантажні спецавтомобілі для різних потреб. Бронювання автомобілів виконується в суворій відповідності до вимог (стандартів, інструкцій та нормативної документації), які пред'являють державні установи та імпортери та виробники базових шасі. Виготовлені броньовані автомобілі відповідають чинним технічним вимогам України, ТУ, ДСТУ, та сертифіковані в органах сертифікації, які акредитовані на відповідні види діяльності. Підприємством налагоджений процес конвеєрного виробництва броньованих автомобілів на базі марок: Mercedes-Benz, Citroen, Opel, Renault, Fiat, Ford, Peugeot, Volkswagen, що гарантує найвищу якість та оперативні терміни виробництва. За час своєї роботи виготовлено тисячі броньованих автомобілів, які отримали високу оцінку від представників різноманітних компаній України, ближнього та далекого закордоння.

У виробництві броньованих автомобілів застосовуються сучасні матеріали броне-захисту, такі як бронесталь Swedor Armor Protection (Swedor Stal AB, Швеція) та балістичне скло, що мають найкраще співвідношення за масою, міцністю й класом захисту. Наявність у компанії «РЕФОРМ» сертифікатів якості виробництва, виданих найбільшими заводами-

автовиробниками, забезпечує клієнтам збереження гарантійних зобов'язань на переобладнані автомобілі у повному обсязі.

Одним з найважливіших процесів при виготовленні броньованих автомобілів є зварювання та його технологія. Вибираючи бронювання компанії «РЕФОРМ», Ви обираєте якість робіт сертифікованих спеціалістів, які пройшли навчання у Міжнародному науково-дослідному інституті електрозварювання імені Є. О. Патона при Національній академії наук України.

Броньовані автомобілі в Україні мають широкий спектр використання. Їх можна залучати, як для перевезення важливих посадових осіб, військовослужбовців, патрульних, спецпризначенців, так і для інкасації цінностей тощо.

На рис. 1 наведено приклад броньованого автомобіля виготовленого на базі Toyota LC79.



Рисунок 1 – Санітарний броньований автомобіль на базі Toyota LC79 [4]

Компанія «РЕФОРМ» виробляє броньовані та панцеровані автомобілі наступного призначення:

- інкасаторські броньовані автомобілі (автомобілі для інкасації та перевезення цінностей);
- броньовані автомобілі для транспортування людей та екіпажу (мікроавтобуси, мінівени);
- броньовані вантажні автомобілі;
- броньовані корпуси та кунги;
- елітний броньований транспорт високого рівня прохідності (кросвери, позашляховики, джипи);
- броньовані автомобілі представницького класу для VIP-персон;
- транспорт спеціального призначення (патрульні, перевезення спецвантажів тощо);
- модернізація та підвищення класу захисту броньованої та панцерованої техніки.

Також можливо здійснювати модернізацію та підвищення класу захисту броньованої та панцерованої техніки.

Розробка броньованої конструкції для автомобілів може передбачати реалізацію необхідного додаткового захисту, наприклад:



Посилення каркаса кузова базового автомобіля;  
Перекрыття стиків між броньованими елементами;  
Броньований захист салону або кузова із застосуванням високолегованої сталі від шведського виробника Swedbor Armor;  
Посилення петель і опори дверей;  
Обробку броньованих компонентів антикорозійними засобами;  
Систему протипожежного захисту;  
Тонування броньованого скління за потреби;  
Протиуламковий захист днища;  
Додатковий захист моторного відсіку;  
Куленепробивне дверне і лобове скло з протиуламковим внутрішнім покриттям.

Броньовані автомобілі, залежно від свого призначення, можуть бути укомплектовані спеціальним оснащенням. Компанія «РЕФОРМ» дає можливість своїм клієнтам контролювати етапи та якість виконуваних робіт і використовуваних в проєкт матеріалів.

Отже, броньовані автомобілі виготовляються на замовлення і піддаються спеціальному тестуванню та сертифікації, щоб забезпечити їхню ефективність відповідно до встановлених стандартів безпеки. Вони використовуються у ситуаціях, коли забезпечення особистої безпеки є надзвичайно важливою.

#### Список використаних джерел

1. Кашканов А.А., Ребедайло В.М. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту: конструкція. Навчальний посібник. - Вінниця: ВДТУ, 2002. - 164 с.
2. Форнальчик Є. Ю., Оліскевич М. С., Мاستикаш О. Л., Пельо Р. А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: Навчальний посібник / За загальною ред. Є. Ю. Форнальчика. Львів: Афіша, 2004 – 492 с.
3. Спеціалізований рухомий склад. Конспект лекцій для студентів спеціальності 6.070101 «Транспортні технології» денної форми навчання / Уклад. Дзюра В.О., Цьонь О.П., Ю.Я. Вовк – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 140 с.
4. Компанія Reform. URL: <https://www.reform.ua>.
5. Як роблять броньовані автомобілі в Україні? РЕФОРМ. Комерційні та спеціалізовані авто. URL: <https://youtu.be/7rZD47G6L2I>.
6. Зимовий тест драйв броньованого пікапу Peugeot Landtrek. URL: <https://youtu.be/zrWqFtdRVv4>
7. Тест драйв броньованого пікапу Peugeot Landtrek. URL: <https://youtu.be/V7KNQQ0mX9A>.
8. Броньований інкасатор CITROEN JUMPY. URL: <https://youtu.be/iUimyy4XrkY>.
9. 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.
10. Колеснікова Є.Б., Колесніков В.О. Технологічні тенденції та дизайн в автомобілебудуванні. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: VIII-ма міжн. науково-практ. конф., 14–15 квітня 2020 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2020. С. 190–203.
11. 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. ISBN 978-966-641-950-0.
12. 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.
13. 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. ISBN 978-966-641-929-6.
14. Єльбакієв Д. Г., Мілютін Є. В., Колесніков В. О. Системи мульти-зарядки для електромобілів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-практичн. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 88–92.
15. Балицький О.І., Колесніков В.О., Гаврилюк М.Р. Стан розвитку та впровадження водневих технологій. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: IX-та міжн. науково-прак. конф., 14–15 квітня 2021 р.: матеріали. Вінниця: ВНТУ, 2021. С. 15–19.
16. Стадник Л. Д., Колесніков В. О. Сонячні батареї, як допоміжне обладнання для електромобілів. Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: VI-а Міжнар. наук.-техн. інтернет-конф., 12–13 квітня 2018 р.: мат. конф. Вінниця: Вінницький національний технічний університет, 2018. С. 198 -202.
17. Татарінов В.Р., Бердус А.Ю., Кравцов О.В., Колесніков В.О. Сучасні матеріали для автомобілебудування // Матеріали регіональної наук.-практичної конференції професійна освіта на луганщині: теорія та практика 15–17 квітня 2014 року м. Луганськ. - С. 218-223.
18. 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.
19. 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.
20. Сирота В. І., Сахно В. П. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту. Арістей, 2009. 288 с.
21. Felipe Barbosa dos Santos, Marcos dos Santos, Choice of armored vehicles on wheels for the Brazilian Marine Corps using PrOPPAGA, Procedia Computer Science, Volume 199, 2022, Pages 301-308. ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.037>.

**Субота Вадим Костянтинович** – здобувач вищої освіти 4 курсу першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Професійна освіта. Транспорт» 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, науковий співробітник відділу міцності матеріалів і конструкцій у водневовмісних середовищах Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка Національної академії наук України, м. Львів.

**Subota Vadym Konstantinovich** – 4rd year applicant for higher education of the first (bachelor's) level, specialty "Vocational Education. Transport" 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, 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 691.175

Татуревич К.М., Терещенко О.П., Мороз Л.В.

## ВАЖЛИВІСТЬ ВІЙСЬКОВОЇ КОЛІСНОЇ ТЕХНІКИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Військова колісна техніка спеціального призначення - це широкий спектр транспортних засобів, які спеціально розроблені для виконання певних бойових завдань на полі бою.*

*Представлено основні переваги використання військової колісної техніки спеціального призначення, її особливу роль в сучасних війнах та нові технології і можливості.*

**Ключові слова:** військова колісна техніка, спеціальне призначення, мобільність, захист, логістика, операції, бойові дії, сучасні війни, Україна, моторизація.

*Special-purpose wheeled military vehicles are a wide range of vehicles specifically designed to perform specific combat tasks on the battlefield.*

*The main advantages of using special-purpose wheeled military vehicles, their special role in modern wars, and new technologies and capabilities of special-purpose wheeled military vehicles are presented.*

**Keywords:** wheeled military vehicles, special purpose, mobility, protection, logistics, operations, combat operations, modern wars, Ukraine, motorization.

В сучасному світі, де характер бойових дій постійно змінюється, військова колісна техніка спеціального призначення відіграє вирішальну роль у забезпеченні мобільності, захисту та логістичних можливостей для збройних сил. Ця техніка, розроблена для виконання специфічних завдань, стає необхідним інструментом для успішного ведення бойових дій на полі бою.

Переваги використання військової колісної техніки спеціального призначення:

- Мобільність: колісна техніка може швидко пересуватися по різноманітній місцевості, включаючи асфальтовані дороги, ґрунтові шляхи, пересічену місцевість та навіть деякі водні перешкоди. Це дозволяє їй швидко розгортатися на полі бою, евакуюватися з небезпечних зон та реагувати на мінливу ситуацію.
- Захист: броньована колісна техніка, така як БТР, БМП та MRAP, забезпечує екіпажу та десанту надійний захист від ворожого вогню, мін та вибухів. Це робить її незамінною для виконання завдань у зонах з високим рівнем загрози.
- Логістика: колісні вантажівки, тягачі та цистерни є основою військової логістики. Вони використовуються для транспортування особового складу, боєприпасів, продовольства, палива, медичного обладнання та інших матеріалів, необхідних для забезпечення бойових дій.

Сучасні війни часто ведуться в густонаселених районах з розвиненою інфраструктурою, де використання гусеничної техніки може бути обмеженим.

Переваги колісної техніки в таких умовах:

- Мобільність: колісна техніка може швидко пересуватися по дорогах та вулицях, що дає їй можливість швидко розгортатися на полі бою та реагувати на мінливу ситуацію.
- Захист: броньована колісна техніка може забезпечувати екіпажу та десанту захист від ворожого вогню, мін та вибухів.
- Точність: колісна техніка, як правило, має меншу віддачу, ніж гусенична, що робить її більш точною при веденні вогню.
- Цивільне використання: після закінчення бойових дій колісна техніка може використовуватися для цивільних цілей, що робить її більш економічно вигідною.

Військова колісна техніка спеціального призначення постійно вдосконалюється завдяки новим технологіям. Наприклад, все більшого поширення набувають:

- Безпілотні наземні транспортні засоби (БНТЗ): БНТЗ можуть використовуватися для виконання небезпечних або складних завдань, таких як розвідка, розмінування та евакуація поранених.

- Штучний інтелект (ШІ): ШІ може використовуватися для автоматизації деяких функцій колісної техніки, таких як водіння, наведення зброї та розпізнавання цілей.

- Гібридні силові установки: можуть поєднувати в собі роботу двигуна внутрішнього згоряння та електродвигуна, що робить колісну техніку більш економною та екологічно чистою.

Війна в Україні наочно продемонструвала важливість військової колісної техніки спеціального призначення. Українські війська успішно використовують цю техніку для захисту своєї країни від російського вторгнення, наприклад:

- Бронеавтомобілі, такі як "Носоріг" та "Козак", використовуються для патрулювання, розвідки та вогневої підтримки.

- Вантажівки використовуються для транспортування особового складу, боєприпасів, продовольства, палива та інших матеріалів.

- Евакуаційні машини використовуються для евакуації поранених з поля бою.

- Медичні машини використовуються для надання медичної допомоги пораненим на полі бою та в польових госпіталях.

- Інженерні машини використовуються для будівництва фортифікаційних споруд, мостів, доріг та інших інженерних об'єктів.

Отже, можна зробити висновок, що військова колісна техніка спеціального призначення є необхідним інструментом для успішного ведення бойових дій в сучасному світі. Її мобільність, захист, логістичні можливості та нові технології роблять її вирішальним фактором на полі бою.

#### Список використаних джерел

1. Інтернет джерело: Державний сайт України; Офіційний веб-сайт «Міністерство оборони України» 2024р.; Посилання на джерело: <https://www.mil.gov.ua>

2. Інтернет джерело: Jane's Information Group (Інформаційна група Джейна) - британське видавництво, Лондон, 2008 р. - 2024р.

3. Інтернет джерело: Міжнародний інститут стратегічних досліджень (IISS); Посилання на джерело: <https://www.iiss.org>

4. "Бронетехніка світу. 1946-2020" (2020) - М. Князєв, О. Шляпочников, Ю. Федоренко

5. "Колісні бойові машини України. 1991-2022" (2022). - М. Князєв, О. Шляпочников

6. "Війна в Україні. Техніка та озброєння" (2023) - колектив авторів

7. "Сучасна військова техніка світу" (2023) - колектив авторів

**Татуревич Катерина Миколаївна** – студент, Вінницький національний технічний університет

**Терещенко Олександр Петрович** – к.т.н., доцент кафедри військової підготовки, Вінницький національний технічний університет.

