

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

Kharkiv National Automobile and Highway University

Automobile Faculty

BOOK OF ABSTRACTS:

International Scientific and Practical Conference until the Day
of Workers of Automobile Transport and Road Workers on

MODERN AUTOMOTIVE INDUSTRY, TRANSPORT AND ROAD INFRASTRUCTURE '2024 (MAITRI 2024)

October 22-23, 2024 (online)

61002, Ukraine, Kharkiv, Yaroslava Mudroho str., 25 (certificate of UkrISTEI No.
508 from December 5, 2023)



Kharkiv 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Автомобільний факультет

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

Міжнародної науково-практичної конференції
до Дня автомобіліста та дорожника

**"Сучасне автомобілебудування,
автотехнічна експертиза, експлуатація
автомобільного транспорту та підготовка
фахівців галузі транспорт"**

22-23 жовтня 2024 р.

(Посвідчення УкрІНТЕІ № 508 від «5» грудня 2023 р.)



Харків 2024

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

КЕРІВНИКИ ОРГКОМІТЕТУ

Богомолов Віктор Олександрович – ректор ХНАДУ, д.т.н., професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України, академік Транспортної академії України, голова організаційного комітету конференції;

Дмитрієв Ілля Андрійович – проректор ХНАДУ з наукової роботи, д.е.н., професор, Заслужений діяч науки і техніки України, академік Транспортної академії України, заступник голови організаційного комітету конференції;

Леонтєєв Дмитро Миколайович – декан автомобільного факультету ХНАДУ, д.т.н., відповідальна особа за організацію та проведення конференції

СЕКРЕТАРІАТ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Леонтєєв Дмитро Миколайович – загальне керівництво, декан АФ ХНАДУ, д.т.н., проф. кафедри автомобілів, dekan1.af@gmail.com , +38095-903-68-88;

Біловол Олександр Васильович – відповідальний секретар, к.т.н., доцент кафедри деталей машин та теорії машин і механізмів, avbelovol58@gmail.com , +38095-537-17-74;

Корогодський Володимир Анатолійович – відповідальний секретар, д.т.н., проф. кафедри двигунів внутрішнього згоряння ХНАДУ, korohodskiy@ukr.net , +38066-229-60-67;

Скрипник Наталія Станіславівна – секретар, к.т.н., доцент кафедри іноземних мов ХНАДУ, skrypnykns@gmail.com , +380677096399;

Холодов Михайло Павлович – секретар секції „Тенденції розвитку конструкції транспортних засобів”, к.т.н., доц. кафедри автомобілів ХНАДУ, michaelkholodov@gmail.com , +38-050-846-47-37;

Назаров Олександр Іванович – секретар секції „Технічна експлуатація і сервіс на транспорті”, к.т.н., доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ХНАДУ, hefer64@ukr.net , +38099-704-41-23;

Молодан Андрій Олександрович – секретар секції „Технологія виробництва, ремонт та конструкційні матеріали”, д.т.н., проф. кафедри технології машинобудування і ремонту ХНАДУ, tmirm@ukr.net , +38066-757-28-85;

Корогодський Володимир Анатолійович – секретар секції „Перспективні енергетичні установки та екологія”, д.т.н., проф. кафедри двигунів внутрішнього згоряння ХНАДУ, korohodskiy@ukr.net , +38066-229-60-67;

Біловол Олександр Васильович – секретар секції „Моделювання робочих процесів і конструкцій”, к.т.н., доцент кафедри деталей машин та теорії машин і механізмів, avbelovol58@gmail.com , +38095-537-17-74;

Дзюбенко Олександр Андрійович – секретар секції „Електромобілі, електроніка та енергозберігаючі технології”, к.т.н., доцент кафедри автомобільної електроніки ХНАДУ, ae.hnadu@gmail.com , +38066-768-41-16;

Маляр Володимир Володимирович – секретар секції „Дорожньо-будівельна галузь: проблеми, перспективи, інновації”, к.т.н., проф. кафедри технології дорожньо-будівельних матеріалів ХНАДУ, vladimirmalyar16@gmail.com , +380677189941;

Кочина Анастасія Анатоліївна – секретар секції „Транспортні технології та логістика”, к.т.н., доц. кафедри транспортних систем і логістики ХНАДУ, kochina.tsl@gmail.com , +380503010935.

ЧЛЕНИ ОРГКОМІТЕТУ:

Клименко В.І. – завідувач кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула, ХНАДУ, д.т.н., професор, Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0002-7399-0397>

Матейчик В.П. – декан автомеханічного факультету Національного транспортного університету м. Київ, д.т.н., професор, Відмінник освіти України, академік Транспортної академії України <https://orcid.org/0000-0002-3683-7246>

Сараєв О.В. – професор кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула, ХНАДУ, д.т.н., професор, Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0001-6582-560X>

Воронков О.І. – завідувач кафедри двигунів внутрішнього згоряння, ХНАДУ, д.т.н., професор, Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0002-8389-2459>

Корогодський В.А. – професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння, ХНАДУ, д.т.н., професор, Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0002-1605-4631>

Подригало М.А. – завідувач кафедри технології машинобудування і ремонту машин, ХНАДУ, д.т.н., професор, Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0002-1624-5219>

Батигін Ю.В. – завідувач кафедри фізики, ХНАДУ, д.т.н., професор, Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0002-1278-5621>

Гнатов А.В. – завідувач кафедри автомобільної електроніки, ХНАДУ, д.т.н., професор, Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0003-0932-8849>

Волков В.П. – завідувач кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. проф. Говоруценка М.Я., ХНАДУ, д.т.н., професор, Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0003-2202-3441>

Воропай О.В. – завідувач кафедри деталей машин і теорії механізмів і машин, ХНАДУ, д.т.н., професор, Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0003-3396-8803>

Глушкова Д.Б. – завідувач кафедри технології металів та матеріалознавства, ХНАДУ, д.т.н., професор, Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0001-8612-6584>

Бугаєвський С.О. – декан дорожньо-будівельного факультету ХНАДУ, д.т.н., професор, Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0003-2861-0268>

Кожушко В.П. – завідувач кафедри мостів, конструкцій та будівельної механіки ім. В.О. Російського ХНАДУ, д.т.н., професор, Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0002-7044-776X>

Маляр В.В. – доцент кафедри технології дорожньо-будівельних матеріалів ім. М.І. Волкова ХНАДУ, к.т.н., доцент, Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0001-5230-5947>

Гутаревич Ю.Ф. – професор кафедри двигунів і теплотехніки, Національний транспортний університет, д.т.н., професор, Київ, Україна <https://orcid.org/0000-0002-4939-4384>

Криштопа С.І. – завідувач кафедри автомобільного транспорту, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, д.т.н., професор, Івано-Франківськ, Україна <https://orcid.org/0000-0001-7899-8817>

Грицук І.В. – професор кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія, д.т.н., професор, Херсон, Україна <https://orcid.org/0000-0001-7065-6820>

Варбанець Р.А. – завідувач кафедри суднові енергетичні установки і технічна експлуатація, Одеський національний морський університет, д.т.н., професор, Одеса, Україна <https://orcid.org/0000-0001-6730-0380>

Роговий А.С. – завідувач кафедри гідравлічні машини ім. Г.Ф. Проскури (Навчально-науковий інститут механічної інженерії і транспорту), Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ»), д.т.н., професор, Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0002-6057-4845>

Лісовал А.А. – професор кафедри двигунів і теплотехніки, Національний транспортний університет, д.т.н., професор, Київ, Україна <https://orcid.org/0000-0001-6168-4010>

Гогоренко О.А. – завідувач кафедри двигунів внутрішнього згоряння, установок та технічної експлуатації, Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова, к.т.н., доцент, Миколаїв, Україна <https://orcid.org/0000-0002-9157-6659>

Слинько Г.І. – професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння, Національний університет «Запорізька політехніка», д.т.н., професор, Запоріжжя, Україна <https://orcid.org/0000-0002-1954-8530>

Полив'ячук А.П. – професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, д.т.н, професор, Вінниця, Україна <https://orcid.org/0000-0002-9966-1938>

Лебедєв С.А. – директор Харківської філії Державної наукової установи «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого», к.т.н., Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0002-3067-5135>

Калінін Є.І. – професор кафедри тракторів, автомобілів та біоенергоресурсів, Національний університет біоресурсів і природокористування України (НУБІП), д.т.н., професор, Київ, Україна <https://orcid.org/0000-0001-6191-8446>

Кравченко С.С. – завідувач кафедри двигунів та гібридних енергетичних установок (Навчально-науковий інститут енергетики, електроніки та електромеханіки), Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ»), к.т.н., доцент, Харків, Україна <https://orcid.org/0000-0003-3250-8645>

Krzysztof Górski – DSci, Prof., Head of the Department of Automotive Transport, Kazmierz Pulaski University of Technology and Humanities, Radom, Poland <https://orcid.org/0000-0003-0951-3147>

Ruslans Šmigins – DSci., Professor of the Latvia University of Life Sciences and Technologies, Latvia Powertrain Institute <https://orcid.org/0000-0002-1953-6185>

Albina Tropina – DSci., Research Professor Aerospace Engineering, Texas A&M University, TX 77843, United States <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=23974103800>

Otar Gelashvili – Dean of transport and Faculty of Mechanical Engineering, Department of Road Transport and Logistics, DSci., Prof. Georgian technical University, Tbilisi, Georgia <https://orcid.org/0009-0002-4055-1176>

Valery Topalidi – Associate Prof., Ph.D of Tashkent University Automobile and Road University, Tashkent, Uzbekistan

Dimitrov Angel –_ prof. Technical University, Varna, Bulgaria;

Roland Lachmeier – Doctor of Engineering, Technical University, Hanover, Germany;

Alexey Antoshkiv – Doctor of Philosophy, Doctor of Eng., Brandenburg University of Technology, Germany;

Yuliya Gorb – Associate Professor, Department of Mathematics, University of Houston;

Oleg Sergienko – Associate Professor, Engineering Institute of Universidad Autonoma de Baja California

ПАРТНЕРИ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Сілезька Політехніка

Лодзька політехніка

Чеський університет природничих наук

Варшавський університет технологій

Бранденбурський технологічний університет

Ансбахський університет прикладних наук

Магдебурзький технічний університет

Запорізька політехніка

Національний університет біоресурсів і природокористування
України

Державне підприємство «Завод імені Малишева»

Харківська філія Державної установи «Український науково-дослідний інститут прогнозування і випробування техніки і технологій для сільського господарства ім. Л. Погорілого

Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН
України

Український державний університет залізничного транспорту

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"

ЗМІСТ

Секція 1. ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КОНСТРУКЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Альокса М. М. Ошибка! Закладка не определена.	9
Аналіз результатів тестування літніх шин типорозміру 225/45 R 17 на гальмівну ефективність	
Кашканов А. А., Маліцький Б. В.	22
Перспективи розвитку мережі громадського транспорту м. Вінниця на базі впровадження електричних автобусів	
Леонтьєв Д. М., Малий В. М.	27
Автономні транспортні засоби: перспективи, структура та проблеми напрямку	
Леонтьєв С. М., Ярита О. О.	30
Щодо питання впливу температури на тиск в приводі	
Писарцов О. С.	31
Дослідження тиску на опорну поверхню транспортного засобу категорії M ₁ на прикладі «Опель Grandland 1,5 BHDl»	
Подригало М. А., Холодов М. П., Байцур М. В.	33
Розробка та дослідження енергоефективного колісного малогабаритного транспортного засобу з інерційними рушіями	
Хітров І.О.	39
Вимоги до конструкції транспортних засобів: ключові аспекти	
Шоповаленко В. О.	42
Дослідження системи екстреного підняття кузова	
Ярита О. О., Фисун С. С., Сметанін Г.В.	45
Тенденції використання приводів зчеплення: у вантажних автомобілях та автобусах	