**Мороз Лариса Василівна** – ст. викладач, кафедра військової підготовки, Вінницький національний технічний університет.

**Taturevych Kateryna** – student, Vinnytsia National Technical University.

**Tereschenko Oleksandr** – Ph.D., Associate Professor of military training, Vinnytsia National Technical University.

**Moroz Larysa** – senior Lecturer, Department of Military Training, Vinnytsia National Technical University.

УДК 621.436

Терещенко О.П., Сафтюк Я.В.

## АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН КОЛІСНИХ ВОЄННИХ МАШИН СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Колісні воєнні машини спеціального призначення – це автомобільні машини, конструктивно поєднані із окремим обладнанням для виконання найбільш трудомістких, робіт.*

*Наведено аналіз факторів, що впливають на надійність виробів озброєння і військової техніки протягом усього їхнього життєвого циклу.*

***Ключові слова:** колісні воєнні машини спеціального призначення, рівень надійності, технічне обслуговування і ремонт.*

*Special-purpose wheeled military vehicles are automobiles structurally combined with separate equipment for the most time-consuming work.*

*An analysis of factors affecting the reliability of weapons and military equipment throughout their entire life cycle is given.*

***Key words:** special purpose wheeled military vehicles, level of reliability, maintenance and repair.*

Колісні воєнні машини спеціального призначення (КВМСП) – це автомобільні машини, конструктивно поєднані (вбудовані, змонтовані) із окремим обладнанням, а також навісне чи причіпне інженерне обладнання, призначене для виконання найбільш трудомістких, людино-машинозатратних робіт, складних завдань інженерного забезпечення дій військ (сил).

Вони призначені для вирішення завдань інженерного забезпечення бою, а саме: інженерної розвідки; фортифікаційного обладнання районів (позицій) військ (сил); улаштування і утримання інженерних загороджень та здійснення руйнувань; підготовки та утримання шляхів руху військ (сил); подолання загороджень і руйнувань та улаштування переходів через перешкоди; улаштування і утримання переправ; експлуатацію і технічне прикриття військово-автомобільних доріг; розмінування місцевості і об'єктів; маскуванню військ (сил) та об'єктів; електропостачання військ (сил) та об'єктів; добування та очищення води та обладнання пунктів водопостачання; технічного супроводу виконання інженерних завдань, широко використовуються КВМСП.

Під час виконання завдань КВМСП використовуються, як правило, комплексно, у складі підрозділів, при цьому кожна машина працює згідно з її цільовим призначенням і технічними характеристиками.

Характерною особливістю КВМСП є різноманітність робочого обладнання та базових шасі. Тому з огляду на організацію технічного обслуговування і ремонту КВМСП їх слід розглядати як складні технічні системи, підсистеми яких відрізняються функціональним призначенням та природою зародження і виникнення відмов [1].

Відповідно до державного стандарту [2] визначені класифікація, номенклатура і характеристики зовнішніх діючих факторів, що впливають на надійність виробів озброєння і військової техніки протягом усього їхнього життєвого циклу.

Аналіз проведених досліджень в галузі збереженості КВМСП [7-10] показує, що суттєвий вплив на їх надійність здійснюють кліматичні та біологічні фактори, зокрема:

а) кліматичні фактори: температура повітря; відносна вологість повітря; опади (дощ, сніг, іній); сонячна радіація, пил, пісок; забруднення повітря корозійно-активними сполуками; атмосферний тиск повітря, вітер;

б) біологічні фактори: бактерії; гриби цвілеві та дерево-руйнівні; біологічні обростання;

комахи, хробаки, птахи, гризуни.

Сукупність впливу кліматичних і біологічних факторів на стан КВМСП з часом призводить до:

- корозії і старіння металевих складових частин виробу;
- старіння та руйнування неметалевих складових частин виробу;
- біологічних ушкоджень як металевих, так і неметалевих складових об'єкта.

Усе це, у свою чергу, призводить до зниження рівня надійності КВМСП під час використання за призначенням, появи відмов. Інтенсивність впливу цих факторів залежить від кліматичних умов, які притаманні тому чи іншому фізико-географічному району країни.

Варто зазначити, що технічний стан КВМСП у процесі експлуатації, у першу чергу, залежить від збереженості його складових частин. Дослідження [3] показали, що істотним змінам у процесі зберігання озброєння і військової техніки підлягають технічні характеристики таких складових частин, як:

- гумотехнічних виробів;
- електрообладнання;
- радіоелектронної апаратури;
- комплектувальних виробів, що контактують з паливно-мастильними матеріалами і спеціальними рідинами.

Для досягнення необхідного рівня технічного обслуговування і ремонту КВМСП треба враховувати те, що її стан характеризується з одного боку внутрішнім станом виробу, а з іншого - впливом зовнішнього середовища [4].

Якщо внутрішній стан КВМСП залежить від ступеня досконалості, який закладений на етапі розробки та виробництва, то їх технічне обслуговування і ремонт на етапі експлуатації залежить від наявності запасних частин та системи технічного обслуговування і ремонту силами екіпажів та ремонтних підрозділів, а також інших заходів, спрямованих на підтримання КВМСП в справному стані.

Таким чином, технічне обслуговування і ремонт КВМСП багато в чому залежить від своєчасної заміни складових частин під час їх експлуатації. Ці обставини необхідно враховувати при науковому обґрунтованні номенклатури запасних частин та комплексу робіт з відновлення КВМСП під час експлуатації.

#### Список використаних джерел

1. Організація експлуатації озброєння та військової техніки. – К.: НАОУ, 1998. – 615 с.
2. Види технічного обслуговування. Заміна комплектувальних виробів. Загальні положення: ДСТУ В 3577-97. – К.: Держстандарт України, 1997.
3. Експлуатація та ремонт військової техніки. Терміни та визначення: ДСТУ В 3676-97. – Київ, 1998. – 59 с.
4. Експлуатація та ремонт військової техніки. Терміни та визначення: ДСТУ В 3576-97. – К.: Держстандарт України, 1997. – 64 с.

**Терещенко Олександр Петрович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри військової підготовки Вінницького національного технічного університету

**Сафтюк Ярослав Владиславович** – слухач Вінницького національного технічного університету

**Tereschenko Oleksandr** – Ph.D., Associate Professor of military training, Vinnytsia National Technical University

**Saftuk Jaroslav** – listener, Vinnytsia National Technical University

УДК 629.3.017

Тесля В.О., Гупка А.Б., Гаврилишин В.В.

## РОЗВИТОК АВТОНОМНИХ АВТОМОБІЛІВ, ЇХ ПЕРСПЕКТИВИ ТА НЕДОЛІКИ

*Розвиток автономних автомобілів має багато перспектив, таких як збільшення безпеки дорожнього руху, підвищення ефективності транспорту, покращення доступності та відкриття нових можливостей для бізнесу.*

*Однак існують також недоліки, такі як висока вартість, етичні питання, втрата робочих місць, кібербезпека та необхідність змін в інфраструктурі.*

**Ключові слова:** автономний автомобіль, збільшення безпеки, автопілот, системи навігації.

*The development of autonomous cars has many prospects, such as increasing road safety, improving transport efficiency, improving accessibility and opening up new business opportunities.*

*However, there are also disadvantages such as high cost, ethical issues, job losses, cyber security and the need for infrastructure changes.*

**Key words:** autonomous car, increased safety, autopilot, navigation systems.

Автономний автомобіль – це транспортний засіб, який використовує поєднання датчиків, камер, радарів та штучного інтелекту для подорожі між пунктами призначення без оператора людини [1]. Щоб кваліфікуватись як повністю автономний, транспортний засіб повинен бути здатним без втручання людини проїхати на заздалегідь визначене місце призначення по дорогам, які не були пристосовані для його використання [2].

Впровадження безпілотних автомобілів дозволить ефективно вирішувати завдання підвищення безпеки автомобілів, зниження числа заторів на дорогах, ДТП [3], травм і смертей, зниження витрати палива, викиду шкідливих речовин, парникових газів в атмосферу і підвищення безпеки рівня комфорту для пасажирів [4-6]. Безпілотний автомобіль є перспективним проектом для цивільного і військового призначення. Незважаючи, на велику кількість переваг безпілотний автомобіль має достатню кількість недоліків: недостатня надійність програмного забезпечення; відсутність досвіду водіння у водіїв в критичній ситуації; втрата робочих місць людьми, чия робота пов'язана з водінням транспортних засобів; злому і несанкціонованого доступу до управління безпілотних автомобілів.

Випробування автономних автомобілів - це критичний етап у їх розвитку та впровадженні на дороги. Основною метою випробувань автономних автомобілів є переконання в їх здатності безпечного та надійного функціонування на дорогах у різних умовах. Види випробувань автономних автомобілів:

1. Випробування в лабораторних умовах (спочатку автономні автомобілі піддаються випробуванням у симуляторах, де розробники можуть моделювати різні дорожні та погодні умови та сценарії безпеки);

2. Випробування на закритих дорожніх ділянках (тестові автономні автомобілі рухаються на спеціально обладнаних дорожніх ділянках, де ризики для інших учасників дорожнього руху мінімізовані);

3. Випробування на відкритих дорогах (найбільш критичний етап, де автономні автомобілі тестуються на звичайних дорогах з реальними умовами).

Автономні автомобілі можна поділити на п'ять рівнів автономності:

**Нульовий рівень – відсутність автоматизації.** На нульовому рівні водій особисто виконує всі операційні завдання, такі як рульове управління, гальмування, прискорення або уповільнення руху.

**Перший рівень – допомога водію.** На цьому рівні автомобіль може допомогти водієві з

деякими функціями, але прискорення, гальмування та моніторинг ситуації навколо автівки залишаються за водієм. Тобто водієві треба слідкувати, коли попереду хтось вмикає гальма, коли він занадто близько наблизився до іншого автомобіля тощо.

**Другий рівень – часткова автоматизація.** Більшість автовиробників наразі розробляють транспортні засоби саме з таким рівнем автономності. Такі автомобілі можуть допомогти в управлінні або прискоренні та дозволити водієві відключитися від деяких своїх завдань. Проте водій завжди повинен бути готовим взяти під контроль транспортний засіб, і саме водій відповідає за більшість важливих для безпеки функцій.

**Третій рівень – умовна автоматизація.** Між другим та третім рівнями спостерігається досить значний стрибок. Починаючи з третього рівня й вище автомобілі самостійно слідкують за ситуацією на дорозі за допомогою так званих радарів. Увага водія все ще залишається важливою, але він спокійно може відключитися від “критичних для безпеки” функцій, таких як гальмування. Багато сучасних автомобілів з третім рівнем автономності не потребують уваги водія до дороги зі швидкістю менше 60 км на годину.

**Четвертий рівень – висока автоматизація.** На цьому рівні транспортний засіб здатний керувати, гальмувати, прискорювати, контролювати проїзну частину, а також реагувати на події, визначати, коли потрібно міняти смуги руху, повертати та використовувати сигнали. На четвертому рівні автономна система водіння спочатку сповіщатиме водія про безпечні умови, і лише після цього водій переключує транспортний засіб у цей режим.

**П'ятий рівень – повна автоматизація.** Останній рівень, який потребує найменшої реакції водія. Тут немає потреби в педалях, гальмах чи кермі, оскільки автономна система транспортного засобу контролює всі найважливіші завдання, веде моніторинг навколишнього середовища та виявлення унікальних умов водіння, таких як пробки. Водії лише повинні вказати місце призначення, а все інше зробить автомобіль.

Під час випробувань автономних автомобілів не вдалося уникнути невдалих ситуацій та інцидентів, які вимагають аналізу та виправлення.

– Найвідомішою невдачею була смертельна аварія, в якій автономний автомобіль Uber, який проходив випробування в Темпі, Арізона, збив пішохода. Цей випадок викликав значну громадську та правову реакцію щодо безпеки автономних автомобілів.

– В 1994 році компанія Мерседес разом з Мюнхенським університетом на базі седана S-класу E500 проводила розробку автономного автомобіля “VaMP”. Машина під час тесту проїхала більше 1000 км. Але через помилки в програмному забезпеченні і недосконалості сенсорів, автомобіль без аварійних ситуацій зміг проїхати лише 158 км.

– Аварія Tesla Model S з використанням системи Autopilot: в 2016 році водій Tesla Model S загинув, коли його автомобіль, використовуючи систему Autopilot, не зміг вчасно розпізнати велику вантажівку і зіткнувся з нею [5].

– Аварія Waymo (2020): В січні 2020 року автономний автомобіль компанії Waymo зіткнувся зі звичайним автомобілем під час випробувань в Арізоні. Хоча не було серйозних травм, цей випадок підкреслив необхідність подальшого вдосконалення систем безпеки та взаємодії.

– Аварія BMW IX (2022): автомобіль з автономним керуванням виїхав на смугу зустрічного руху, внаслідок чого одна людина загинула та ще дев'ять отримали серйозні поранення [7].