Секція 2. ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ І СЕРВІС НА ТРАНСПОРТІ

Болдовський В. М.	47
Вдосконалення системи технічного обслуговування електричних вантажних автомобілів в умовах автопідприємств	

Верхломчук В. В.	48
Використання інформаційних технологій у сервісному обслуговуванні автомобілів компанії TOYOTA	
Волков В. П., Волкова Т. В., Верхломчук В. В.	53
Оцінка паливної економічності транспортних засобів за допомогою інформаційних систем	
Горбик Ю. В., Стропша Е. К.	55
Метод визначення енергетичних показників автомобіля	
Зибцев Ю. В.	59
Діагностування основних складових елементів ходової частини автомобілів	
Корпач А.О., Левківський О. О.	61
Методи діагностування високовольтної системи автомобілів з гібридними силовими агрегатами	
Кривошапов С. І, Коваленко М. І.	65
Загальний критерій для оцінки енергетичної ефективності транспортних засобів	
Кубіч В. І., Чернета О. Г., Куцай М. Ю.	69
Вміст CO ₂ та CO у відпрацьованих газах при взаємодії з картерним простором двигуна ВАЗ-21011 на швидкісних режимах	
Кужель В. П., Кравець С. І., Руденко В. Ю.	74
Шляхи вдосконалення стендового контролю технічного стану гальмівних механізмів транспортних засобів	
Куликівський В. Л.	76
Аналіз впливу експлуатаційних факторів на зміну технічного стану системи живлення дизельних двигунів	
Мармут І. А., Чорний І. В.	78
Розробка методики визначення метрологічних характеристик каналу вимірювання потужності на роликовому стенді ПДС-Л	
Наглюк М.І.	81
Зміна електропровідності охолоджувальних рідин автомобілів від наробітку	
Назаров О.І., Семченко В. В.	83
Забезпечення керованості легкових автомобілів при комбінованому гальмуванні	

Онищук В. П.	87
Розвиток інтелектуальних транспортних систем в Україні: виклики, перспективи та можливості впровадження	
Павленко В., М., Петросян О. В.	89
Вплив гібридних силових установок на комфорт та керованість автомобіля в умовах міського циклу	
Павленко В. М., Прасолов М. Ю.	92
Машинне навчання в системах запобігання аваріям	
Павленко В. М., Рекота О. В.	95
Вплив амортизаторів на динамічні характеристики автомобіля та комфорт пасажирів	
Павленко В. М., Скоробрух С. В.	98
Вплив міжнародних екологічних норм на інноваційні технології в автомобілебудуванні	
Павленко В. М., Сухомлин О. О.	101
Роль сучасних матеріалів у забезпеченні безпеки транспортних засобів	
Павленко В. М., Чуб Д. О.	104
Вплив навантаження автомобіля на знос гальмівних колодок	
Погорлецький Д. С., Грицук І. В., Кальченко В. В. Худяков І. В.	107
Інформаційний комплекс експлуатації транспортного засобу	
Сергієнко М. Є., Сергієнко А. М., Калінін П. М., Тихановський В. П.	113
Шляхи підвищення ефективності експлуатації зчеплення транспортного засобу	
Хрулев О. Е., Сараєва І. Ю., Суханов М. Ю., Воробйов О. М.	116
Моделювання діагностичних параметрів циліндро-поршневої групи автомобільного двигуна після гідроудару	
Халімоненко О. С., Горбик Ю. В.	119
Обладнання ділянки на підприємстві з обслуговування транспортних засобів з двигунами, які працюють на газовому паливі	
Худяков І. В., Грицук І. В., Погорлецький Д. С., Черненко В. В., Юрець Н. Ю.	122
Формування морфологічної структури інформаційної системи моніторингу транспортних засобів	

Секція 3. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА, РЕМОНТ ТА КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Болдовський В. М. 129
Вдосконалення машинобудівного підприємства за рахунок використання методології SIX SIGMA

Дубінін Є. О., Полянський О. С., Молодан А. О. 131
Раціональна кількість інструменту в умовах гаражного ремонту автотракторної техніки

Головань А. І. 134
Аналіз перспектив управління системою технічного обслуговування наземних колісних транспортних засобів з використанням цифрових стратегій

Головащенко О. В. 137
Адаптований підхід до моделювання забезпечення технічної готовності транспортних засобів шляхом удосконалення матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності

Грицук І. В., Горобченко О. М., Мацюк В. І., Дудник Ю. П. 141
Адаптація інформаційної моделі моніторингу та прогнозування параметрів стану дизель-електростанції для застосування у критичному об'єкті інфраструктури транспорту

Навроцький А. В. 144
Особливості загального підходу до систематизації схем апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу експлуатації транспортного засобу

Сакно О. П., Суханов А. С., Старік В. С. 147
Дослідження системи «водій-автомобіль-дорога-середовище» методами CREAM і FRAM

**Чернета О. Г., Очеретяний М. А., Скороход М. В., Бондюк Д. М.,
Суслов І. В. 150**
Комбінований спосіб модифікації поверхні деталі за допомогою борування і лазерної обробки

Секція 4. ПЕРСПЕКТИВНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ ТА ЕКОЛОГІЯ

Афонін В. М., Воробйов Д. В. 153
Сучасні методи удосконалення показників форсованих дизельних двигунів

Бердецький І. А., Лисак С. І., Кривошия Д. О., Балака М. М.	157
Особливості використання зрідженого нафтового газу у двигунах внутрішнього згорання	
Воронков О. І., Авраменко А. М.	160
Переваги використання автономного вимірювального комплексу для комп'ютерного діагностування двигунів наземних транспортних машин	
Грицюк О. В., Дробязко В. А.	163
Пошук перспективних шляхів покращення показників вітчизняного автомобільного дизеля 6ЧН 8,8/8,2	
Корогодський В. А., Манойло В. М., Мовчан О. П., Матиско О. О., Хомутов М. А.	166
Дослідження впливу параметрів паливного струменя на інтенсивність перебігу процесів внутрішнього сумішоутворення в двигуні 1Д 8,2/8,7 з іскровим запалюванням	
Нікітченко І. М., Трофіменко Д. О.	171
Теплообмін у двигуні внутрішнього згорання	
Пашков В. Г., Авраменко А. М., Круговий А. О.	175
Виготовлення випускного колектору до двигуна БМВ М54В30, для підводу відпрацьованих газів до турбінного колеса	
Прокопенко Н. В., Свашенко А. А.	179
Особливості формування зелених насаджень міста	
Anna E. Filatova, Ihor M. Nikitchenko, Eduard V. Teslenko, Maksym V. Strilets, Dmytro V. Savych.	183
Application of methods of experiment planning theory for assessing the economy of a pneumo-engine	
Anna E. Filatova, Olena P. Varavina, Ihor M. Nikitchenko, Eduard V. Teslenko, Andriy O. Krugovyi, Mykhailo V. Sozykin	188
Construction of the regression model of the specific air consumption for an automobile pneumo-engine	

Секція 5. МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ І КОНСТРУКЦІЙ

Авершин А.Г., Біловол О.В.	192
Порівняльний аналіз побудови вільної поверхні гідравлічного стрибка на основі рівняння різкозмінного руху і чисельного моделювання	

Воропай О. В., Шарапата А. С., Єгоров П. А., Богдан Д. І. 197
Розробка спеціалізованої підйомної платформи для транспортних засобів.
постановка задачі

Коряк О.О. 201
Вплив дисипативних сил на нерівномірність крутного моменту в карданній
передачі з подвійним шарніром Гука

Красніков С.В..... 204
Аналіз вимушених коливань опор роторів парової турбіни великої потужності
поблизу робочої частоти

Кривда В. В., Сакно О. П., Сакно О. Р. 208
Сучасні методи застосування поршневих двигунів у гібридних енергетичних
установках для транспорту та виробництва електроенергії

Міщенко І. В., Чернов В. М. 212
Експериментальне визначення коефіцієнту опору повітря при вимірюванні
дальності польоту гідравлічного струменя

Сметанкіна Н. В., Угримов С. В. 217
Аналіз напружено-деформованого стану багатошарового скління транспортних
засобів при ударному навантаженні

Секція 6. ЕЛЕКТРОМОБІЛІ, ЕЛЕКТРОНІКА ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ АВТОТЕХНІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ТА БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Аргун Щ. В., Іванов В. В. 219
Вдосконалення контролю електричних перешкод та шумів в автомобільних
системах

Багач Р. В., Латвинський В. Д. 221
Підвищення енергетичної ефективності зарядних станцій для електромобілів

Білаш І. О., Гнатов А. В. 225
Автомобільна електроніка – інновації виклики та проблеми її використання

Бороденко Ю. М., Гришин В. А. 228
Застосування діагностичного скрипта «EIPower» для діагностики електричних
систем автомобіля

Бороденко Ю. М., Щука М.Л. 231
Автоматизація процесу тестування ДВЗ з використанням скрипта «CSS»

Буряківський В. А.	235
Аналітичне дослідження впливу температурних режимів тягових батарей електромобілів на їх ефективність	
Вольський М. В., Аргун Щ. В.	238
Перспективи розвитку модульних системи для інтеграції сонячних панелей в корпус електромобіля	
Гнатов А. В. Недбайло І. Ю.	241
Сучасні інноваційні технології у зберіганні енергії	
Гнатов А. В., Сохін П. А., Лойко С. О.	245
Розвиток швидкісної зарядної інфраструктури для електромобілів в Україні	
Гнатов А. В., Сулейманов Д. В.	249
Енергогенеруючі сходинки, як децентралізовані джерела живлення для автотранспорту та його інфраструктури	
Гнатов А. В., Ульянець О. А., Єгунов В. Б.	252
Розробка системи індукційного підігріву повітря комбінованої силової установки з пневмодвигуном для автотранспорту	
Далека В. Х., Фуртат С. О.	256
Особливості діагностування гальмівних систем транспортних засобів з електроприводом	
Двадненко В. Я., Дзюбенко О. А., Шарко Я. Е.	259
Активне балансування при заряді і при розряді літійєвих акумуляторних батарей	
Дзюбенко О. А., Товстокорий М. Ю.	263
Аналіз роботи системи адаптивного круїз-контролю на основі прогнозованого керування	
Латвинський В. Д., Багач Р. В.	267
Порівняльний аналіз характеристик тягових акумуляторів для сучасних електромобілів	
Манойло В. М., Гончаров С.В., Шулаєв М.Є, Плигун М. С., Маслеников Д. О.	271
Вдосконалення системи паливоподачі газодизелів для мобільної техніки в АПК	