– Чисельні спроби перетину залізничного переїзду: є багато випадків коли автономні автомобілі намагалися перетнути залізничні колії під час наближення до них потягів.

Невдачі під час випробувань автономних автомобілів є невід'ємною частиною процесу розвитку цієї технології. Вони служать як важливі уроки та стимулюють розробників та виробників до подальшого вдосконалення систем та безпеки автономних автомобілів. Необхідність внесення змін та вдосконалення технологій невід'ємно пов'язана з метою покращення безпеки на дорозі та забезпечення надійності автономних автомобілів у майбутньому.



Важливо зазначити, що розвиток автономних автомобілів все ще перебуває на ранній стадії. Існує багато проблем, які потрібно вирішити, перш ніж вони стануть широко доступними. Однак потенційні переваги автономних автомобілів є значними, тому ймовірно, що вони відіграватимуть важливу роль у майбутньому транспорті.

#### Список використаних джерел

1. Автомобілі без водія. URL: <https://fra.org.ua/uk/an/publikatsii/analitika/avtomobili-bez-vodiia-utopiia-chi-viklik>
2. Що таке безпілотний автомобіль і як він працює? URL: <https://futurenow.com.ua/shho-take-bezpilotnyj-avtomobil-i-yak-vin-pratsyuje/>
3. Розробка способу та бортових засобів запобігання зіткненню автомобілів при виконанні маневру обгону / Подригало М.А., Абрамов Д.В., Тесля В.О. // Збірник наукових праць. Автомобільний транспорт. – Харків: ХНАДУ, – Випуск 33. 2013.– С. 29-35.
4. Актуальні проблеми створення інтелектуальних безпілотних автомобілів URL: [https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P\\_vcheniy\\_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C\\_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%90%D0%95/BEZPILOTNYK.pdf](https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/%D0%90%D0%92%D0%A2%D0%9E%D0%9C_%D0%A2%D0%A0%D0%90%D0%9D%D0%A1%D0%9F/%D0%90%D0%95/BEZPILOTNYK.pdf).
5. Система запобігання зіткнення автомобілів при виконанні маневру обгону : пат. 86134 Україна : G08G 1/16. № у 2013 09325 ; заявл. 25.07.2013 ; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 23.
6. ДТП за участю Tesla: чи є майбутнє у безпілотних авто? URL: <https://www.dw.com/uk/dtp-za-uchastiu-tesla-chy-ye-maibutnie-u-bezpilotnykh-avto/a-57366332>
7. У Німеччині 1 людина загинула, 9 постраждали в ДТП за участі тестового авто. Європейська правда. URL: <https://www.eurointegration.com.ua/news/2022/08/17/7145115/>.

**Тесля Володимир Олегович** – к.т.н., доцент кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, e-mail: volodymyr\_teslya@ukr.net.

**Гупка Андрій Богданович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри «Автомобілів», Тернопільський національний технічний університет, Тернопіль, Gypkab@gmail.com

**Гаврилишин Владислав Володимирович** – студент бакалавр кафедри «Автомобілів», Тернопільський національний технічний університет, Тернопіль.

**Teslia Volodymyr Olehovych** – Ph.D., associate professor of the Department of Automobiles, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, e-mail: volodymyr\_teslya@ukr.net.

**Andriy Bogdanovych Gupka** – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the "Automotive" Department, Ternopil National Technical University, Ternopil, Gypkab@gmail.com.

**Gavrylyshyn Vladyslav Volodymyrovych** – bachelor student of the Department of Automobiles, Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil

УДК 625.06: 594.5

Титаренко В.Є., Маланюк Ю.В.

## ПРОБЛЕМА УТИЛІЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ШИН ТА ДОРОЖНЄ БУДІВНИЦТВО В УКРАЇНІ

*Представлена концепція дорожнього будівництва на основі використання продуктів утилізації зношених автомобільних шин. Додавання гумової крихти підвищує в'язкість і теплостійкість бітумів, а відповідно якість дорожньо будівельних сумішей та самого покриття.*

**Ключові слова:** продукти утилізації шин, гума крихта, бітуми, будівельні суміші, якість дорожнього покриття.

*The concept of road construction based on the use of waste car tire recycling products is presented. The addition of rubber crumb increases the viscosity and heat resistance of bitumen, and, accordingly, the quality of road construction mixtures and the coating itself.*

**Key words:** tire recycling products, rubber crumb, bitumen, construction mixtures, road surface quality.

Проблема утилізації автомобільних шин є загальною причиною не тільки в Україні, вона розповсюджена у світових масштабах. Це пов'язано зі значною затратністю технологій утилізації. Затрати на утилізацію залежать від способів отримання продуктів утилізації зношених шин та заходів екологічної безпеки при поводженні з відходами. Зберігання значних об'ємів зношених шин має наслідки екологічного забруднення [1] повітряного середовища, земель і водних ресурсів.

Проблема утилізації зношених автомобільних шин має перспективу вирішення, по - перше із-за екологічної кризи, що набуває критичних масштабів і по-друге – із-за скінченності запасів нафти, для можливості розширення сировинних ресурсів. Прикладами наближення до розв'язання проблеми утилізації можуть бути такі країни як Німеччина, Фінляндія та Японія.

Формулою розв'язання задачі утилізації накопичень зношених шин може бути залежність однієї проблеми від іншої: проблема дорожнього будівництва отримує розширення виробничих можливостей на основі використання продукту утилізації автомобільних шин – гумової крихти. Дослідженнями [2, 3, 4] доведено покращення в'язучих характеристик бітуму, модифікованого гумовою крихтою, а також підвищення температурної стійкості та міцності асфальтобетонного покриття на основі його використання. Існує два способи використання гумової крихти в технологіях дорожнього будівництва: «суха технологія» - це коли гума крихта розміром 2 мм додається в певних кількостях до суміші асфальтобетону і «мокра технологія» - коли гума крихта додається для модифікації (покращення властивостей) бітуму, який в свою чергу покращує експлуатаційні властивості дорожнього покриття. Порівняння цих технологій [4] показує перевагу другого способу («микрої технології») за основними експлуатаційними характеристиками дорожнього покриття. Воно проявляє себе як більш стійке при високих атмосферних температурах до утворення слідів колійності, розтріскування та руйнування, а також спостерігається зменшення шуму від взаємодії коліс з асфальтобетонним покриттям на основі впливу модифікованого бітуму.

Для прикладу реалізації ідеї було використано аналіз стану доріг міста Житомир. Відповідно до акту обстеження за даними zhitomir.info [5] дорожнє покриття на 409 вулицях та провулках міста є незадовільним. Загальна площа доріг, де необхідно провести ремонт складає 735,8 тис. м<sup>2</sup>, зокрема: капітальний – на 530,7 тис. м<sup>2</sup> і поточний – на 205,1 тис. м<sup>2</sup>. Всього ж у Житомирі – 3 млн. м<sup>2</sup> доріг. Тобто, згідно з актом, чверть доріг потребують поточного або ж капітального ремонту. За попередніми оцінками, для будівництва одного

кілометра дороги необхідно використати близько 2000 автомобільних покришок, приблизна вага яких складає 30 000 кг. З цієї кількості сировини при використанні механічної технології переробки, з певним наближенням, можна отримати 22500 кг гумової крихти потрібної фракції, що в перерахунку визначає її потребу в дорожньому будівництві на капітальний і поточний ремонт - 268 666,875 і 103 831,875 тон відповідно, що в загальному складає 372 498,75 тон.

Аналіз можливих річних об'ємів накопичення зношених автомобільних шин у Житомирській області шляхом розрахунку на основі кількості зареєстрованих транспортних засобів показує, що їх річний приріст, з певним наближенням, складає 8000 тон/рік (з яких 6000 тон - це гума, 1500 тон - металокард і 500 тон - текстильний корд), які можна використати як сировинну базу.

Технологія дорожнього будівництва на основі використання гумової крихти 2 мм, підвищує в'язкість та теплостійкість бітумів, надає їм еластичності, поліпшує низько-температурну поведінку та зменшує темпи старіння в'язучих складових, що в свою чергу значно покращує якість асфальтобетону [4].

На основі порівняння основних характеристик дорожнього покриття з додаванням гумової крихти та без неї встановлено доцільність модифікації бітумів та дорожньо-будівельних сумішей (до 10 – 15 %) для вирішення проблем дорожнього будівництва та значних екологічних проблем утилізації зношених шин, що є надзвичайно актуальним і важливим для відбудови та розвитку України.

Впровадження запропонованої концепції дозволить значно підвищити ефективність дорожнього будівництва, розширити сировинні ресурси, з одночасним поступовим розв'язанням проблем утилізації та накопичення зношених автомобільних шин. Для цього спочатку слід налагодити систему збору шин для попередження неорганізованого їх накопичення в пунктах станцій шино-монтажу та приватних власників автомобілів, що на перспективу значно покращить екологічну ситуацію. Для успішності організації заходу збору використаних шин є необхідність постійного державного контролю і віднесення даних задач до важливих, першочергових, державних, значимих.

#### Список використаних джерел

1. Савицький В.М., Хільчевський В.К., Чунар'ов О.В., Яцюк М.В. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води : Навчальний посібник / За ред. В.К. Хільчевського. К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2007. 152 с.
2. Нагурський А.О., Гринишин О.Б., Хлібишин Ю.Я. Проблема ефективного управління зношеними шинами. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»* № 812 Хімія, технологія речовин та їх застосування. 2015. С.142-147.
3. Nagurskyu A. Bitumen compositions for cold applied roofing products / Andriy Nagurskyu, Yuriy Khlibyshyn, Oleg Grynysyn // *Chemistry & Chemical Technology*. 2017. Vol.11, №2. P. 226-229. (Scopus).
4. Нагурський А.О. Гринишин О.Б. Використання зношених автомобільних шин у бітумному виробництві. *Хімія та сучасні технології: VII Міжн. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, 27-29 квітня 2015 р.* Дніпропетровськ, 2015. С 76.
5. 5. Електронний ресурс: [https://www.zhitomir.info/news\\_183373.html](https://www.zhitomir.info/news_183373.html)

**Титаренко Володимир Євгенійович** – кандидат технічних наук, доцент, викладач вищої категорії відокремленого структурного підрозділу Житомирського автомобільно-дорожнього фахового коледжу Національного транспортного університету.

**Маланюк Юрій Володимирович** – викладач-методист вищої категорії відокремленого структурного підрозділу Житомирського автомобільно-дорожнього фахового коледжу Національного транспортного університету. Голова циклової комісії спеціальності 274

«Автомобільний транспорт».

**Tytarenko Volodymyr** – associate professor, candidate of technical sciences, associate professor, teacher of the highest category of the separate structural unit of the Zhytomyr Automobile and Road College of the National Transport University.

**Yurii Malanyuk** – teacher-methodologist of the highest category of the separate structural unit of the Zhytomyr Automobile and Road College of the National Transport University. Chairman of the cycle commission of specialty 274 «Motor transport».

УДК 656.11

Хітров І.О.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЗУПИНОК ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

*Зупинки громадського транспорту відіграють важливу роль у забезпеченні ефективних та комфортних перевезень пасажирів у містах та населених пунктах.*

*Досліджено і побудовано імітаційну модель функціонування громадського транспорту міста Дубно Рівненської області.*

**Ключові слова:** *зупинка, пасажирський транспорт, процес перевезень пасажирів, пасажиропотік, імітаційне моделювання.*

*Public transport stops play an important role in ensuring efficient and comfortable passenger transportation in cities and towns.*

*A simulation model of the functioning of public transport in the city of Dubno, Rivne region, is investigated and built.*

**Key words:** *stop, passenger transport, passenger transportation process, passenger flow, simulation modeling.*

Місто Дубно, розташоване у Рівненській області на заході України, має свої власні особливості щодо зупинок громадського транспорту. У місті Дубно, окрім вантажних та легкових автомобілів, діють маршрутні транспортні засоби загального користування, а саме автобуси, які обслуговують 22 маршрути та мають визначені місця на дорозі для посадки та висадки пасажирів у вигляді зупинок та посадкових майданчиків з річним обсягом перевезень понад 3,8 млн. пасажирів.

В цілому, можна представити перевезення пасажирів та функціонування громадського транспорту як складну систему, в якій взаємодіють різні структурні компоненти. Ці компоненти визначаються впливом як неконтрольованих, контрольованих факторів у поєднанні а також впливом зовнішніх факторів. Системний вихід складної системи – це обґрунтований результат, який дозволяє отримати необхідні параметри для оцінки функціонування громадського транспорту.

В місті Дубно нараховується 62 зупинки громадського транспорту, серед яких 16 є кінцевими. Всі вони розташовані у вузлових точках міста, включаючи центральні вулиці, житлові райони, торгові центри та основні вузли транспортної мережі, а також у житлових та промислових районах для забезпечення максимального охоплення маршрутів. Вони мають різні типи розташування залежно від місцевих умов, потоку пасажирів, інфраструктури міста, потреб мешканців та інших факторів.

Дослідження зупинок громадського транспорту є важливим елементом планування та управління міською транспортною інфраструктурою, і їх актуальність не зменшується з часом [1]. Зупинка – це спеціальне місце призначене для посадки та висадки пасажирів громадського транспорту, такого як автобуси, тролейбуси, трамваї тощо.

Зупинки громадського транспорту є важливою частиною системи «перехрестя - зупинка - транспортний потік», яка суттєво впливає на зручність переміщення в міській транспортній мережі [2].

Сучасні зупинки громадського транспорту повинні відповідати вимогам щодо забезпечення комфорту, безпеки, доступності та інформаційного забезпечення для пасажирів (рис. 1). Вони повинні бути доступними для людей з обмеженими можливостями, включаючи людей з інвалідністю, молодих дітей, літніх людей тощо.

Для дослідження обиралися зупинки на різних маршрутах, які охоплюють всі райони

міста та важливі вузлові точки, так, як «Цукровий завод», «Базарчик», «Майдан Незалежності», «Автовокза», «Залізничний вокзал», «Міська лікарня» та ін.

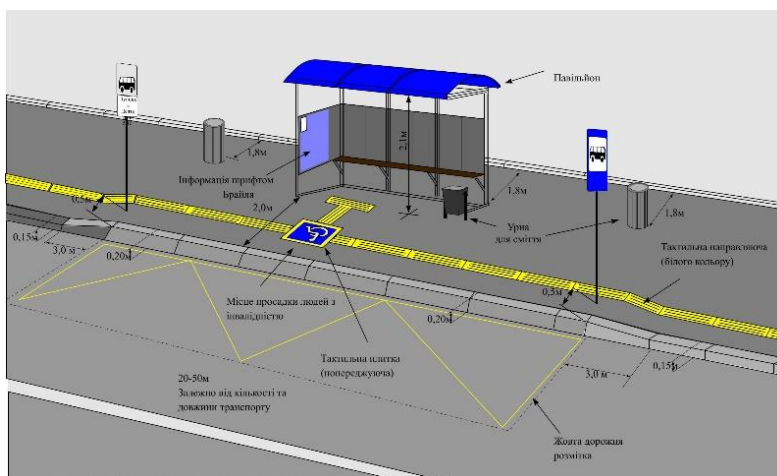


Рисунок 1 – Зупинка громадського транспорту

Проведений аналіз зібраних даних показав, що щоденно користуються громадським транспортом і сідають на зупинках в середньому 19544 пасажирів – 54% від всіх жителів міста Дубно (рис. 2).

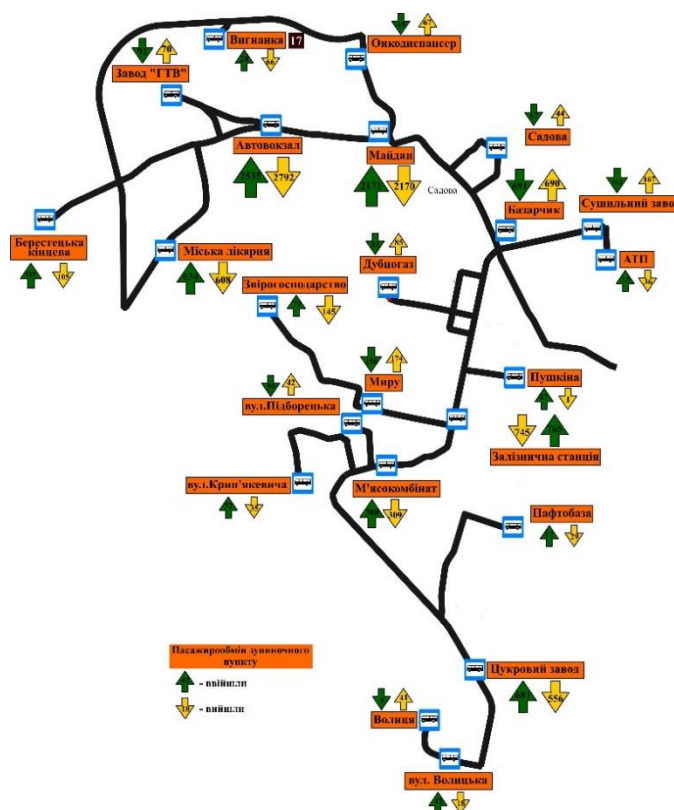


Рисунок 2 – Зведені дані розподілу пасажирів на зупинках міста Дубно

Місто Дубно постійно розростає новим вулицями. Тому встановлення зупинки громадського транспорту у нових мікрорайонах є доцільним, оскільки забезпечить зручний доступ до громадського транспорту для мешканців цього району, сприятиме їх мобільності та зручності. Пропонується облаштування зупинок громадського транспорту на вул. Гірницька із зміною маршруту №3; вул. М'ятинська із зміною маршруту №10, 11, а також продовження на одну зупинку вул. Волицька, маршрут №1 (рис. 3).

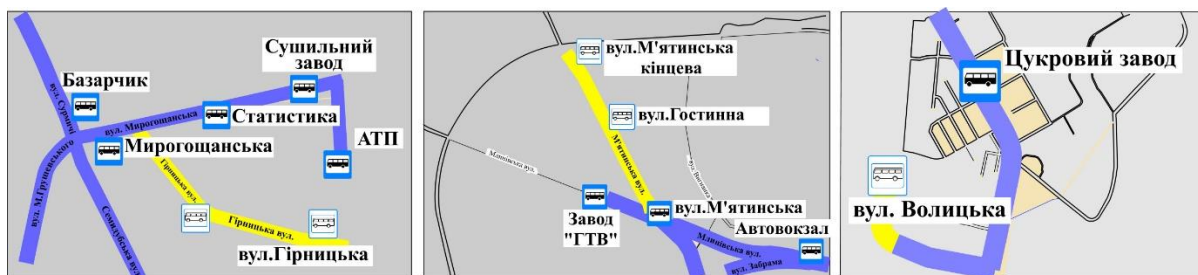


Рисунок 3 – Запропоновані варіанти встановлення нових зупинок громадського транспорту Дубно

Моделювання зупинок є важливим етапом у розробці та вдосконаленні систем громадського транспорту з метою забезпечення ефективного та комфортного обслуговування пасажирів. Імітаційне моделювання дозволяє аналізувати різні сценарії та стратегії управління зупинками, проводити експерименти без прямого втручання у реальну систему, що дозволяє зберегти час та ресурси (рис. 4). Такий підхід може бути корисним для планування нових та оптимізації мережі зупинок, виявлення слабких місць та вдосконалення якості обслуговування пасажирів.

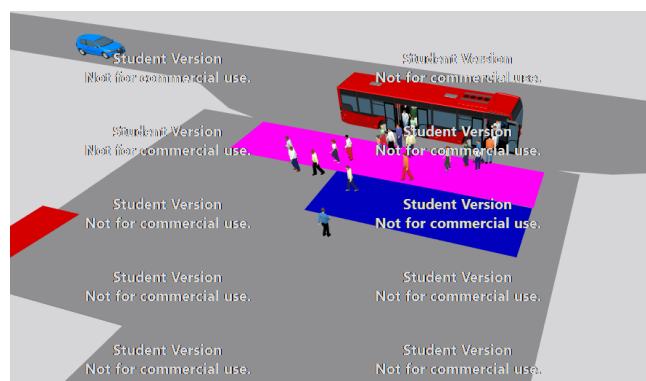


Рисунок 4 – Моделювання роботи зупинок громадського транспорту (фрагмент)

Таким чином, добре розроблені та розміщені зупинки можуть сприяти ефективному руху транспорту, зменшуючи час очікування на зупинках та збільшуючи швидкість переміщення пасажирів.

#### Список використаних джерел

1. Хітров І. О., Кристопчук М. Є., Пашкевич С. М. Моделювання параметрів функціонування зупиночних пунктів громадського пасажирського транспорту. *Вісник машинобудування та транспорту*. Вінниця, 2019. Том №2(10). С. 134-140. <https://vmt.vntu.edu.ua/index.php/vmt/article/view/182/168>.

2. Поліщук В. П., Корчевська А. А. До питання про функціонування системи «перехрестя +зупиночний пункт – транспортний потік». *Вісник Національного транспортного університету*. 2012. № 26. С. 259 – 262. [http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/26\\_2\\_2013/259-262.pdf](http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/26_2_2013/259-262.pdf).

**Хітров Ігор Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу Національного університету водного господарства та природокористування.

**Khitrov Ihor** – candidate of technical sciences, Associate Professor of the Transport Technology and Technical Service Department, National University of Water and Environmental Engineering.

УДК 681.62-5

Холоденко В.А.

## АНАЛІЗ НЕСПРАВНОСТЕЙ СИСТЕМ «ADAS» ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ НА ПРИКЛАДІ ПІДПРИЄМСТВА "БОШ АВТО СЕРВІС ЗАХІД АВТО" М. РІВНЕ

*Під час впровадження системи ADAS (Advanced Driver-Assistance System) виникають певні труднощі з обслуговуванням цих систем під час експлуатації на автомобільному транспорті. Представлено аналіз основних несправностей, які виникають під час обслуговування системи ADAS.*

**Ключові слова:** ADAS, несправності, складність обслуговування, типи несправностей, автомобільна промисловість.

*During the implementation of the Advanced Driver-Assistance System (ADAS), certain difficulties arise with servicing these systems during operation in automotive transport. An analysis of the main malfunctions occurring during the servicing of the ADAS system is presented.*

**Key words:** ADAS, malfunctions, servicing complexity, types of malfunctions, automotive industry.

У сучасних умовах стрімкого розвитку технологій автомобільної промисловості системи Advanced Driver Assistance Systems (ADAS) стають необхідним елементом сучасних автотранспортних засобів. Зараз важливою стає не лише розширення функціональності цих систем, але й розвиток ефективних методів виявлення та виправлення можливих несправностей. Посилення уваги до методів та процесів виявлення несправностей у системах ADAS є критичною задачею, оскільки ці системи впливають не лише на безпеку дорожнього руху, але й на надійність та ефективність сучасних транспортних засобів. Вдосконалення методології виявлення та усунення несправностей ADAS важливо для забезпечення безпеки та оптимальної функціональності автомобілів у майбутньому.

Протягом останніх 20 років система ADAS набула широкого попиту в використанні на автомобільному транспорті. Її поширення і розвиток стали результатом постійного підвищення усвідомлення щодо важливості безпеки на дорозі та впровадження передових технологій у автомобільну промисловість. Водії та виробники автомобілів віддавали перевагу системам ADAS за їхню здатність зменшувати ризик аварій, покращувати комфорт водіння і забезпечувати загальну безпеку на дорозі, що досліджували різні автори у своїх роботах [1, 2, 3].

Розвиток цих систем сприяв інтеграції новітніх технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання та комп'ютерний зір. Такий широкий попит довів значимість систем ADAS як необхідної складової сучасного автомобільного транспорту, забезпечуючи безпеку та зручність для водіїв у всіх сферах використання.

З розвитком системи ADAS зросла потреба у кваліфікованих спеціалістах, які здатні ефективно діагностувати цю систему та виявляти несправності в одному з її компонентів. Ця система є складною в обслуговуванні через вимоги до спеціалізованого обладнання та навичок персоналу. Для проведення діагностики та усунення несправностей потрібний доступ до дилерського обладнання, а також спеціалізованого обладнання, такого як стенд для калібрування та інший спеціальний інструментарій. Також важливо не забувати про необхідність спеціалістів, які мають бути досить кваліфіковані при роботі та обслуговуванні даної системи. Визначення основних несправностей, що можуть виникати в системі ADAS, є ключовим для забезпечення ефективного обслуговування та підтримки цієї технології на високому рівні.

Під час експлуатації системи ADAS можуть виникати різноманітні несправності, проте всі вони можуть бути згруповані та піддані аналізу для визначення найбільш поширених



проблем.

Для ілюстрації досвіду в галузі систем ADAS та несправностей, що з ними пов'язані, розглянемо діяльність підприємства "Бош Авто Сервіс ЗАХІД АВТО" у місті Рівне протягом періоду з 2021 по 2023 рік. Протягом цього часу сервісним центром було проведено діагностику та ремонт систем ADAS у приблизній кількості 340 одиниць.

Серед марок автомобілів, які найчастіше потребували втручання в систему ADAS, можна виділити такі бренди: Audi, Volkswagen, Mercedes-Benz, Honda, Mazda та Toyota. Це пояснюється тим, що ці бренди активно впроваджують передові технології у своїх автомобілях, включаючи системи ADAS.

Так як всі несправності можна згрупувати до декількох категорій, то слід відмітити наступні несправності які виникають у системі ADAS.

До найпоширеніших проблем слід вказати наступні несправності [1]:

1) Вихід з ладу одного з елементів систем допомоги водію (радар, передня допоміжна камера в лобовому склі або задній боковий радар).