Манойло В.М., Козлов Ю. Ю., Гончаров С.В., Шулаев М.Є, Пігарєв Д.О., Стрижак Г.О.	274
Вдосконалення системи живлення газодизельних двигунів автотракторного призначення	
Манойло В.М., Шулаев М.Є, Гончаров С.В., Чачхалия М.О., Нежид Д. П., Гужва С. Ю.	276
Покращення параметрів сумішеутворення, згоряння, паливоподачі шляхом узгодження форми камери згорання при форсуванні автотракторного дизеля	
Нечаус А. О.	278
Дослідження можливостей вдосконалення систем керування електричних мікромереж з відновлюваними джерелами електричної енергії	
Нечаус А. О., Добродецький К. А.	281
Дослідження датчиків частоти обертання на основі ефекту Хола	
Нечаус А. О., Заховаєв Д. Є.	283
Вибір та обґрунтування конструкції лінійного генератора для послідовного гібридного електромобіля	
Нечаус А. О., Петрачков В. О.	286
Дослідження засобів зменшення впливу зарядних станцій електромобілів на мережу живлення	
Нечаус А. О., Хілевський В. С.	288
Дослідження адаптивної системи керування прискоренням та гальмуванням електромобіля	
Фурсов О. С., Аргун Щ. В.	290
Системи повторного використання тепла від систем кондиціонування та охолодження у електромобілях	

Секція 7. АВТОТЕХНІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ТА БЕЗПЕКА ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Андрій Сохін, Ігор Коротєєв	293
Сучасний стан та основні завдання автотехнічної експертизи в Україні	
Кульбашна Н. І., Гелдишев А. М.	298
Дослідження маневру тролейбуса на повороті	
Олександр Козлов, Роман Чемеріс, Денис Леонтєв	302
Експертні питання проблем експлуатації електрокарів	

Renata Bulka, Олексій Сараєв, Сергій Данець, Едуард Сагайдак	307
Співпраця CYBID в Україні на базі Харківського національного автомобільно-дорожнього університету	

Секція 8. ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЛОГІСТИКА

Авер'янов В. С., Боць В. В.	316
Вибір раціонального режиму роботи автобусів на маршрутах	
Кочина А. А.	319
Формування попиту на ринку транспортних послуг в міжміському сполученні автомобільним транспортом	
Любий Є. В., Цинь Сяосюань	323
Моделі прогнозування вантажного транспортного попиту	
Сасов О. О., Костенко Д. А.	326
Побудування моделі маршрутної системи міського пасажирського транспорту	
Шматко Д. З., Бабак В. О.	329
Моделювання провізних можливостей маршрутної мережі міських автобусних маршрутів загального користування	

Секція 9. ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНА ГАЛУЗЬ: ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ, ІННОВАЦІЇ

Батракова А. Г., Урдзік С. М., Дорожко Є. В., Батраков О. Д., Назаренко І. В.	332
Застосування методів імовірнісного аналізу для оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу	
Бугаєвський С. О., Ненастіна Т. О., Задорожний А. О., Бугаєвська Ю. В.	335
Стан розвитку розвідних мостів у світі: огляд	
Дорожко Є. В., Батракова А. Г., Захарова Е. В., Шелкова І. С., Кулівар В. В.	339
Забезпечення зсувостійкості асфальтобетонного покриття на цементобетонних плитах на етапі проектування дорожнього одягу	
Захарова Е. В.	341
Класифікація геодезичних приладів	

Масалітін Є. О.	345
Шляхи відновлення чорно-щебеневих покриттів і забезпечення їх довговічності	
Толмачов С. М., Ільїн Я. В., Маляр В. В.	349
Вплив морозно-сольової деструкції на морозостійкість дорожніх бетонів	
Пиріг Я. І., Оксак С. В., Галкін А. В., Ільїн Я. В., Місніченко С. О.	353
Огляд методів визначення пластичності литих асфальтобетонних сумішей	
Хомутенко Д. Г., Маляр В. В.	356
Комп'ютерне моделювання експерименту з визначення низькотемпературної тріщиностійкості асфальтобетону	

Тези, отримані під час роботи конференції

Бганцев В. М., Левтєров А. М.	360
Досвід експлуатації свічок розжарювання на дизельному двигуні OM 602 turbo автомобіля MERCEDES 124	
Осипов В. О.	362
Особливості прийняття рішень при виконанні управлінських дій у сфері безпеки дорожнього руху	
Смирнов О. П., Борисенко А. О., Казак Д. А.	365
Дослідження життєвого циклу літій-іонного акумулятора електромобіля	

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕСТУВАННЯ ЛІТНІХ ШИН ТИПОРОЗМІРУ 225/45 R 17 НА ГАЛЬМІВНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ

Альокса Микола Миколайович. канд. техн. наук, професор кафедра
Автомобілів ім. А.Б. Гредескула, Харківський національний автомобільно-
дорожній університет,
e-mail: anikolaj52@gmail.com, ORCID: [0000-0002-0568-4419](https://orcid.org/0000-0002-0568-4419)

Для аналізу літніх шин типорозміру 225/45 R 17 на гальмівну ефективність використано матеріал результатів проведених випробувань та опубліковано в українському журналі «За кермом» [1,2]. Результати випробувань та виконаного автором аналізу представлені в таблицях 1 та 2. В обох випадках тестувалося одинадцять комплектів шин. Наведені в таблиці 1 результати випробувань отримані з « агрегатоносіїв » автомобілем седан Volkswagen Jetta , а таблиці 2 тестовий автомобіль – Volkswagen Passat . При випробуваннях на мокрому та сухому асфальтовому покритті замірявся гальмівний шлях. Замір закінчувався при швидкості 5 км/год, щоб унеможливити похибки через короткочасне блокування коліс на малій швидкості, що призводить до збільшення гальмівного шляху. Найкращий результат при гальмуванні на мокрому асфальті оцінюється у 260 балів, а на сухому – 240 балів.

Автором доповнені наведені таблиці такими стовпцями: ставлення максимальної ціни до ціни цієї шини; різницею гальмівного шляху, отриманого з конкретною шиною в порівнянні з кращою як по абсолютній величині, так і у відсотках; зайняте шиною місце за різного стану покриття; набрана сума місць; підсумкове місце за сумою місць; набрана сума балів за різного стану покриття; відсоток набраних балів конкретної шини порівняно з найкращим результатом; підсумкове місце за сумою набраних балів; співвідношення ціна/якість (сума набраних балів).

З таблиці 1 видно, що у мокрому асфальті найкращими виявилися шини Continental . На 0,3 або на 1,3% довша гальмівна колія з шинами Hankook . Третій результат із шинами Nokian . З ними гальмівний шлях більший на 0,8м, що становило збільшення на 3,4%. Найгіршими виявилися результати з шинами Dunlop . Гальмівний шлях вийшов довшим на 2,8 м, що становить збільшення на 11,8%.

На сухому асфальті найкращий результат із шинами Hankook . Шини Continental програли 0,1 або 0,3%. Шини Michelin мають третій результат. Вони відстали від переможця на 0,2 м, що становило 0,5%. Знову найгірші показники з шинами Dunlop . Гальмівний шлях більший на 4,2 м або 11,5%.

За сумою набраних місць найкращими є шини Continental та Hankook . Найбільше балів набрали шини Continental . Тільки 2,5 бала або 0,5% їм поступилися шини Hankook . Якщо врахувати, що шини Hankook дешевші за шини Continental на 390 грн , то їм слід віддати перевагу в придбанні.

Найдорожчими виявилися шини Bridgestone – 4500 грн , хоча за гальмівною ефективністю у них тільки п'ятий результат, як за сумою набраних місць , так і за сумою набраних балів, за сумою набраних місць за різного стану покриття та четверте місце за сумою набраних балів. Найдешевші шини Kumho за всіма показниками посіли десяте місце. Одинадцяте останнє місце за всіма показниками у шин Dunlop . Вони дорожчі за найдешевші на 375 грн. Вартість найдорожчої шини Bridgestone відрізняється від найдешевшої шини Kumho у 2,28 раза. Хоча за гальмівною ефективністю відмінність складає на мокрому асфальті – 1,1м або 4,6%, а на сухому асфальті – 2,3м (6,3%) та за набраними балами – 24 (4,9%).

За результатами, наведеними в таблиці 2, при гальмуванні на мокрому асфальті кращими виявилися шини Nokian . На 0,3 м виявився довшим за гальмівний шлях з шинами Continental , що склало 1,2%. Третій результат у трьох шин Toyo , Aplus , Nordman . У них гальмівний шлях більший на 0,8м або на 3,3%. Найгіршими виявилися шини Tigar . Гальмівний шлях автомобіля із цими шинами відрізняється від кращого результату на 3,5 м або на 14,3%. При гальмуванні на сухому асфальті найкращий результат із шинами Continental . На 0,3м або 0,8% більше гальмівний шлях із шинами Goodyear . Третє місце за шинами Nokian . З ними гальмівний шлях довше на 1,0м, що становить 2,6%. Найгірше автомобіль гальмував із шинами Yokohama . Від переможця різниця становила 4,5м або 11,7%. Як за сумою набраних місць, так і за сумою набраних балів найкращими є шини Continental , другий результат у шин Nokian і третій мають шини Goodyear , а найгіршими виявилися шини Tigar .

Ціна найдорожчої шини Continental відрізняється від найдешевшої Cachland у 2,35 рази, хоча гальмівний шлях у найгіршої шини більший на мокрому асфальті всього на 2,0м або 8,2%, на сухому асфальті на 2,3м (6,0%) , а за набраними балами менше на 32,8 (6,6%).

Слід звернути увагу на результати, наведені в таблицях для тих самих марок і моделей шин: Toyo , Nordman , Pir elli , Goodyear , Nokian , Continental. Щоправда, шини Continental були випущені у різних країнах. У таблиці 1 – це Словаччина, а таблиці 2 – Франція. Різниця у випробуваннях склала два роки. Оскільки існує інфляція, то піднялася ціна на 20 грн для шин Continental . Тим більше що з Франції везти далі, ніж зі Словаччини. На 85 грн стали дорожчі шини Toyo . Інші шини подешевшали. Nordman на 500 грн , Pirelli на 310 грн , Goodyea на 280 грн , а Nokian на 1445 грн. Шини Continental зайняли звичне місце найдорожчих шин. Найдешевшими є китайські шини Cachland та Aplus . Поруч із ними сербські шини Tigar .

Порівняння з гальмівної ефективності тих самих шин, представлених у таблицях показало , що результати таблиці 2 виявилися частіше гірше аналогічних результатів таблиці 1. Шини Toyo мають гальмівний шлях більше мокрому асфальті на 0,3м, але в сухому на 1,9м. З шинами Nordman гальмівний шлях на мокрому асфальті зменшився на 0,2м, а сухому збільшився на 1,8м. З шинами Pirelli збільшення на мокрому асфальті становило 0,3м, а сухому – 2,1м. Аналогічно сталося збільшення з шинами Goodyear на мокрому асфальті на 0,2м і на сухому - 1,3м. Шини Nokian показали зменшення на мокрому

асфальті на 0,2м та збільшення на сухому – 1,9м. З шинами Continental гальмівний шлях збільшився на мокрому асфальті на 0,9м, а сухому – 1,7м.