Для визначення несправного елемента проводиться початкова діагностика, використовуючи дилерське обладнання, і встановлюється, який саме елемент став джерелом несправності. Зазвичай характерні проблеми можуть включати несправність радару або передньої камери, а також можливі проблеми з обривом або окисленням проводки між блоком управління круїз-контролем та іншими елементами цієї системи.

2) Механічне пошкодження елементів системи допомоги водію.

У випадку, коли діагностика, проведена за допомогою діагностичного обладнання, підтверджує несправність елемента, а зовнішній огляд підтверджує його пошкодження, слід детально перевірити наявність всіх елементів живлення та CAN зв'язку. Часто виникає ситуація, коли елемент стає жертвою розгерметизації, що призводить до його несправності внаслідок потрапляння вологи, пилу та ґрунту.

Після визначення та усунення несправностей рекомендується здійснити заміну пошкодженого елемента та провести базове налаштування (калібрування) з використанням дилерського обладнання. Цей процес не лише гарантує оптимальну взаємодію відновленого елемента з іншими компонентами системи, але й значно підвищує ефективність її функціонування. Такий комплексний підхід забезпечить надійність та довговічність відновленого елемента, забезпечуючи безперебійну роботу системи.

3) Проблема з калібруванням одного з елементів.

До цього пункту важливо відзначити, що не завжди корінь проблеми полягає у електричній несправності конкретного елемента. Навіть такі звичайні операції, як зняття бамперів чи заміна лобового скла автомобіля, можуть спричинити втрату базового налаштування радару, лідару, передньої камери в лобовому склі та інших елементів системи допомоги водію.

Згідно наданої інформації, підприємство найчастіше стикається з проблемою механічного пошкодження одного з елементів системи ADAS. Це пояснюється тим, що більша частина автомобілів, які прибули на обслуговування, були привезені з-за кордону для відновлення та перепродажу в Україні. Такі автомобілі складають приблизно 56,3% від загальної кількості транспортних засобів.

Другою за чисельністю проблемою, з якою стикаються власники автомобілів із системою ADAS, є проблема з калібруванням одного з елементів системи допомоги водію. Ця проблема виникає найчастіше через заміну окремих елементів, що впливають на роботу системи ADAS, таких як заміна лобового скла або зняття та встановлення переднього або заднього бампера. Відсоток таких несправностей складає 34,7 відсотків.

Найрідше проблеми виникають при діагностиці самого датчика, але коли вони виникають, це зазвичай через вихід з ладу самого елемента системи ADAS. Частка такої несправності склала 9 відсотків від загального числа.

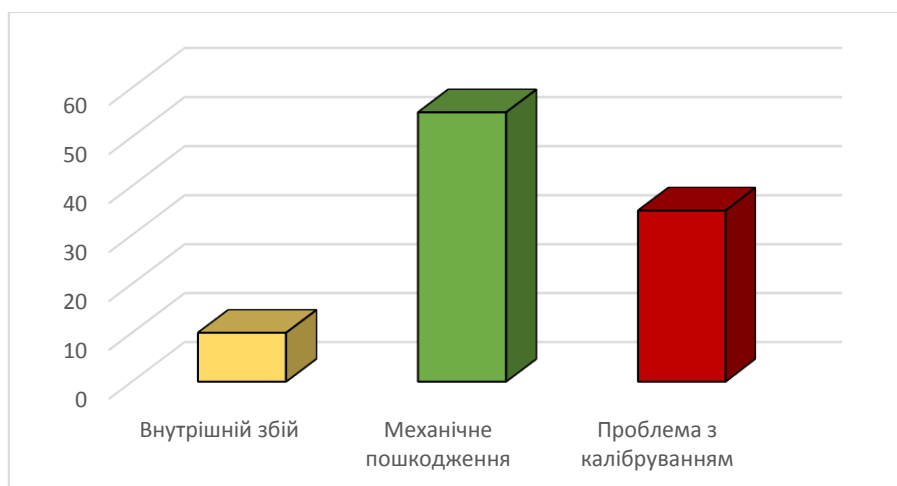


Рисунок 1 – Розподіл основних несправностей системи допомоги водію (ADAS) на прикладі підприємства "Бош Авто Сервіс ЗАХІД АВТО" м. Рівне

Таким чином, встановлено, що наявна система ADAS є досить складною у обслуговуванні через залучення різноманітного обладнання та кваліфікації персоналу, які здійснюють ремонт та діагностування. Важливо зазначити, що несправності можна поділити на три категорії. Першою категорією є механічні дефекти, що виникають через потрапляння транспортних засобів в ДТП або внаслідок роботи в агресивних умовах. Ця категорія становить найбільшу частку проблем, особливо у зв'язку з імпортом автомобілів в Україну для подальшого відновлення.

Другою категорією є проблеми з калібруванням елементів системи ADAS після ремонту або заміни окремих компонентів автомобіля. Ці проблеми часто виникають через некоректне встановлення нових деталей, що впливають на функціонування системи.

Найрідше зустрічаються проблеми третьої категорії, які пов'язані з діагностикою самого датчика. Проте, коли такі проблеми виникають, вони зазвичай викликані виходом з ладу самого елемента системи ADAS.

Отже, для ефективного обслуговування системи ADAS необхідно не тільки володіти високою кваліфікацією персоналу та використовувати сучасне обладнання, але й враховувати різноманітність можливих несправностей та їх вірогідність в залежності від умов експлуатації автомобілів.

#### Список використаних джерел

1. Інтелектуальні транспортні системи в Україні / А. Р. Гайков, О. П., Євсєєва, О. В. Баранов, В. Ю. Баранов // Вісник НТУ «ХП». Серія: Автомобіле - та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХП», 2014. – № 9 (1052). – С. 106-112. – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2078-6840.
2. Technology of Adaptive Cruise Control. URL: [https://www.autospeed.com/cms/a\\_113221/article](https://www.autospeed.com/cms/a_113221/article)
3. Бажан В.В. Огляд нових систем допомоги водієві технології ADAS. URL: [https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/17713/1/Avtomobilnyi%20transport%20v%20ahrarnomu%20sektori\\_2022-88-89.pdf](https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/17713/1/Avtomobilnyi%20transport%20v%20ahrarnomu%20sektori_2022-88-89.pdf)

**Холоденко Владислав Андрійович** – асистент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, [kholodenko\\_m20@nuwm.edu.ua](mailto:kholodenko_m20@nuwm.edu.ua).

**Kholodenko Vladyslav Andriyovych** – assistant at the Department of Automobiles and Automotive Industry, National University of Water Management and Environmental Management, Rivne, [kholodenko\\_m20@nuwm.edu.ua](mailto:kholodenko_m20@nuwm.edu.ua).

УДК 629.113

Цимбал С.В., Біліченко В.В., Ковальчук Д.М.

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ТРЕНАЖЕРІВ ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ ВОДІЇВ

*Анотація.* Проаналізовано різні типи автомобільних тренажерів. Розглянуто на яких етапах підготовки водіїв ефективно використовувати автотренажери.

*Ключові слова:* автотренажер, навчання, ефективність, програма, комп'ютерний автосимулятор, дорожній рух.

*Abstract.* Different types of car simulators are analyzed. Considered at what stages of driver training to effectively use driving simulators.

*Key words:* simulator, training, efficiency, program, computer car simulator, road traffic.

**Вступ.** Автотренажер – пристрій, що імітує умови праці водія автомобіля з метою формування, закріплення та вдосконалення умінь і навичок під час навчання та вдосконалення водійських навичок. Сучасне тренажерне обладнання зазвичай складається з таких елементів: пристрій, що імітує робоче місце водія автомобіля (модель автомобіля), пристрій, що імітує дорожню обстановку, і пульт управління для майстра виробничого навчання водінню.

Автосимулятори мають широкий спектр застосування. Спочатку вони були створені для підготовки професійних водіїв спецтехніки в складних дорожніх умовах. Сучасні автотренажери призначені не тільки для навчання водіїв, а й для вивчення надійності взаємодії у водійській системі автомобіля, а також для оптимізації допоміжних систем салону автомобіля.

**Результати дослідження.** На сьогодні не існує універсального тренажера, який би відповідав усім вимогам до проведення процесів підготовки та сертифікації водіїв (оперативність, простота, доступність, економічність), а також проведення наукових досліджень факторів безпеки дорожнього руху.

Провідними вченими в галузі розробки тренажерів доведено необхідність і важливість впровадження в єдину систему навчання новітніх систем тренажерів [2, 3].

Автотренажери використовуються на різних етапах навчання. За допомогою тренажерів здійснюється як базова підготовка, тобто навички керування важелями та педалями автомобіля, так і вміння розуміти та оцінювати ситуацію на дорозі [1, 2]. Залежно від цього розрізняються вимоги до тренажерів.

На першому етапі навчання за допомогою тренажера ви ознайомитеся з органами управління автомобілем, їх розташуванням, зусиллям для переміщення педаль, керма, важеля перемикачів передач. У тренажерах, призначених для цієї мети, планування і конструкція робочих місць управління і водія повинні бути аналогічні типовим автомобілям. На наступному етапі навчання слід звернути увагу на розвиток автоматизму в процесі рухів. Тренажери дозволяють учням зосередитися лише на важелях керування, а не на дорожніх умовах, що дуже важливо для розвитку автоматичних дій.

На завершальному етапі навчання водій-початківець за допомогою тренажера знайомиться з умовами руху в різних дорожніх умовах. Для цього симулятор оснащений інструментом візуалізації, який забезпечує зворотній зв'язок між «автомобілем» і водієм. Тут слід підкреслити його важливість, оскільки доцільність дій студента спочатку на тренажері, а потім і на верстаті забезпечує динамічну подібність систем керування тренажером і машиною. При цьому ефект, який спостерігається в тренажері, повинен бути таким же, як і в автомобілі.

Багато автосимулятори дозволяють провести психологічну підготовку водіїв, виробити

необхідне розуміння та оцінку дорожніх умов і «свого місця» на дорозі як учасника руху.

Поняття ефективності автотренажерного комплексу є ширшим за поняття його економічної ефективності, оскільки включає поняття науково-технічного рівня та якості тренажера, а також деякі складові соціальної ефективності.

Важливим аспектом міжнародних відносин є підхід до життя та здоров'я людини, враховуючи, що Україна належить до групи країн із найвищим ризиком щодо безпеки за відсутності кардинальних заходів та інвестицій для підвищення безпеки дорожнього руху. Розвиток економіки та туристичного сектору країни обмежений через транспортні та транспортні загрози.

Для системного впровадження та належного фінансування заходів щодо підвищення рівня безпеки дорожнього руху потрібні великі кошти. Мінімальні фінансові вкладення необхідні для зміни програми підготовки водіїв шляхом розвитку практичних навичок водіння, «елементів профілактичної підготовки», використання персональних комп'ютерів та електронних тренажерів, навчальних курсів та засобів навчання, запровадження курсів та навчальних семінарів європейського рівня на сучасному технічному рівні, а також навчальних програм для практичного набуття навичок та навичок безаварійного водіння, використання інноваційних методів навчання викладачів автошкіл.

Економічний ефект від навчання на тренажері дозволяє не тільки якісно підготувати водіїв, але й зменшує витрати за рахунок зменшення кількості інструкторів при тій же кількості слухачів. зменшити витрати на технічне обслуговування транспортних засобів навчання, заощадити паливо, масло та інші матеріали.

Найбільша економія буває, коли один майстер тренує кількох учнів одночасно на груповому тренажері.

Однак економічно доцільно використовувати автономний тренажер. Через непрофесійну поведінку учнів найбільші матеріальні збитки виникають на першому етапі навчання. Це призводить до підвищеного зносу і навіть виходу з ладу компонентів. З іншого боку, побоювання вчителя про безпеку тренажера мимоволі переноситься на учнів, які і так постійно наражаються на реальні та уявні небезпеки на дорозі.

Використання тренажерів дозволяє знизити розумове навантаження учня, підвищити його успішність на першому етапі, зменшити знос навчальної машини.

Крім уже висвітлених переваг автотренажерів, вони мають значний економічний ефект – протягом календарного року це дозволяє заощадити достатньо фінансових ресурсів, щоб щороку купувати один новий навчальний автомобіль.

За допомогою цього симулятора досвідчені водії можуть виправити свій неправильний стиль водіння та помилки, що впливають на безпеку.

На базі комп'ютерних програм та ігор створено значно дешевші тренажери віртуальних машин для теоретичного та практичного навчання та складання іспитів. Керування ними практично не відрізняється від керування справжньою машиною.

Значний прогрес у галузі комп'ютерних технологій дозволив створити відносно недорогий комплексний автотренажер (КАТ), що дозволяє тренувати водіїв не тільки в простих і стандартних умовах водіння, а й в екстрених, складних дорожніх і атмосферних умовах (дощ), сніг, туман, ожеледиця), в різний час доби (вдень, вночі, ввечері), при несправності обладнання (гальма, відмова двигуна тощо).

Масове використання симуляторних технологій у підготовці водіїв значно покращить міську екологію за рахунок зменшення викидів від двигунів з низькою передачею.