В результаті виконаного аналізу результатів тестування літніх шин типорозміру 225/45 R 17 різних виробників на гальмівну ефективність слід зазначити, що немає різких провалів в жодній шині. Як було показано вище, що з найгіршими шинами Tigar при гальмуванні на мокрому асфальті гальмівний шлях у автомобіля більший у порівнянні з найкращими шинами Nokian на 3,5м або 14,3%. Це відповідає часу руху автомобіля за швидкості 80 км/год 0,1575с. Аналогічне порівняння на сухому асфальті найгіршої шини Yokohama та найкращій – Continental дало різницю у 4,5м. Цей шлях автомобіль за швидкості 100 км/год проходить за 0,162с. На загальний час гальмування, а значить і на гальмівний шлях, значно більший вплив надає час реакції різних водіїв та одного водія від його стану та самопочуття протягом доби, різний ступінь зношеності протектора шин, експлуатації шин відповідно до сезону, а також час запізнення спрацьовування гальмівного. приводу та час наростання тиску в гальмівному приводі. Тому всі протестовані шини добрі, коли вони нові. Якщо бюджет дозволяє, треба встановлювати на автомобіль шини відомих брендів. Можна встановлювати бюджетні шини. Головне, щоб вони були з достатньою глибиною протектора та експлуатувалися за сезоном (зимові, літні).

Висновки

В результаті виконаного аналізу результатів тестування літніх шин типорозміру 225/45 R 17 різних виробників на гальмівну ефективність слід зазначити, що немає різких провалів в жодній шині. З гіршими шинами Tigar при гальмуванні на мокрому асфальті гальмівний шлях у автомобіля більший у порівнянні з найкращими шинами Nokian на 3,5 м , що становить 14,3%. За ціною вони відрізняються у 1,53 рази. Аналогічне порівняння на сухому асфальті найгіршої шини Yokohama та найкращій – Continental дало різницю у 4,5м або 11,7%. Відрізняються вони за ціною в 1,16 рази. Ціна найдорожчої шини Continental відрізняється від самої Cachland у 2,35 рази, хоча гальмівний шлях у гіршої шини більший на мокрому асфальті всього на 2,0м або 8,2%, на сухому асфальті на 2,3м (6,0%), а за набраними балами менше на 32,8, що становить 6,6%.

Всі протестовані шини хороші, коли вони нові. Якщо бюджет дозволяє, треба встановлювати на автомобіль шини відомих брендів. Можна встановлювати бюджетні шини. Головне, щоб вони відповідали нормативам: за роком випуску, сезонністю умов експлуатації, навантаженням, швидкістю, тиском повітря в шинах і достатністю глибини протектора.

Література

1. Мішин С., Тестов Д. Холодний розрахунок. - Україна "За кермом", 2018, № 4, с. 50-54
2. Мішин С., Тестов Д. Проти топів. - Україна "За кермом", 2020, № 04-06, с. 31-36

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕРЕЖІ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ М. ВІННИЦЯ НА БАЗІ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АВТОБУСІВ

Кашканов Андрій Альбертович, докт. техн. наук, професор,
директор інституту докторантури та аспірантури,
професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту,
Вінницький національний технічний університет,
e-mail: a.kashkanov@vntu.edu.ua, ORCID: [0000-0003-3294-6135](https://orcid.org/0000-0003-3294-6135)

Маліцький Богдан Вікторович, магістр,
Вінницький національний технічний університет,
e-mail: bohdan2820@ukr.net

Проблема забруднення повітря в українських містах продовжує загострюватися, тому її потрібно вирішувати негайно. Найбільш дієвим способом покращення екологічної ситуації в містах є перехід на електричний транспорт – електричні автобуси (електробуси).

В Україні даний напрям електрифікації є перспективним та стратегічним, оскільки у Міністерстві інфраструктури розробили покроковий план впровадження в Україні екологічного транспорту в рамках Національної транспортної стратегії до 2030 року [1]. Впровадження електробусів допоможе мінімізувати забруднення повітря, зменшивши викиди парникових газів в атмосферу та зниження рівня шкідливих викидів.

Сучасне виробництво та продаж електротранспорту в Європі та Україні набули значного розвитку. Особливу увагу варто звернути на перспективи впровадження електробусів, які замінять двигуни внутрішнього згоряння на електричні для покращення екологічної ситуації в містах. До 2040 року очікується, що 80% міських перевезень у країнах Європейського Союзу здійснюватимуться електробусами, і ця тенденція поступово впроваджується в Україні. З огляду на потенціал електробусів, необхідно глибше дослідити їх конструктивні особливості та можливості експлуатації в міських умовах.

Дослідження електричних транспортних засобів показали, що перехід до екологічно чистого транспорту без шкідливих викидів є ефективним способом зменшення залежності від нафти та газу. Використання акумуляторних батарей дозволяє інтегрувати їх із двигунами внутрішнього згоряння або повністю перейти на електричну тягу. Сьогодні багато науковців як в Україні, так і за кордоном активно досліджують питання електротранспорту. Серед них: Будьонний О. В., Гладій Б. О., Гнатов А. В., Аргун Щ.В., Гончаров Ю. П., Дембіцький В. М., Кошель М. Д., Шевчук Я. В. та багато інших.

Транспортні викиди є однією з основних причин забруднення повітря у містах [2], а в глобальному масштабі це одна з причин підвищення середньої температури повітря на нашій планеті, оскільки викиди транспорту містять велику кількість CO₂ – двоокису вуглецю. Вплив транспорту на якість життя людей, особливо жителів міст, проявляється і в таких факторах як: постійний

шум, затори на дорогах, формування шкідливого для здоров'я смогу та ін. Беручи до уваги той факт, що транспортний потік тільки наростає, необхідно робити все для зменшення впливу всіх зазначених факторів на екосистему людини. Сталий розвиток транспортної системи стає неможливим без врахування цього. Парниковий ефект від транспорту виникає через викиди в атмосферу двоокису вуглецю CO_2 , CH_4 (метан) і N_2O (закис азоту). Найефективнішим підходом для зниження забрудненості повітря та в цілому покращення екологічної ситуації у містах є максимальне збільшення частки електричних автобусів у громадському транспорті. Електричний автобус – це екологічно чистий транспорт, що дозволяє у найкоротший термін максимально знизити забрудненість повітря у містах. Тож їх впровадження є стратегічним напрямком для вирішення сучасних екологічних проблем.

Щодо схожості і відмінностей між електричними та звичайними автобусами на дизелі чи бензині, то зовні вони виглядають ідентично. Основна різниця полягає у типі двигуна: звичайні автобуси використовують двигуни внутрішнього згоряння, які супроводжуються викидами в атмосферу шкідливих газів, тоді як електробуси – працюють на акумуляторах, що не створюють забруднень. Істотним моментом звичайних автобусів є те, що в порівнянні з електричними автобусами, які мають рухомі частини в основному тільки в двигуні, вони мають значно більше частин, що рухаються в загальній структурі автобуса. Вони не потребують частих замін мастила чи налаштування вихлопної системи, електробуси використовують герметичні акумулятори, які не вимагають досить витратного обслуговування. Таким чином, всебічна оцінка переваг електричних автобусів у порівнянні зі звичайними демонструє, що електробуси надають переваги не лише з економічної точки зору, але й, що особливо важливо – з точки зору захисту навколишнього середовища. Важливим є також прогрес у технологіях акумуляторів – збільшення їх ємності та зменшення часу зарядки, проте деякі проблеми, такі як обмежена ємність акумуляторів, висока вартість та довгий час зарядки – стримують розвиток електробусних мереж у містах. Сучасні акумулятори, незважаючи на численні переваги, мають характеристики, що істотно впливають на перспективи розвитку міських транспортних систем на базі електробусів. Зокрема це їх досить висока вартість, значна вага та тривалий, попри досягнення в цій сфері, час зарядки. Зазначені чинники ускладнюють широке впровадження електричних автобусів у міських транспортних мережах, однак ці фактори не є непереборними обмеженнями, вони лише вимагають ретельного врахування при проектуванні електробусів, замість бездумного використання стандартних рішень, розроблених для дизельних або бензинових двигунів. Щодо інших параметрів, таких як рівень шуму, вібрація та доступність, електричні автобуси не поступаються своїм аналогам двигунами внутрішнього згоряння і навіть мають ряд переваг. Зокрема, електричні автобуси значно тихіші та менш вібраційні, що робить їх більш придатними для використання в міських умовах.

Електричні автобуси значно відрізняються за своїми характеристиками від автобусів із двигунами внутрішнього згоряння. Тому для оцінки доцільності впровадження електричних автобусів у транспортну інфраструктуру важливо

враховувати ці відмінності. Оцінка доцільності включає розгляд ключових факторів [3-5]:

- економічний фактор, що охоплює загальні витрати на створення транспортної інфраструктури, витрати на технічне обслуговування та експлуатацію;
- проблеми експлуатації такі як: радіус обслуговування, тривалість зарядки, доступність зарядних станцій та розвиток інфраструктури;
- екологічний фактор, який враховує рівень викидів забруднюючих речовин, шумове забруднення та загальний вплив на чистоту повітря;
- енергетичний фактор, який стосується типу використовуваного джерела енергії та його ефективності.

Головною перешкодою для повної електрифікації громадського транспорту є загальні витрати на створення транспортних мереж на основі електричних автобусів. На сучасному етапі використання гібридних автобусів, які поєднують властивості звичайних автобусів з двигунами внутрішнього згоряння та електричних автобусів, є найбільш ефективним рішенням як з економічної, так і з експлуатаційної точки зору.

Перехід до експлуатації міських електробусів зумовлений стратегіями мобільності у великих містах, оскільки міська влада прагне покращити якість життя. На рис. 1 показано динаміку продажі нових міських автобусів у 2023 році в країнах Європейського союзу [6]. При цьому кількість електробусів у більшості країн щорічно зростає.

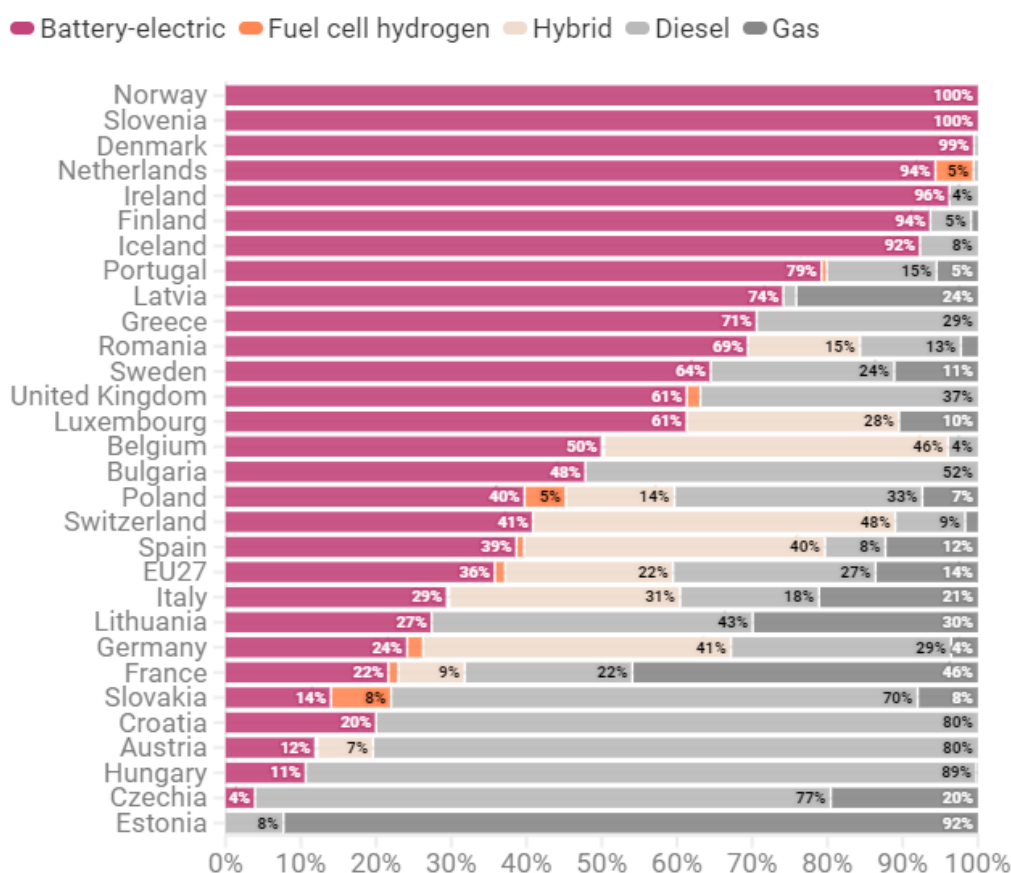


Рисунок 1 – Продажі нових міських автобусів у 2023 році в ЄС

Що стосується м. Вінниця, наразі перший і єдиний електробус Skywell працює на міських маршрутах з 2019 року. Електробус дешевший за експлуатаційними витратами за автобуси, що заправляються дизельним паливом. Одного заряду батареї йому вистачає на 300 кілометрів, а цикл зарядки триває лише три години. Згідно зі «Стратегією 3.0» [7] до 2030 року у Вінниці планували замінити маршрутні таксі на електробуси. Однак про ці наміри міська влада заявляла до початку повномасштабної війни.

При переході на електричні автобуси транспортні компанії повинні забезпечити збереження або навіть покращення існуючого рівня обслуговування. При цьому для транспортних компаній найважливішими показниками електробусів є запас ходу акумуляторної батареї та достатня місткість автобуса, оскільки існує потреба у виконанні значних зобов'язань за маршрутами: транспортні засоби повинні щодня долати великі відстані в межах фіксованих обмежень для дозаправки або підзарядки. Одночасно максимальне збільшення пасажиромісткості може створити проблеми, пов'язані з дальністю поїздки та втратою енергії акумуляторної батареї. У табл. 1 представлено аналітичний огляд десяти виробників оригінального обладнання (ІОО) у Європі [8], які пропонують міські автобуси з акумуляторними батареями, що забезпечують найбільший запас ходу.

Таблиця 1 – 10 акумуляторних міських електробусів у Європі, визначених ІОО як найбільш ефективні з урахуванням запасу ходу в 2023 році

ІОО	Модель	Довжина (м)	Ємність акумуляторної батареї (кВт·ч)	Максима- льний запас ходу (км)	Пасажиро- місткість
Ebusco	Ebusco 3.0	12	350	575	95
IVECO	E-WAY Full Electric	12	350	543	70
Quantron	Q-Bus	12	332	370	88
Temsa	Avenue Electron	12	360	350	85
Otokar	e-KENT C	12	300	300	95
Isuzu	NOVOCITI VOLT	8	211	300	52
Caetano	e.City Gold	12	385	300	87
Bozankaya	E Bus 10	10,7	230	300	80
MAN	Lion's City E	18	640	270	120
BYD	ADL Enviro200EV	10,2	348	257	80

Ефективність роботи транспортної мережі на основі електричних автобусів безпосередньо залежить від належно розробленої інфраструктури, що адаптована для їх використання. Можливі кілька варіантів організації інфраструктури: якщо йдеться про електричні автобуси з потужними акумуляторами, здатними працювати без підзарядки досить тривалий час, то тут існує основна проблема – тривалість зарядки. Тому необхідно передбачити станції надшвидкої зарядки або, якщо є така можливість, станції для заміни акумуляторів.

Акумуляторні електричні автобуси можуть працювати з різними типами зарядних елементів: зарядними точками, повітряними зарядними стовпами та системами індуктивної зарядки. Встановлення зарядних точок або повітряних стовпів не вимагає значних змін у вже існуючій інфраструктурі. Проте необхідність у великій кількості таких точок та їхнє рівномірне розміщення може стати серйозним бар'єром для створення інфраструктури електричних автобусів. Іншою суттєвою проблемою є додаткове навантаження на електричні мережі, особливо в густонаселених районах міста.

Висновки

Враховуючи екологічну ситуацію у місті Вінниця (викиди токсичних речовин від двигунів внутрішнього згоряння, шумове забруднення тощо), доречно впровадити електробуси для покращення міських пасажирських перевезень. Для цього необхідно здійснити техніко-економічне та екологічне обґрунтування заміни громадського транспорту з двигунами внутрішнього згоряння на електричні автобуси, а також модернізацію міської транспортної інфраструктури.

Література

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 321-р від 07 квітня 2021 року «Про затвердження плану заходів з реалізації Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року». URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-z-realizaciyi-nacionalnoyi-transportnoyi-strategiyi-ukrayini-na-period-do-2030-roku-321-070421>
2. Кашканов А. А., Пальчевський О. В. Проблеми функціонування транспортних систем великих міст України в сучасних умовах. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2022. №1(18). С. 97-102. DOI: 10.36910/automash.v1i18.764.
3. Cyber-Physical Systems for Clean Transportation: підручник / [Nadezhda Kunicina, Anatolijs Zabasta, Jeļena Pečerska, Andrej Romanov, Andrii Hnatov, Arhun Shchasiana Dziubenko Oleksandr, Kateryna Danylenko, Joan Peuteman, Natalia Morkun, Iryna Zavsiehdashnia, Vladimir Sistuk, Yurii Monastyrskyi, Sergey Ruban, Vitaliy Tron]. Рига.: РТУ, 2021. 370 с.
4. Хабутдінов Р.А., Федоренко І.О. Порівняльний аналіз автобусів та електробуса за показником транспортної результативності технологічних впливів машинних процедур. Центральнотрапінський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 7(38), ч.І. С. 265-274. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7\(38\).1.265-274](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).1.265-274).
5. Ложачевська О.М., Команчук С.В. Розвиток громадського транспорту шляхом упровадження електробусів. Серія: Економіка та підприємництво, 2021 р., № 2 (119). С. 49-54. <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2021-2-9>.
6. Асоціація «Енергоефективні міста України». Батарейні автобуси є найпопулярнішими серед нових автобусів в ЄС. Серія навчально-практичних

публікацій. Випуск №30 від 31 липня 2024 року. URL: <https://enecities.org.ua/upload/files/Publications/Urban%20Mobility/Batterybuses.pdf>.

7. Стратегія розвитку Вінницької міської територіальної громади до 2030 року – Стратегія 3.0 URL: <https://www.vmr.gov.ua/strategiia>.

8. 10 акумуляторних міських електробусів у Європі, визначених IOO як найбільш ефективні з урахуванням запасу ходу в 2023 році. URL: <https://globaldrivetozero.org/tools/zeti-data-explorer/>

УДК 629.3

АВТОНОМНІ ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ: ПЕРСПЕКТИВИ, СТРУКТУРА ТА ПРОБЛЕМИ НАПРЯМКУ

Леонт'єв Дмитро Миколайович, докт. техн. наук, професор кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: dima.a3alij@gmail.com,
ORCID: [0000-0003-4255-6317](https://orcid.org/0000-0003-4255-6317)

Малий Віктор Миколайович, аспірант кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: quantitatusmateriae@gmail.com,
ORCID: [0009-0002-7800-9163](https://orcid.org/0009-0002-7800-9163)

Вступ

Автономні транспортні засоби є однією з найбільш перспективних технологій сучасності. Як показує дослідження [1], світовий ринок автономних транспортних засобів збільшиться з понад \$158 млрд у 2023 році до майже \$2753 млрд у 2033 році, тобто щорічний приріст складатиме 33% (рис. 1).

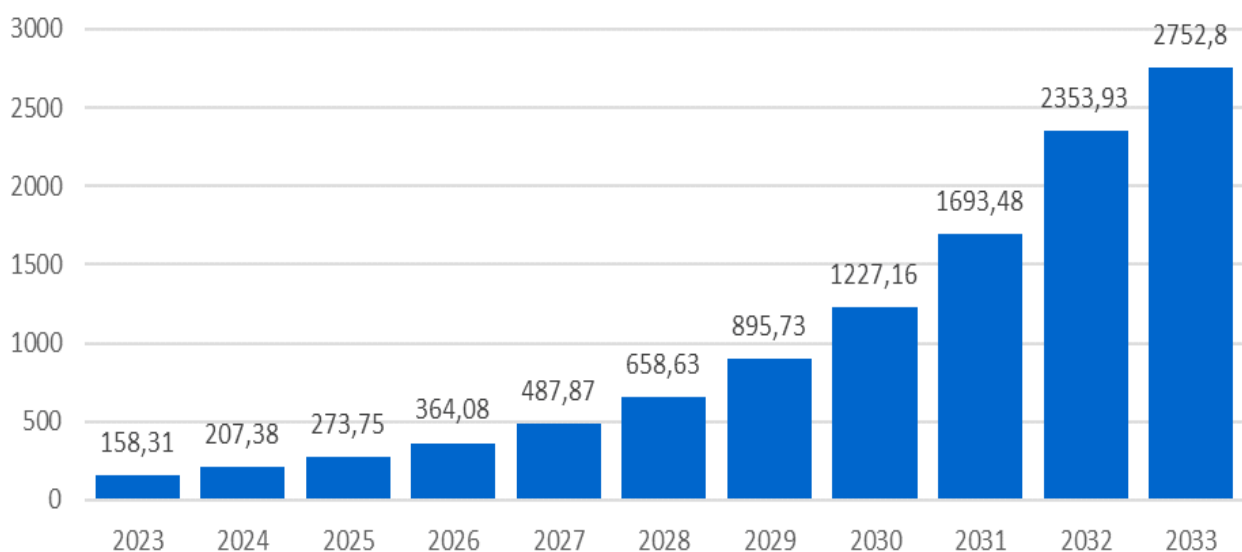


Рисунок 1 – Прогноз росту світового ринку автономних ТЗ (млрд \$) 2023-33 рр.

Згідно з [2] автономні транспортні засоби використовують технології для часткового або повного заміщення функцій водія в керуванні транспортним засобом, оминаючи аварійні ситуації на дорозі та реагуючи на постійні зміни трафіку.

Структура автономного керування

Стандарт Співтовариства автотранспортних інженерів (SAE International) [3] виділяє 6 рівнів автоматизації керування транспортними засобами. Узагальнена схема цих рівнів показана на рисунку 2.

SAE РІВЕНЬ 0	SAE РІВЕНЬ 1	SAE РІВЕНЬ 2	SAE РІВЕНЬ 3	SAE РІВЕНЬ 4	SAE РІВЕНЬ 5
Водій керує автомобілем незалежно від того увімкнена система допомоги водію чи ні			Водій не керує автомобілем коли система автономного керування увімкнена		
Водій повинен завжди контролювати процес керування автомобілем			Коли система вимагає, водій повинен взяти керування	Дані автономні системи не вимагають втручання водія	

Рисунок 2 – Рівні автоматизації керування ТЗ

Розробка систем автономного керування ТЗ може бути розділена на три узагальнених етапи: моделювання, відстеження та контроль (рис. 3).



Рисунок 3 – Етапи розробки систем автономного керування ТЗ

Проблеми та обмеження напрямку

Розвиток автономних транспортних засобів пов'язаний з низкою проблем та обмежень. Перш за все, це безпека. Не дивлячись на значний прогрес в розробці автономних ТЗ, фіксується велика кількість ДТП за їх участі. Дослідження [4], проведене на основі відкритих даних Національної адміністрації безпеки дорожнього руху США показує стрімкий ріст таких ДТП (рис. 4).