Оцінка ефективності автотренажерного комплексу необхідна не тільки для визначення співвідношення понесених витрат і отриманої інформації, але й для визначення форм і методів їх ефективного розвитку, а потім і ефективною експлуатації. Тому знання формування ефективності автотренажерного комплексу необхідні не тільки економістам, які визначають економічні показники, а й конструкторам, а також фахівцям, які з ними працюють і

обслуговують їх.

В нашому дослідженні ми використовували комп'ютерний автосимулятор, до складу якого ввійшли периферійні органи керування, а саме кермо з коробкою передач і педалі, та відео додаток - програмний пакет, який встановлюється на комп'ютер і являє собою симулятор керування автомобілем на віртуальних трасах.

Таким чином цей симулятор містить у собі все необхідне для комп'ютерного тренажера водіння автомобілем і задовольняє вимогам автошкіл до тренажерів. До того ж така компактність робить комплекс дуже мобільним, що дозволяє підключати тренажер до комп'ютерів на час занять, а іншим часом використовувати ці комп'ютери для іншої роботи, що веде до суттєвої економії.

Ми пропонували нашим респондентам для вироблення стійких навичок в доповнення до традиційної системи занять по 10 занять на симуляторі по 15 хвилин з використанням трас різної складності (поступове підвищення). Такий режим підготовки передбачає зменшення психоемоційної напруженості при водінні та стану тривоги, що вказуватиме на підвищення адаптивності водіїв та, як наслідок, їх надійності.

У нашому дослідженні ми виявили, що додавання уроків на комп'ютерному автосимуляторі до традиційної програми підготовки водіїв автошколи забезпечує позитивну суб'єктивну та об'єктивну динаміку психічного стану водіїв-початківців. Водіння та зниження рівня тривожності свідчать про підвищення адаптивності водіїв і, як наслідок, їх надійності.

Тому подальший розвиток комп'ютерних симуляторів – симуляторів стає одним із найдешевших варіантів, і включають їх у програми навчання водіїв в автошколах з метою позитивної зміни емоційної стабільності, викликані розвитком впевненості в собі під час самостійного водіння. В автосимуляторі зручно їздити по складним дорогам і вирішувати різні ДТП.

**Висновки.** Поняття ефективності автомобільного тренажерного комплексу ширше поняття його економічної ефективності, тому що у нього входять також поняття науково-технічного рівня і якості тренажера, деякі складові соціальної ефективності. Подальша розробка комп'ютерних автотренажерів – симуляторів, як одних з найдешевших, і включення їх в програму підготовки водіїв в автошколах з метою позитивних змін емоційної стійкості і підвищення надійності в процесі дорожнього руху є доцільним.

#### Список використаних джерел

1. Бриндіков Ю.Л. Розвиток професійної готовності водіїв автотранспорту до дій в екстремальних ситуаціях: автореф. дис. канд. психол. наук. / Ю.Л. Бриндіков. – Хмельницький, 2009. - 22 с.
2. Волобуєва Т.В. Конструкція автотренажера для навчання водія водінню в стресових ситуаціях / Т.В. Волобуєва, І.Е. Линник // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2008. – №1. – С. 82-87.
3. Волобуєва Т.В. Стресостійкість – один із критеріїв у підготовці водіїв. - Вісник ДААТ, Донецьк, 2013 - №2 – С.45-49.
4. Матвієвський О. Методичний підхід до обґрунтування характеристик тренажерних засобів і систем / О. Матвієвський // Наука і оборона – 2005. – С. 58-62.
5. Рудковський О.М. Особливості методики підготовки водія автомобіля з використанням сучасних технологій моделювання з урахуванням його психофізіологічних якостей / О.М. Рудковський // Підготовка військових фахівців: Військово-технічний збірник. – 2013. – № 1(8). – С. 107–112.

**Цимбал Сергій Володимирович** – к.т.н., доцент, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету Вінниця, e-mail: [tsymbal\\_s\\_v@ukr.net](mailto:tsymbal_s_v@ukr.net);

**Біліченко Віктор Вікторович** – д-р техн. наук, професор, ректор Вінницького національного технічного університету, Вінниця, e-mail: [bilichenko.v@gmail.com](mailto:bilichenko.v@gmail.com);

**Ковальчук Дмитро Миколайович** – студент кафедри АТМ, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [kovalchuk88@ukr.net](mailto:kovalchuk88@ukr.net)

**Tsymbol Serhii** – Ph.D., Head of the Department, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management of Vinnytsia National Technical University Vinnytsia, e-mail: [tsymbol\\_s\\_v@ukr.net](mailto:tsymbol_s_v@ukr.net);

**Bilichenko Victor** – Dr. Sciences, Professor, Rector of Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [bilichenko.v@gmail.com](mailto:bilichenko.v@gmail.com);

**Kovalchuk Dmytro** – student of the ATM department, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [kovalchuk88@ukr.net](mailto:kovalchuk88@ukr.net).

УДК 629.113

Цимбал С.В., Цимбал О.В., Одинокіх І.А.

## ВПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ В АВТОМОБІЛЬНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ

**Анотація.** Розглянуті новітні технології, які підвищують ефективність існуючих методів транспортування. Запропоновано використання технології блокчейн у вантажоперевезеннях, яка забезпечує точність записів історії продуктивності.

**Ключові слова:** транспортні технології, планування маршруту, безпека, моніторинг потужності, GPS-пристрої, дорожній рух.

**Abstract.** New technologies that increase the efficiency of existing transportation methods are considered. The use of blockchain technology in freight transportation is proposed, which ensures the accuracy of performance history records.

**Key words:** transport technologies, route planning, safety, power monitoring, GPS devices, traffic.

**Вступ.** Транспортні технології перебувають у розпалі революції. Нові технології підвищують ефективність існуючих методів транспортування, а нові винаходи готові повністю змінити спосіб перевезення вантажу. П'ять технологій вийшли на передній план останньої транспортної революції.

**Основна частина.** Комп'ютеризація та більш активна автоматизація. Цей напрям удосконалення існуючої транспортної системи передбачає, що всі люди та предмети можуть бути підключені через мережі. Вони ж потенційно можуть вплинути на багато аспектів нашого щоденного водіння:

- планування маршруту – датчики в транспортному засобі взаємодіють із службами GPS, щоб визначити найкращий маршрут, який потім відображається на проекційному дисплеї, який фізично направляє водія найкоротшим маршрутом;

- запобігання ДТП – датчики сповіщають водіїв про розташування інших транспортних засобів на дорозі та запобігають зіткненням. Автомобілі можуть навіть перемикає керування водієм, щоб уникнути аварії;

- безпека – серія датчиків у ремені безпеки може відстежувати фізіологічні показники водія та визначати, чи він втомлений, чи в стані алкогольного сп'яніння. Якщо водій не пройде жодного з тестів, проведених датчиками, транспортний засіб стає непридатним.

Самокеровані автономні транспортні засоби. Поява самокерованих автомобілів, таких як у Google і Tesla, втілює ідею автономних автомобілів в реальність. Декілька штатів у США почали схвалювати закони, що врегульовують технологію та заохочують її розвиток. Однак безпека та сприйняття громадськістю цих автономних транспортних засобів останнім часом були приводом громадського занепокоєння. Більше того, серія аварій влітку 2016 року посилила дискусію про безпеку автономних транспортних засобів.

Завдяки постійним дослідженням та розробкам, технологія автономного автомобіля, ймовірно, стане безпечнішою альтернативою людям з додатковими економічними та екологічними перевагами. Видалення контролю людини з автомобіля потенційно допоможе автомобілям досягти запланованої економії палива, що призведе до меншого споживання газу та зниження вартості володіння транспортним засобом.

GPS-пристрої нового покоління. Пристрої GPS не є чимось новим – вони існують десятиліттями. Найбільша відмінність при порівнянні сучасних GPS-пристроїв із попередніми моделями – це кількість функціональних можливостей, які можна побачити в новішому обладнанні. У минулому функціонал пристроїв GPS був дуже обмеженим. Вони могли

розрахувати загальний пробіг і надати приблизний час прибуття до кінцевого місця – але на цьому все. Сучасні пристрої GPS набагато більш універсальні. Вони не тільки виконують основні функції планування поїздки, але й можуть вносити зміни до екстремальних погодних умов, умов руху або навіть обраного вами маршруту.

Блокчейн у логістиці. Блокчейн – це одна з тих трансформаційних технологічних тенденцій у дистрибуції та транспортуванні, які формують мобільність і не тільки. Одним із перспективних варіантів використання технології блокчейн у вантажоперевезеннях є забезпечення точності записів історії продуктивності. Коли вантажівка продається вдруге, у потенційних клієнтів можуть виникнути запитання про те, як цей автомобіль використовувався. Оскільки транзакції блокчейну є незмінними та прозорими, усі сторони, які беруть участь у транзакції, можуть бути впевнені, що інформація про вантажівку заслуговує довіри.

Іншим перспективним використанням блокчейну в транспорті є моніторинг потужності. Вартість перевезення залежить від обсягу вантажу. Використання датчиків Інтернету речей (IoT) може допомогти визначити обсяг місця, який займає конкретний вантаж. Ці дані можна використовувати для розрахунку вартості відправлення. Зберігання цієї інформації в системі на основі блокчейну, підписаній за допомогою смарт-контракту, дозволить самостійно здійснювати платежі на основі обсягу місця, зайнятого вантажем.

#### Список використаних джерел

1. Гудима Р.Р. Проблемні аспекти розвитку транспортної інфраструктури України / Гудима Р.Р. // Проблеми і перспективи розвитку національної економіки в умовах євроінтеграції та світової фінансово-економічної кризи. Чернівці / МФУ, БДФА та ін. гол. ред. В.В.Прядко – Чернівці, 2009. – с.238 – 239.
2. Кунда Н.Т. Організація міжнародних автомобільних перевезень: [навч. посібн. для студ.напряму «Транспортні технології»] / Н.Т. Кунда. –К.: ВД «Слово», 2010. – 464 с.
3. Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції «Інтелектуальні технології управління транспортними процесами» – Харків: ХНАДУ, 2020. – 300 с.
4. Оптимізація транспортної логістики за часів воєнного положення / [Електронний ресурс] // 2022 р. – Режим доступу: <https://trademaster.ua/articles/313535>.
5. Костюченко Л.М. Міжнародні автомобільні перевезення: посібник /Л.М. Костюченко, Л.П. Докіль, Ю.Ф. Кучинський [та ін.]; Асоц. міжнар. автомоб. перевізників України. – К.: Бланк-Прес, 2010. – 208 с.

**Цимбал Сергій Володимирович** – к.т.н., доцент, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету Вінниця, e-mail: [tsymbal\\_s\\_v@ukr.net](mailto:tsymbal_s_v@ukr.net);

**Цимбал Ольга Василівна** – асистент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету Вінниця, e-mail: [unicorne@ukr.net](mailto:unicorne@ukr.net);

**Одиноких Ілля Андрійович** – студент кафедри АТМ, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [odynokykh@ukr.net](mailto:odynokykh@ukr.net)

**Tsymbal Serhii** – Ph.D., Head of the Department, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management of Vinnytsia National Technical University Vinnytsia, e-mail: [tsymbal\\_s\\_v@ukr.net](mailto:tsymbal_s_v@ukr.net);

**Tsymbal Olga** – Assistant of the Department of Automobiles and Transport Management of Vinnytsia National Technical University Vinnytsia, e-mail: [unicorne@ukr.net](mailto:unicorne@ukr.net);

**Odynokykh Ilya** – student of the ATM department, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [odynokykh@ukr.net](mailto:odynokykh@ukr.net).



УДК 656.132

Чуйко С.П., Кравченко О.П.

## СПРЯМУВАННЯ НА ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МІСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ

*Проведено аналіз факторів енергоефективності на автомобільному транспорті та зв'язок між окремими критеріями. На енергоефективність значною мірою впливають фактори, що знаходяться поза контролем автотранспортних підприємств (технологічні фактори, інфраструктура та джерела енергії). Мета дослідження полягала в тому, щоб розширити поточні знання про використання енергії і енергоефективності в автобусному транспорті, визначити, оцінити заходи з енергоефективності та представити рекомендації щодо підвищення енергоефективності та посилення провідної ролі управлінських структур.*

**Ключові слова:** енергоефективність, міський транспорт, автобус, витрата палива

*An analysis of energy efficiency factors in road transport and the relationship between individual criteria was carried out. Energy efficiency is largely influenced by factors beyond the control of motor transport enterprises (technological factors, infrastructure and energy sources). The aim of the study was to expand the current knowledge on energy use and energy efficiency in bus transport, identify, evaluate energy efficiency measures and present recommendations for improving energy efficiency and strengthening the leading role of management structures.*

**Key words:** energy efficiency, local transport, bus, consumption of automobile fuel

Ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів є одним з найважливішим завдань, що стоять перед економічним розвитком України і сприятимуть енергонезалежності країни.