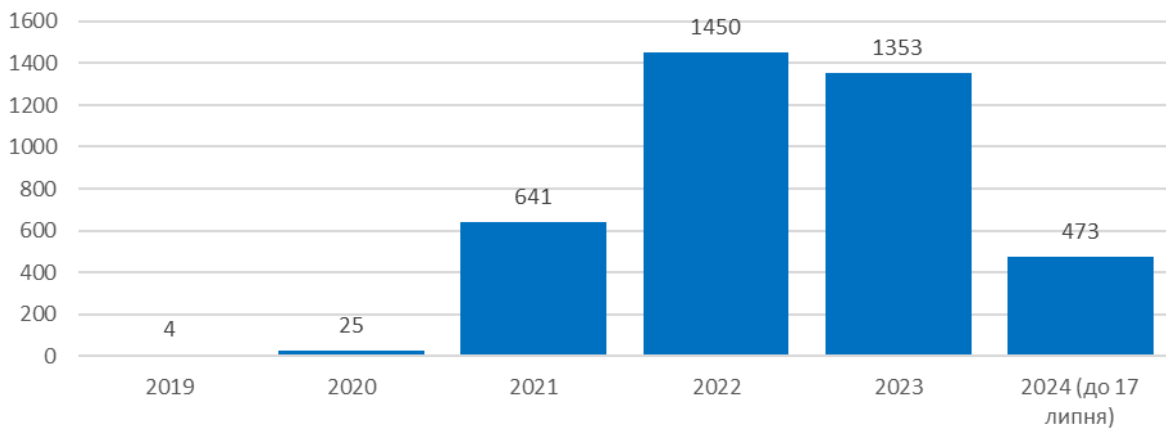


Рисунок 4 – Кількість ДТП за участі автономних ТЗ

Безпека руху в значній мірі залежить від якості алгоритмів керування та прогнозування параметрів руху автономного транспортного засобу. Аналіз існуючих алгоритмів [5] говорить про відсутність системного підходу в моделюванні систем автономного керування та прогнозування параметрів руху автономних ТЗ.

Висновки

Проведене дослідження показує, що сфера автономних транспортних засобів стрімко розвивається та прогнозується її стрімкий ріст у майбутньому із залученням значних інвестицій. Структура автономного керування добре стандартизована, проте відсутність системного підходу в розробці алгоритмів керування та прогнозування параметрів руху автономних ТЗ, приводить до занепокоєння з приводу безпеки даних автомобілів, особливо враховуючи прогресуючу статистику кількості ДТП за їх участі. Актуальність розробок в даному секторі залишається високою.

Література

1. Autonomous Vehicle Market Size, Share, and Trends 2024 to 2034. URL: <https://www.precedenceresearch.com/autonomous-vehicle-market>
2. Center for Sustainable Systems, University of Michigan. 2024. "Autonomous Vehicles Factsheet." Pub. No. CSS16-18.
3. SAE International Recommended Practice, Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles, SAE Standard J3016_202104, Revised April 2021, Issued January 2014, https://doi.org/10.4271/J3016_202104.
4. Autonomous Vehicle Accidents: NHTSA Crash Data (2019-2024) URL: <https://www.craftlawfirm.com/autonomous-vehicle-accidents-2019-2024-crash-data/>
5. Diachuk, Maksym & Easa, Said. (2022). Motion Planning for Autonomous Vehicles Based on Sequential Optimization. Vehicles. 10.3390/vehicles4020021.

Леонт'єв Сергій Миколайович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, a3alij@i.ua

Ярита Олександр Олександрович, доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, aleks.yarita@gmail.com

ЩОДО ПИТАННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА ТИСК В ПРИВОДІ

Моделювання режимів руху повітряних потоків у ланках пневматичних приводів є важливим завданням, особливо під час розробки точних систем керування, таких як пневматичні гальмові приводи. Як свідчить аналіз науково-технічної літератури [1-5], для моделювання робочого процесу повітряного потоку в пневматичних приводах запропоновано чимало методів для визначення витратних функцій, серед яких деякі враховують температуру робочого середовища і температуру навколишнього середовища, однак дослідження питання визначення температури робочого середовища під час процесу повітряного потоку в ланках привода виявило, що цьому аспекту приділяється недостатньо уваги, а методів розрахунку температури повітря обмаль, і вони мало представлені в сучасній літературі. Аналіз існуючих методів оцінки зміни температури робочого середовища показав, що підходи до моделювання цього параметра різняться, хоча всі базуються на експоненційній залежності. Порівняння результатів моделювання за наявними методами показало значну різницю в отриманих значеннях зміни величини тиску в приводі, що свідчить про необхідність вдосконалення методики визначення температури для підвищення точності моделювання робочих процесів у пневматичних приводах.

Література

1. Leontiev, D., Savchenko, Y., Harmash, A., Suhomlyn, O., & Sinelnik, D. (2022). On the issue of using expenditure functions in simulation of pneumatic links of the «throttle – capacity»; type. *Automobile Transport*, (51), 43–57. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2022.51.0.05>
2. I S Vavilov, P S Yachmenev, A I Lukyanchik, R N Litau, A V Lysakov (2019) Determination of gas temperature in the flow ; *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1210 (2019) 012159, <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1210/1/012159>
3. Zucker RD, Biblarz O. (2020) Fundamentals of gas dynamics. Hoboken, Nj Wiley;
4. James, Keith TG. (2006) Gas Dynamics. Pearson.
5. Rathakrishnan E. (2020) Gas Dynamics, Seventh Edition. PHI Learning Pvt. Ltd..

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТИСКУ НА ОПОРНУ ПОВЕРХНЮ
ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ КАТЕГОРІЇ M₁ НА ПРИКЛАДІ
«ОПЕЛЬ GRANDLAND 1,5 BHDi»**

Писарцов Олександр Сергійович, к.т.н, старший викладач кафедри автомобілів ім. ім. А.Б. Гредескула, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: alex.pisartsov@gmail.com,
ORCID: [0000-0003-4661-5441](https://orcid.org/0000-0003-4661-5441)

Тиск на опорну поверхню для транспортного засобу — це величина, що визначає, скільки тиску чинить транспортний засіб на одиницю площі поверхні, з якою контактують його колеса чи гусениці. Зниження тиску на опорну поверхню — важливий фактор для підвищення прохідності в умовах складних рельєфів або м'яких ґрунтів (бруд, пісок, сніг тощо).

У транспорті, особливо для позашляховиків та важкої техніки, зменшення тиску на опорну поверхню є ключовим фактором підвищення прохідності. В умовах м'яких або нестабільних поверхонь (пісок, болото, сніг) високий тиск може призвести до занурення коліс і втрати тяги.

$$P = \frac{F}{A}$$

де: P — тиск на опорну поверхню; F — вага, що діє на опорну поверхню; A — площа плями контакту, через яку передається навантаження на опорну поверхню.

З формули бачимо, що до факторів, що впливають на тиск, який діє на опорну поверхню, відносяться маса транспортного засобу та площа контакту. Чим більша вага, тим вищий тиск на опорну поверхню. Чим більше площа контакту, тим менший тиск на опорну поверхню. Саме тому гусениці та шини низького тиску є ефективними.

Тобто, ми можемо впливати на тиск, що діє на опорну поверхню, знижуючи вагу транспортного засобу, або підвищуючи площу плями контакту колеса з опорною поверхнею.

Метою дослідження було знайти залежність зміни тиску на опорну поверхню від тиску в шинах. Дослідження проводилося на рівній бетонній поверхні, на транспортному засобі категорії M₁ «Опель Grandland 1,5 BHDi». На момент виконання дослідження, загальна маса автомобіля складала 1553 кг. Шини встановлені на даному транспортному засобі моделі Michelin Primacy 3 225/55 R18 98V.

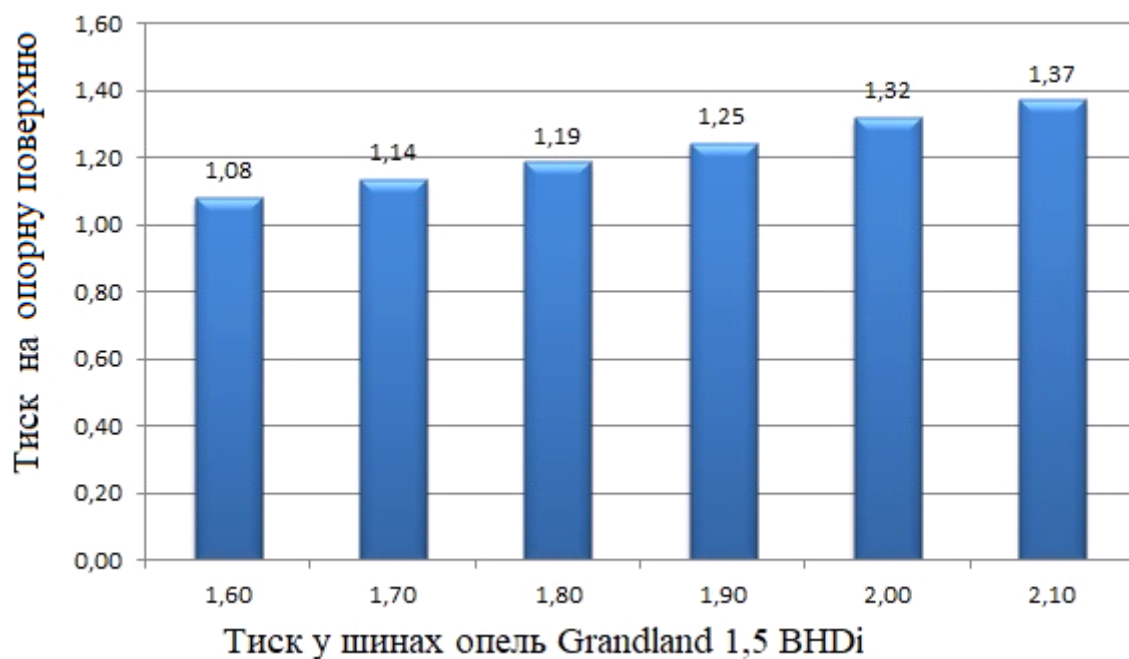


Рисунок 1 – Тиск опель Grandland 1,5 BHDi на опорну поверхню при різному тиску у шинах

У результаті були отримані залежності тиску у шинах на тиск, який діє на опорну поверхню. З діаграми зображених на рисунку видно, що зміна тиску у шинах з 2,1 атмосфери, що є нормою для транспортного засобу категорії M₁ «Опель Grandland 1,5 BHDi», на якому проводилося дослідження, до тиску 1,6 атмосфери, зменшує тиск на опорну поверхню з 1,37 кг/см² до 1,08 кг/см², що в свою чергу підвищить його прохідність.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО КОЛІСНОГО МАЛОГАБАРИТНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ІНЕРЦІЙНИМИ РУШІЯМИ

Подригало Михайло Абович доктор техн. наук, професор кафедри технології машинобудування та ремонту машин

e-mail: pmikhab@gmail.com ORCID: [0000-0002-1624-5219](https://orcid.org/0000-0002-1624-5219)

Холодов Михайло Павлович канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула

e-mail: michaelkholodov@gmail.com, ORCID: [0000-0002-5098-0022](https://orcid.org/0000-0002-5098-0022)

Байцур Максим В'ячеславович канд. техн. наук, доцент кафедри технології машинобудування та ремонту машин

e-mail: maksim3103@gmail.com ORCID: [0000-0003-4935-3707](https://orcid.org/0000-0003-4935-3707)

Енергоефективність та підвищення динамічності малогабаритних транспортних засобів є важливими факторами для їх використання в умовах, де традиційні рішення не забезпечують необхідної ефективності. Використання інерційних рушіїв дозволяє значно підвищити прохідність таких транспортних засобів, особливо в складних дорожніх умовах, включаючи низьке зчеплення коліс з дорогою та наявність водних перешкод. Принцип дії інерційного рушія ґрунтується на реальних силах, що діють на вісь обертання, а не на фіктивних силах інерції, що підвищує ефективність руху. Таким чином було розроблено та проведені випробування натурної масштабної моделі колісного малогабаритного транспортного засобу з інерційними рушіями (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 - Загальний вигляд масштабної моделі колісного малогабаритного транспортного засобу з інерційним рушієм під час випробувань

Для підвищення безпеки експлуатації колісної машини необхідно розширювати контроль її різних систем і механізмів, забезпечити якісно вищий рівень

випробувань і впроваджувати нові пристрої з широкими функціональними можливостями. Використання акселерометрів грає в цьому значну роль

Проведення випробувань для оцінювання та підвищення експлуатаційних властивостей колісних машин потребує застосування мобільних комплексів, які дозволяють без втручання в конструкцію машини здійснювати визначення її основних параметрів. Існуючі аналоги (наприклад, CORRSYS DATRON) мають високу вартість, вітчизняні ж не дозволяють проводити ряд необхідних випробувань в дорожніх умовах: визначати аеродинамічні параметри, показники потужності колісних машин і ККД.

Запропоновано структурну схему забезпечення надійності експлуатації колісної машини, засновану на зниженні впливу кваліфікації водія як елемента системи "водій-машина-дорожні умови" на її стійкість положення з урахуванням результатів моніторингу технічного стану (рис. 4.2). Для її реалізації був використаний МРВК. В даний час розвиток електроніки і мікропроцесорної техніки дозволяє отримати якісно новий вимірювальний комплекс з широкими можливостями щодо його розвитку і модернізації.



Рисунок 4.2 - Структурна схема забезпечення надійності експлуатації колісної машини

Живлення системи здійснюється від акумулятора (PowerBank) ємністю не нижче 6000 мАг, можливо також живлення від стаціонарної мережі або автомобільного інвертора. Для відображення результатів використовується сенсорний екран з високою роздільною здатністю. Для роботи екрану необхідно його підключити до платформи Raspberry Pi за допомогою HDMI кабелю, а також кабелю живлення. Після підключення всіх модулів МРВК і завершення роботи установника, система готова до роботи.

На рисунку 4.3 представлена платформа, яка працює в мобільному режимі (бездротова передача сигналу акселерометрів на сервер, живлення здійснюється від акумулятора PowerBank).

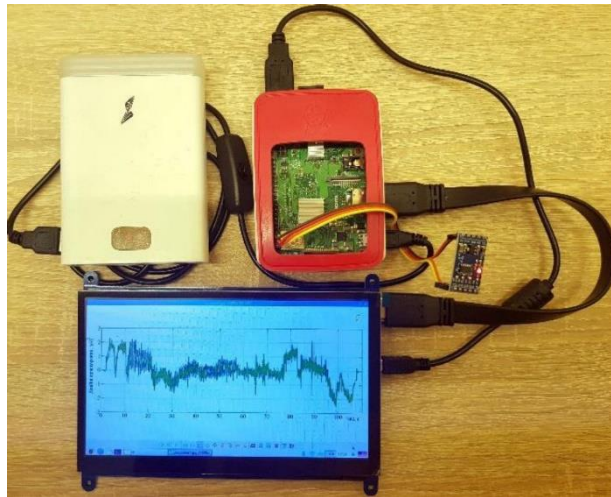


Рисунок 4.3 - Робота платформи в мобільному режимі

Програмне забезпечення МРВК - авторське, написано високорівневою мовою програмування Python (версія 3.5.3). Передбачені можливості фільтрації отриманого сигналу, записи даних на карту пам'яті, бездротової передачі даних на транспортний портал ХНАДУ.

Для запису прискорень за трьома осями необхідно запустити авторське програмне забезпечення “accel2.py” (рис. 4.4).

МРВК починає фіксувати дані після натискання на кнопку RUN на сенсорному екрані, про що свідчить анімація в режимі реального часу (рис. 4.5).

З цього моменту можна виконувати заїзди випробуваного транспортного засобу. Кожен запуск програми призводить до створення файлу формату "csv" на карті пам'яті. Назва файлу дається за поточним часом, у форматі ГГ-ХХ-СС, наприклад "18-05-09.csv". Архівні файли зручно обробляти за допомогою будь-якого табличного процесора або текстового редактора.

```

1 import time
2 import datetime
3 from appJar import gui
4
5 mytime = datetime.datetime.now().strftime('%H-%M-%S')
6 with open(mytime + '.csv', 'a') as out:
7     out.write('time;acc_X;acc_Y;acc_Z\n')
8
9 def acceleration():
10     from adxl345 import ADXL345
11     adxl345 = ADXL345()
12     axes = adxl345.get_axes(True)
13     app.setLabel("accX", "OX: " + str(round(9.8 * axes['x'], 2)) + " m/c2")
14     app.setLabel("accY", "OY: " + str(round(9.8 * axes['y'], 2)) + " m/c2")
15     app.setLabel("accZ", "OZ: " + str(round(9.8 * axes['z'], 2)) + " m/c2")
16
17     with open(mytime + '.csv', 'a') as out:
18         out.write((str(datetime.datetime.now().strftime('%H:%M:%S'))+';'+str(9.8*axes['x'])+';st
19
20 def updateMeter():
21     from adxl345 import ADXL345
22     adxl345 = ADXL345()
23     axes = adxl345.get_axes(True)
24     app.setMeterf("accY", 50, 100, axes['y'])

```

Рисунок 4.4 - Авторське програмне забезпечення

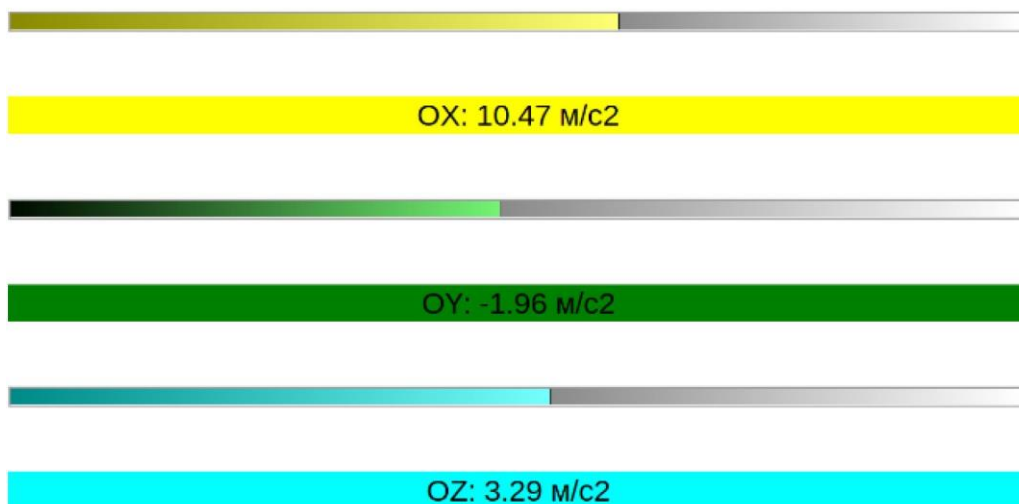


Рисунок 4.5 - Відображення сигналу акселерометра в режимі реального часу

Авторське програмне забезпечення дозволяє змінювати налаштування МРВК в процесі його роботи (інтерфейс системи, частоту обробки даних до 2000 разів/сек, формат архівних даних, ступінь фільтрації і т.і.).

Для подальшої автоматизації процесу управління колісною машиною було розроблено перспективну схему роботи реєстраційно-вимірювального комплексу з елементами штучного інтелекту (рисунок 4.6), який дозволяє без участі водія проводити необхідні дії з її управління і забезпечення, в тому числі, безпеки експлуатації.



Рисунок 4.6 - Схема функціонування реєстраційно - іміврювального комплексу з елементами штучного інтелекту

В процесі роботи Розроблено вимоги до мобільного реєстраційно - вимірювального комплексу для оцінювання та підвищення безпеки використання колісних машин з урахуванням сучасних засобів і підходів. Створено сучасний мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс як основу інтелектуальної платформи. Розроблено перспективну схему роботи реєстраційно-вимірювального комплексу з елементами штучного інтелекту. Подальший розвиток системи можливий у варіанті системи проактивного управління, як системи динамічної стабілізації транспортних засобів. На рисунку 4.7 показано встановлення акселерометрів на масштабній моделі, що випробовується.



Рисунок 4.7- Вимірювальний комплекс, встановлений на масштабній моделі, що випробовується (30.11.2023)

На рисунках 4.8 та 4.9 наведено результати випробувань у вигляді графіків, де наведено прискорення (м/с^2). Під час проведення заїздів було визначено, що масштабна модель малогабаритного транспортного засобу з інерціальним приводом має достатньо високу стабільність показників динамічності та керованості. Це означає фактичні властивості виготовленої масштабної моделі відповідають вимогам ефективності і надійності потрібний умов експлуатації. Так, за результатами замірів, максимальне лінійні прискорення при розгоні становили до 20 м/с^2 . Така динаміка руху дозволить здійснювати ефективне маневрування при виконанні завдань за призначенням.