Згідно з попередніми даними Європейського агентства з навколишнього середовища (ЕЕА), частка енергії з відновлюваних джерел, що використовується для транспорту в ЄС, зросла з нижче 2% у 2005 році до 8,7% у 2022 році. Це на 5,3 відсоткових пункти нижче цілі на 2030 рік щодо частки відновлюваної енергії, що використовується на транспорті. Прогрес серед держав-членів ЄС значно відрізняється: частка енергії з відновлюваних джерел, що використовується для транспорту, коливається від 4,4% у Греції та Ірландії до 30,8% у Швеції [1].

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 споживанні енергії транспортом коливається від менш ніж 50% у Норвегії, Іспанії та до вище 60% - в Австрії, Кіпрі, Данії та Словенії [2]. Тому пріоритетним напрямом в реалізації політики енергозбереження є досконалість, перш за все, основного виду діяльності-перевізного процесу.

Автотранспортні підприємства, які здійснюють перевезення пасажирів на автобусних маршрутах і замовники перевезень від державних установ, які приймають рішення в містах, що розвиваються, стикаються з проблемою створення стійких міських транспортних систем. Прагнення до енергоефективності є величезною можливістю для досягнення цієї мети. Заходи з енергоефективності не лише зменшують споживання палива, але й допомагають вирішувати інші транспортні проблеми та передбачити певні соціальні ризики. Організація та експлуатація міського транспорту ефективно знижує витрати (на енергію), а також знижує транспортні затори, рівень шуму, місцеве забруднення повітря, ризики дорожньо-транспортних пригод і глобальні викиди парникових газів, одночасно забезпечуючи

економічне зростання. Перевантаження в години підвищеної пасажирської активності, неузгодженість маршрутів і розкладів руху, застарілі транспортні засоби, неналежна якість надання послуги перевізником – це лише деякі з проблем, з якими стикається галузь, що призводить до зниження рівня задоволеності користувачів послуг і разом з тим зниження енергоефективності [3].

Традиційним підходом, який застосовувався для задоволення підвищеного транспортного попиту, зазвичай орієнтований на надання додаткового дорожнього міського простору за допомогою нових і більших розмірів дорожньої інфраструктури. Однак цей підхід, орієнтований на пропозицію, через містобудівні територіальні проблеми не завжди виконується, а здебільшого не приніс очікуваних переваг. Окремими науковцями основна увага приділяється транспортним засобам малої вантажопідйомності, оскільки вони становлять найбільшу частку світового транспортного споживання енергії та викидів вуглекислого газу; також обговорюються роль вантажного транспорту як основне джерело парникових викидів, яке швидко зростає. На їхню думку підвищення енергоефективності можна досягти шляхом удосконалення дизайну та технологій, що використовуються в нових транспортних засобах, але технологія автомобіля є лише одним із компонентів економії палива [4, 5]. Також поведінка водія в громадському транспорті і його професійні навички має великий вплив на енергоефективність і такий фактор є більш дієвим, коли контролюється транспортними операторами [6].

Контроль використання транспортних засобів є ключовим фактором, щоб зробити міський транспорт стабільним. Останніми роками зростає кількість досліджень енергетичних характеристик транспортних засобів, які розглядають споживання енергії з точки зору життєвого циклу, а не просто вміст енергії в паливі. На основі підходу «уникай-змінуй-покращуй» команда міської мобільності Німецьке товариство міжнародного співробітництва «GIZ» рекомендує дотримуватись 10 принципів сталого міського транспорту, починаючи від планування міста в масштабах щільної забудови, сприяння пішохідному та велосипедному руху, а також громадському транспорту, до просування чистих транспортних засобів і підвищення ефективності транспортних операцій [7]. Цей модуль «GIZ» розглядає заходи та інструменти підвищення енергоефективності транспорту в містах. Підвищення енергоефективності означає використання менше енергії для надання тієї самої послуги або рівня діяльності, або це означає отримати якіснішу послугу за ту саму енергію введення. Можливе відносне зниження споживання енергії, що пов'язано з технологічними змінами, але це також може досягатися за рахунок кращої організації та управління і через зміни поведінки.

У рамках європейських цілей окремі країни-члени ЄС визначають національні енергетичні та екологічні цілі та політику для транспортного сектору. Швеція поставила за мету скоротити викиди парникових газів у транспортному секторі щонайменше на 70% з 2010 по 2030 рік, а до 2045 року весь транспортний сектор буде повністю вільний від викидів парникових газів (Шведське енергетичне агентство, 2017) [8].

Чисті та енергоефективні транспортні засоби відіграють важливу роль у досягненні цілей політики ЄС щодо зменшення споживання енергії, викидів CO<sub>2</sub> та інших забруднюючих речовин. Директива щодо просування екологічно чистих та енергоефективних транспортних засобів [9] спрямована на широке впровадження на ринок екологічно чистих транспортних засобів. Він стосується закупівлі транспортних засобів для послуг громадського транспорту. Системи чистого транспорту можуть повністю задовольнити енергетичні потреби транспортного сектора. У довгостроковій перспективі альтернативні види палива з низьким вмістом вуглецю повинні поступово замінити викопне паливо для транспортних засобів.

Планування системи роботи громадського транспорту – це завдання оптимізації між рівнем обслуговування, економічністю та енергоефективністю. Щоб максимізувати енергоефективність, перспективними будуть лише маршрути з найбільшою завантаженістю. Однак це означає низький рівень обслуговування, і кількість пасажирів, швидше за все, скоротиться на певний рівень. З іншого боку, щоб підтримувати хороший рівень

обслуговування, маршрути все ж будуть використовуватись і з меншою або низькою завантаженістю. Однак у довгостроковій перспективі хороший рівень обслуговування підвищує завантаженість і, отже, енергоефективність.

Енергоефективність також можна підвищити, підібравши транспортний засіб відповідно до кількості пасажирів. Постійний моніторинг заповнюваності є необхідною умовою для цього, але значного підвищення енергоефективності можна досягти, використовуючи менші транспортні засоби на маршрутах з низькою наповненістю. Також на енергоефективність значною мірою впливає технологія автомобіля. Однак енергоефективність є продуктом кількох детермінантів, а також лише частиною ширшого контексту викидів CO<sub>2</sub>. Через це індикатор енергоефективності слід використовувати не як єдиний індикатор впливу громадського транспорту на навколишнє середовище, а як один індикатор серед інших. Немає встановленої основи для аналізу енергоефективності та викидів CO<sub>2</sub> громадського транспорту.

На рис. 1 представлено запропоновану структуру для аналізу роботи автобусів на міських маршрутах по критерію енергоефективності.

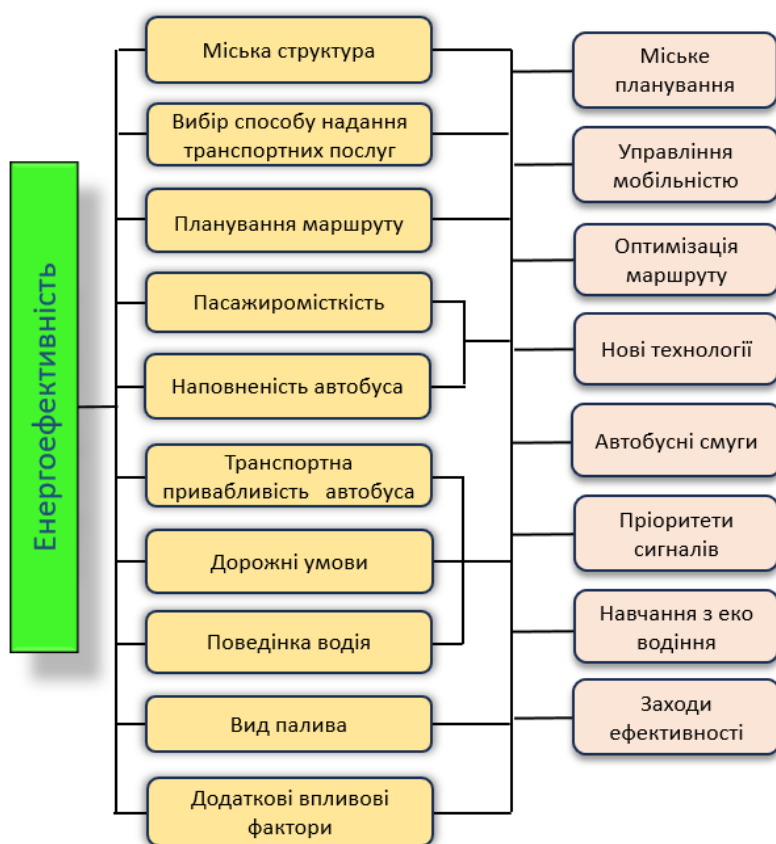


Рисунок 1 – Основи енергоефективності автобуса на міських маршрутах

В оцінці використання відновлюваних джерел палива в громадському автобусному транспорті є очевидні переваги підвищення рівня деталізації від відновлюваних джерел і викопного палива до конкретних видів палива. Різні види відновлюваного палива несуть різне навантаження на використання енергії від виробництва, що призводить до більш-менш сильного впливу на навколишнє середовище. Ці аспекти важливо враховувати при виборі палива, яке є корисним для досягнення екологічних цілей, таких як скорочення викидів парникових газів.

Подібним чином картина енергоефективності в автобусах стає повнішою з перспективи «від джерела до колеса», беручи до уваги споживання енергії протягом усього життєвого циклу палива. Ефективні двигуни також важливі, але загальна енергоефективність залежить від використовуваного палива. Чи встановлюється споживання енергії по відношенню до

кількості транспортних засобів-км чи кількості пасажиро-км, головним чином цікавить транспортного оператора. Густанаселені регіони, природно, матимуть відносно велику кількість пасажирів на автобус і більш ефективну транспортну систему з точки зору здатності перевозити людей порівняно з малонаселеними регіонами.

Регіональні відмінності, коли йдеться про енергоефективність автобусів, значною мірою можна пояснити використанням різних силових систем. Більше споживання палива в міському русі порівняно з маршрутами за містом також може вплинути на загальну ефективність, але є вторинним щодо розбіжності в ефективності дизельних і газових двигунів.

Для реалізації мети визначено вплив дорожніх умов під час роботи автобуса, встановлено розподіл швидкостей руху автобусів класу МЗ за маршрутами міста Житомира, виявлено закономірності їх зміни, визначено вплив міських умов руху на витрату палива автобусами.

Витрата палива в міських умовах визначається як під час руху автобуса з розрахунковою середньою швидкістю, згідно з отриманим розподілом Вейбулла, використовуючи положення теорії автомобіля і вплив гідромеханічної передачі на витрату палива, так і при простоях автобусів на зупинках, регульованих перехрестях – як годинна витрата. При роботі автобуса з кондиціонером у теплу пору року, відповідно облік витрати палива враховувався за окремим підходом, так як цей фактор не є постійним через нерегулярність температурних умов.

Пропонований облік фактичного розподілу швидкостей, міських умов експлуатації та специфіки роботи гідромеханічної передачі, кондиціонера, суттєво наближають результати розрахунків до фактичних значень.

Таким чином, проведені дослідження підтвердили наявні зв'язки між завантаженістю пасажирями, що перевозяться, і споживанням енергії, виявлені іншими авторами. Транспортні засоби з великою пасажиромісткістю є набагато більш енергоефективними, ніж менші за вмістом, однак ця пасажиромісткість дуже ефективно використовується.

Нарешті, збільшення пасажиромісткості автобусів на міських маршрутах є лише частковим вирішенням проблеми енергоспоживання на транспорті. Вважаємо, що доцільно впроваджувати альтернативні джерела енергії (наприклад, використання водневої енергії).

### Список використаних джерел

1. Використання відновлювальної енергії для транспорту в Європі. Режим звернення: URL: <http://surl.li/silao>.
2. Тенденції та політика енергозбереження та викиди на транспорті. Режим звернення: URL: <http://surl.li/siltj>.
3. Чуйко С.П., Кравченко О.П., Прохорчук М.В. Аналіз показників ефективності визначення якості перевізних послуг автобусами на міських маршрутах. Науковий журнал Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. К.: ТНУ ім. В.І. Вернадського, 2023. Том 34 (73) № 4. С. 266-271.
4. Pimentel, D.; Pleasant, A.; Barron, J.; Gaudioso, J.; Pollock, N.; Chae, E.; Kim, Y.; Lassiter, A.; Schiavoni, C.; Jackson, A. US energy conservation and efficiency: Benefits and costs. Environ. Dev. Sustain. 2014, 6, p. 279–305.
5. García-Álvarez, A.; Pérez-Martínez, P.J.; González-Franco, I. Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions in Rail and Road Freight Transport in Spain: A Case Study of Car Carriers and Bulk Petrochemicals. J. Intell. Transp. Syst. 2013, 17, p. 233–244.
6. Barlow, T., et al., 2009. A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions. TRL Published Project Report, PPR 354, 280.
7. Профіль GIZ: сталий розвиток для комфортного майбутнього. Режим звернення: URL: <https://www.giz.de/en/aboutgiz/profile.html>.
8. Gustafsson, M., Svensson, N., Anderberg, S., (2018), Energy performance indicators as policy support for public bus transport: The case of Sweden, Transportation Research Part D, 65, p. 697-709.

9. Директива (ЄС) 2019/1161 Європейського Парламенту та Ради від 20 червня 2019 року про внесення змін до Директиви 2009/33/ЄС про сприяння екологічно чистим та енергоефективним транспортним засобам Режим звернення: URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/1161/oj>.

**Чуйко Сергій Петрович** – док. філософії, голова циклової комісії транспортні технології (на автомобільному транспорті), Відокремлений структурний підрозділ «Житомирський автомобільно-дорожній фаховий коледж Національного транспортного університету», e-mail: [expertauto@ukr.net](mailto:expertauto@ukr.net)

**Кравченко Олександр Петрович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету, e-mail: [ap\\_kravchenko@vntu.ua](mailto:ap_kravchenko@vntu.ua)

**Chuyko Serhiy** – PhD, head of the cycle commission transport technologies (on road transport), Separate structural division "Zhytomyr Automobile and Road College of the National Transport University", e-mail: [expertauto@ukr.net](mailto:expertauto@ukr.net)

**Kravchenko Oleksandr** – doctor of technical sciences, professor, professor of the department of automobiles and transport management of Vinnytsia National Technical University, e-mail: [ap\\_kravchenko@vntu.edu.ua](mailto:ap_kravchenko@vntu.edu.ua)

УДК 629.3.082.4

Шепеленко І.В., Красота М.В., Шумляківський В.П.

## СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ МИТТЯ АВТОМОБІЛІВ

*Задля збереження фарбування кузова, забезпечення якісного огляду, виконання робіт при технічному обслуговуванні та ремонті необхідно своєчасне проведення миття автомобілів.*

*Проаналізовано існуючі тенденції розвитку автомобільного бізнесу в Україні. Представлено класифікації способів миття автомобілів та обладнання, що використовується при цьому.*

**Ключові слова:** *автомобіль, автомийка, способи, обладнання, самообслуговування.*

*In order to preserve the body paint, ensure a high-quality inspection, and perform maintenance and repair work, it is necessary to carry out timely car washing.*

*The existing trends in the development of the car wash business in Ukraine are analysed. Classifications of car washing methods and equipment used for this purpose are presented.*

**Key words:** *car, car wash, methods, equipment, self-service.*

Зростання кількості автомобілів на вітчизняних дорогах неминує збільшує потреби в їх якісному обслуговуванні. Зокрема, збереження кузова автомобіля, проведення якісного огляду, виконання робіт з технічного обслуговування (ТО) й ремонту забезпечується миттям автомобілів. Своєчасне виконання миття автомобілів дозволяє знизити можливість виникнення корозії, зберегти лакофарбове покриття, полегшити зовнішній огляд, а також доступ до вузлів і деталей автомобіля при виконанні різних робіт з його ТО й ремонту [1]. Таким чином, регулярне миття автомобілів є одним з основних видів ТО транспортного засобу.

За даними [2] більше 30% наших громадян миють автомобіль щонайменше 1 раз на місяць, а ще 20% – 2 рази. Враховуючи кількість автомобілів в нашій країні (тільки легкових автомобілів офіційно зареєстровано більше 9 млн. од.), цілком зрозуміла необхідність та актуальність надання даного виду послуг.

За інформацією [3] в м. Кропивницький послуги з миття автомобілів надають біля 40 пунктів. Більшість з них розташовано в центральній частині міста (рис. 1).

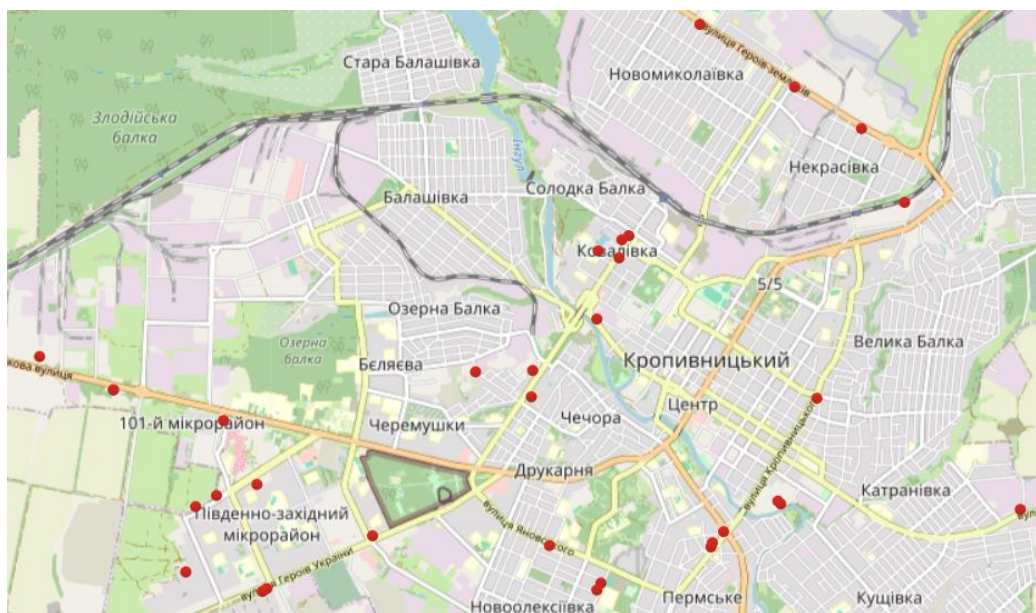


Рисунок 1 – Розташування автомийок в м. Кропивницький [3]

Останнім часом в м. Кропивницький намітилися тенденція до збільшення кількості автомийок самообслуговування. Саме такий вид миття найбільш популярний в Європі: біля 64% європейських власників автомобілів воліють користуватися саме автомийками самообслуговування, 30% віддають перевагу автоматичним автомийкам, а 6% використовують ручне миття [4]. Для порівняння – доля автомийок самообслуговування в Україні в 2018 р. складала 15 % від загальної кількості, але їх кількість за останні 5 років значно зросла [5].

Популярність даного виду миття автомобілів слід пояснити переш за все їх економічністю та зручністю. За даними Міжнародної асоціації автовиробників автомийки самообслуговування використовують найменшу кількість води – біля 75 л на цикл, а споживання електроенергії складає від 0,8 до 2,5 кВт год. [4]. Отже, можна стверджувати, що саме автомийки самообслуговування є на сьогодні найбільш прогресивними та ефективними, оскільки забезпечують кінцевий результат при значно менших витратах.

Певним попитом серед власників автомобілів продовжують користуватися мінімийки, про що свідчить статистика їх продажу в Україні (рис. 2) [6].

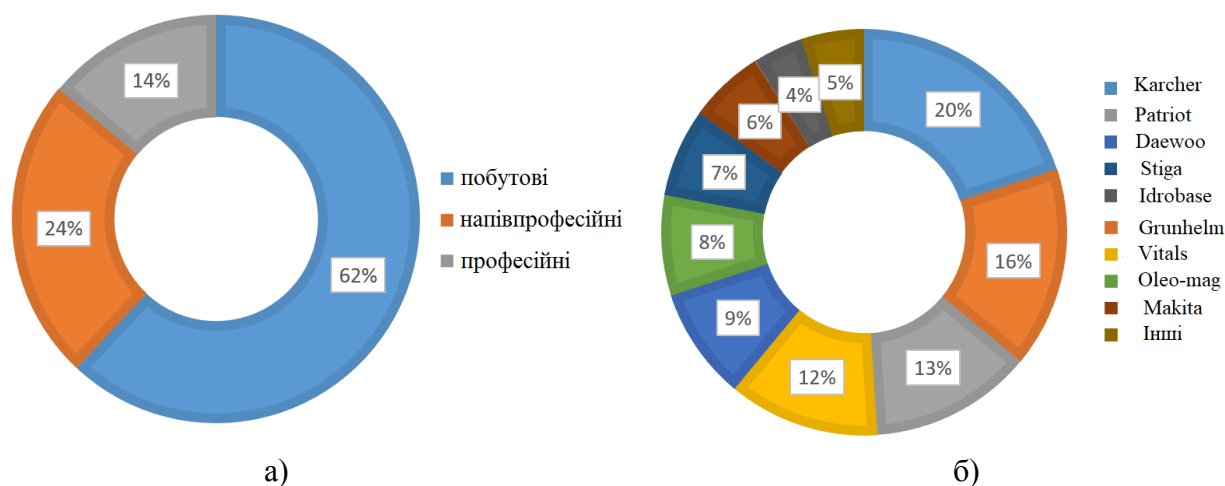


Рисунок 2 – Статистика продажу мінімийок за типом (а) та брендом (б) [6]

Враховуючи бурхливий розвиток такого виду автобізнесу як миття автомобілів, коротко розглянемо існуючі класифікації способів миття та обладнання, що використовуються при цьому.

В роботі [1] відомі способи миття автомобілів класифіковані за наступними ознаками:

- за видом обслуговування (автомийки з обслуговуючим персоналом та автомийки самообслуговування);

- за механізмом миття (контактний, безконтактний, детейлінг);

- за силовим впливом на поверхню (гідродинамічний, гідроабразивний, комбінований).

Обладнання для миття автомобілів у свою чергу можна розрізняти:

- за ступенем спеціалізації (вузькоспеціалізоване, спеціалізоване, універсальне);

- за рівнем мобільності (стаціонарне та мобільне);

- за технічним виконанням (автоматичні та ручні);

- за конструкцією (апарати високого тиску (АВТ), порталні та тунельні).

При цьому, у [1] зазначено, що така класифікація є незалежною, наприклад, портална й тунельна мийки можуть бути як контактними, так і безконтактними й навіть комбінованими в залежності від конструкції обладнання.

В роботі [7] надано класифікацію автомобільних мийок за такими ознаками:

- спосіб керування (ручні, автоматичні);

- клас транспортних засобів (для легкових автомобілів, для позашляховиків і мінівенів; для вантажних автомобілів і автобусів; індустріальні);

- конструкція мийки (порталні, тунельні).

АВТ класифікують за такими ознаками:

- режим роботи (побутові, напівпрофесійні, професійні, індустріальні);
- спосіб підігріву води (електричні, газові, дизельні).

В роботі [8] конструктивно мийні установки поділяють на: струминні, щіткові, комбіновані. Автор зазначає область використання таких установок: струминні – для миття вантажних автомобілів; щіткові – для миття легкових автомобілів та автобусів; комбіновані – для миття всіх типів автомобілів. Залежно від робочого тиску води або спеціальної мийної рідини розрізняють миття при високому (2,5...8,0 МПа), середньому (0,4...2,5 МПа) і низькому (0,2...0,4 МПа) тиску.

Цілком зрозуміло, що кожен вид миття та обладнання, що використовується при цьому, мають як певні переваги та недоліки, а отже, свою область використання. Але вже зараз цілком зрозуміла тенденція до збільшення кількості автомийок самообслуговування.

### Список використаних джерел

1. Красота М.В, Кулешков Ю.В., Магопець С.О., Шепеленко І.В., Бевз О.В., Осін Р.А., Руденко Т.В. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів : Навчальний посібник. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – 208 с.
2. <https://appointer.ua/blog>
3. <https://kr.locator.ua/kropyvnyckyj/avtomyjky/>
4. M J Geca 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 2130 012004.
5. <https://remonline.ua/blog/types-of-carwash/>
6. <https://storgom.ua/ua/novosti/rejting-minimoek.html>
7. Тригуб О. А. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів : Навчальний посібник. – Черкаси: ЧДТУ, 2021. – 187 с.
8. Червоний Б.І. Технологічне обладнання автотранспортних підприємств : Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2005. – 212 с.

**Шепеленко Ігор Віталійович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри експлуатації та ремонту машин факультету будівництва, транспорту та енергетики Центральноукраїнського національного технічного університету

**Красота Михайло Віталійович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин факультету будівництва, транспорту та енергетики Центральноукраїнського національного технічного університету

**Шумляківський Володимир Петрович** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки Державного університету «Житомирська політехніка»

**Ihor Shepelenko** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Exploitation and repairing machines, Faculty of Civil Engineering, Transport and Energy, Central Ukrainian National Technical University

**Mykhailo Krasota** – Ph.D, Associate professor, Associate Professor of the Department of Exploitation and repairing machines, Faculty of Civil Engineering, Transport and Energy, Central Ukrainian National Technical University

**Volodymyr Shumliakivsky** – Ph.D, Associate professor, Head of the Department of Automotive and Transport Technologies, Faculty of Computer-Integrated Technologies, Mechatronics and Robotics, Zhytomyr Polytechnic State University



*Електронне наукове видання*

**Матеріали XII Міжнародної науково-  
технічної інтернет-конференції  
«Проблеми та перспективи розвитку  
автомобільного транспорту»,  
16-18 квітня 2024 року**

Збірник доповідей

Матеріали подаються в авторській редакції

Підписано до видання 20.05.2024 р.  
Гарнітура Times New Roman.  
Зам. № P2024-113

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: irvc.vntu@gmail.com.*

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