асе X

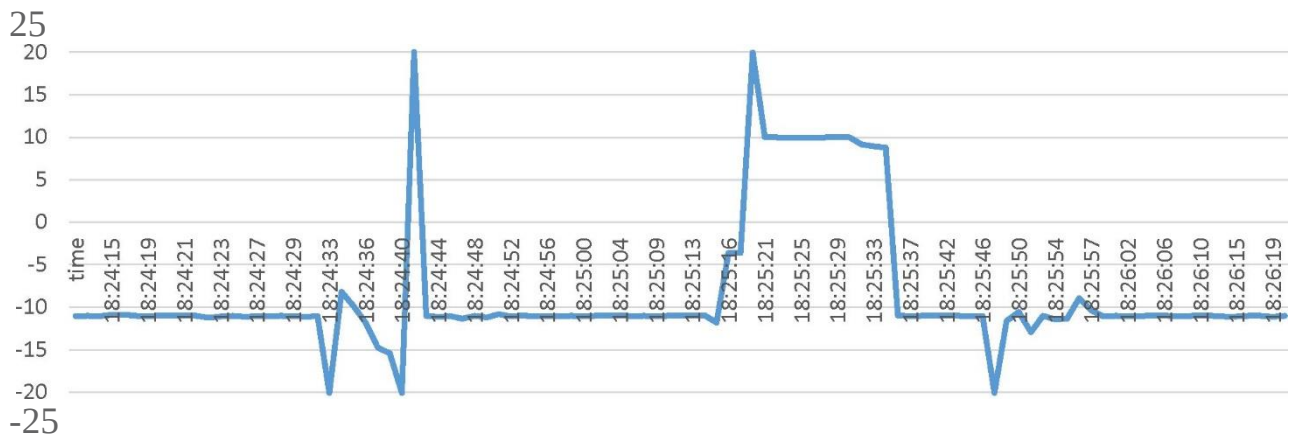


Рисунок 4.8 - Результати випробувань (прискорення за віссю X, м/с²)

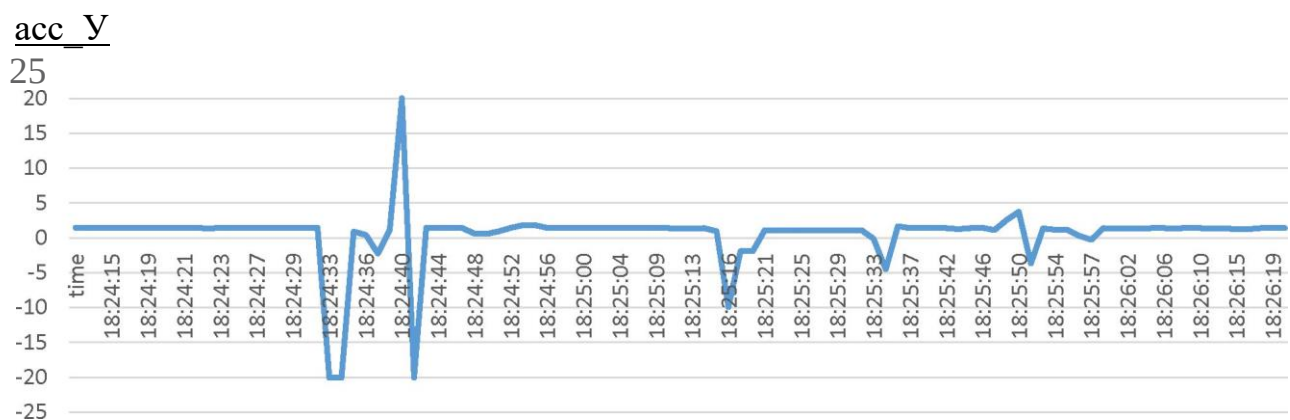


Рисунок 4.9 — Результати випробувань (прискорення за віссю Y, м/с²)

Таким чином розроблена програма випробувань оцінки відповідності фактичних показників масштабної моделі умовам енергоефективної і надійної експлуатації колісного малогабаритного транспортного засобу з інерційним рушієм, що включає оцінювання динамічних властивостей розробленої масштабної моделі.

Література

1. Мобільна машина з інерційним рушієм : пат. 153555 : B62D21/00; B62M23/00. № u202300028; заявл. 04.01.2023; опубл. 19.07.2023, бюл. № 29/2023.
2. Інерцод : пат. 153541 : B62D21/00. № u202204244; заявл. 07.11.2022; опубл. 19.07.2023, бюл. № 29/2023.
3. Подригало М. А., Кашканов А. А., Холодов М. П., Побережний А. А. Динаміка машин з ідеальними інерціальними рушіями. ВМТ. 2021. Том 14. № 2. С. 97–102. DOI: 10.31649/2413-4503-2021-14-2-97-102

ВИМОГИ ДО КОНСТРУКЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ: КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ

Хітров Ігор Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування,
e-mail: i.o.khitrov@nuwm.edu.ua, ORCID: [0000-0003-2310-1472](https://orcid.org/0000-0003-2310-1472)

Конструкція транспортних засобів є одним із ключових факторів, що визначають їх безпеку, ефективність та екологічність. Сучасний транспорт постійно розвивається, зважаючи на стрімкий прогрес у технологіях, підвищені вимоги до охорони навколишнього середовища та безпеки учасників дорожнього руху. Відповідно до міжнародних стандартів і національних регламентів, транспортні засоби повинні відповідати ряду конструктивних вимог, які охоплюють різноманітні аспекти – від безпеки й ергономіки до технічних характеристик і викидів шкідливих речовин [1-4]. Ці вимоги покликані забезпечити максимальну безпеку для водія, пасажирів і пішоходів, а також мінімізувати негативний вплив на довкілля та підвищити експлуатаційні властивості транспортних засобів [5].

Конструкція транспортного засобу має вирішальний вплив на виконання його функціональних властивостей, таких як доставку вантажів і перевезення пасажирів. Різні конструктивні елементи та їхні характеристики визначають, наскільки ефективно транспортний засіб справляється з поставленим завданням.

Вплив конструкції на перевезення вантажів оцінюється вантажопідйомністю і міцністю конструкції, внутрішнім простором і конфігурацією кузова, системою кріплення та безпеки вантажу.

Вантажні транспортні засоби повинні мати посилену конструкцію шасі та каркасу для витримування важких навантажень (надмірне навантаження може призвести до деформації або пошкодження). Конструкція повинна забезпечувати рівномірний розподіл ваги вантажу, щоб уникнути перевантаження осей або перекосу транспортного засобу.

Водночас габарити і маса транспортного засобу повинні відповідати стандартам, що регулюють допустимі розміри і вагу для певних категорій транспортних засобів.

Посилена підвіска допомагає витримувати значні навантаження і підтримувати стабільність транспортного засобу під час руху.

Транспортний засіб повинен забезпечувати хорошу керованість і стійкість на різних типах доріг, що впливає на безпеку водіння.

Конструкція повинна передбачати легкий доступ для завантаження й розвантаження вантажу, використовуючи спеціальні пристрої (платформи, крани, розсувні двері).

Кузов має відповідати типу вантажу, що транспортується. Для насипних вантажів використовують відкриті платформи, для товарів, що потребують захисту, – закриті фургони або контейнери. Для специфічних вантажів, таких як небезпечні речовини, продукти харчування, потрібні кузови з відповідними характеристиками (герметичність, термоізоляція).

Конструкція двигунів повинна відповідати екологічним нормам, таким як стандарти Euro-6 або інші відповідні регіональні нормативи. Транспортні засоби мають бути енергоефективними, щоб зменшити споживання палива і знизити вплив на довкілля.

Вплив конструкції на перевезення пасажирів оцінюється рівнем безпеки пасажирів, комфортом і ергономічністю салону, місткістю і організацією простору, плавністю ходу.

Пасажирські транспортні засоби мають жорстку конструкцію кузова, що забезпечує захист під час аварій. Вони повинні бути обладнані зонами деформації, які поглинають енергію удару. Подушки безпеки, ремені безпеки, а також системи активної безпеки (ABS, ESP) є важливими елементами конструкції, що впливають на захист пасажирів.

Конструкція салону впливає на зручність для пасажирів. Розміщення сидінь має враховувати комфортне пересування, забезпечуючи достатній простір для ніг і рук. Транспортні засоби повинні мати системи вентиляції та клімат-контролю для підтримки комфортних умов у салоні.

Конструкція салону повинна враховувати розподіл пасажирів. Автобуси або мікроавтобуси мають більшу кількість місць, а також місця для багажу. Розташування дверей і внутрішніх проходів повинно забезпечувати зручність посадки й висадки пасажирів.

Підвіска є важливим елементом для перевезення пасажирів, оскільки від неї залежить плавність ходу та комфорт під час руху. М'яка підвіска допомагає мінімізувати вібрації та удари на нерівних дорогах. Конструкція кузова впливає на опір повітрю, що може впливати на плавність руху та рівень шуму всередині салону. Конструкція має бути спроектована таким чином, щоб мінімізувати аеродинамічний опір і покращити паливну економічність.

Електроніка та інформаційні системи стали невід'ємною частиною сучасних транспортних засобів. Вони відіграють ключову роль у забезпеченні комфорту, безпеки та ефективності експлуатації сучасних автомобілів. Інтеграція таких систем дозволяє значно покращити керованість транспортними засобами, оптимізувати витрати палива, мінімізувати аварійні ситуації та забезпечити кращу взаємодію між водієм і транспортним засобом. Технології «розумного» автомобіля забезпечують можливість взаємодії транспортного засобу з інтернетом, що дозволяє отримувати оновлення програмного забезпечення, інформацію про дорожні умови, а також дистанційно керувати певними його функціями.

Надійність і довговічність транспортного засобу є ключовими показниками, що визначають його здатність функціонувати безвідмовно протягом тривалого часу та забезпечувати ефективну експлуатацію при мінімальних витратах на технічне обслуговування і ремонт. Ці параметри

залежать від конструкції, якості матеріалів і компонентів, а також умов експлуатації. Надійний та довговічний транспортний засіб забезпечує безпечні перевезення, економічність, знижує витрати на ремонт та зменшує ризики аварійних ситуацій.

Пристосованість транспортних засобів до технічного обслуговування та ремонту залежить від конструкції, зручності доступу до основних вузлів, уніфікації компонентів, використання електронних діагностичних систем і можливості легкого оновлення програмного забезпечення. Ці фактори впливають на зменшення часу простою, економічну ефективність і надійність транспортного засобу під час його експлуатації.

Висновки

Отже, конструкція транспортного засобу має прямий вплив на його здатність ефективно і безпечно виконувати функції перевезення вантажів і пасажирів, забезпечуючи одночасно комфорт, безпеку та ефективність експлуатації.

Правильний підхід до проєктування, вибір якісних матеріалів і компонентів, втілення прогресивних інформаційних систем і технологій, а також дотримання умов експлуатації дозволяють забезпечити тривалий термін служби транспортного засобу з мінімальними затратами на ремонт та технічне обслуговування.

Література

1. Про автомобільний транспорт: Закон України від 05.04.2001 р. № 2344-III. *Відомості Верховної Ради України*, 2001, № 22, ст.105. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text>.
2. Про єдині вимоги до конструкції та технічного стану колісних транспортних засобів, що експлуатуються : Постанова Кабінету Міністрів України від 22.12.2010р. із змінами і доповн. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1166-2010-%D0%BF/#Text>.
3. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. Київ : Держстандарт України. 2011. 30 с. URL: <https://patrul.in.ua/pdf/dstu-3649.pdf>
4. Порядок визначення класу комфортності автобусів, сфери їхнього використання за видами сполучень та режимами руху : Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 12.04.2007 №285. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0499-07#Text>
5. Хітров І. О., Кристопчук М. Є., Никончук В. М. Експлуатаційні властивості транспортних засобів. Рівне : НУБГП, 2022. 176 с. URL: http://ep3.nuwm.edu.ua/24432/1/EVTZ_%D0%B2%D0%B8%D0%BF%D1%80_zah.pdf.

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕКСТРЕНОГО ПІДНЯТТЯ КУЗОВА

Шаповаленко Владислав Олексійович, асистент кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: vladislav-shapovalenko@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5770-0740

У всьому світі автомобільні аварії є основною причиною смерті, в них гине 1,2 млн людей, незважаючи на покращення автомобільної безпеки, прогнози вказують на те, що смертність від ДТП значно зросте до 2030 року через збільшення кількості автомобілів. Щорічно в світі виробляється 82 мільйона одиниць автомобілів. До 2035 року світовий автопарк досягне 2 млрд автомобілів. Така тенденція неминуче веде до збільшення дорожньо-транспортних пригод (ДТП).

В Україні, як і в більшості іноземних країн, існують проблеми з травматизмом та смертністю водія та пасажирів при боковому зіткненні транспортних засобів категорії М1 в зону бокових дверей. Тому під час дослідження, необхідно обов'язково враховувати особливості та умови проведення досліджень програмами оцінки нових автомобілів таких як NCAP, EuroNCAP, USNCAP та іншими, систем пасивної безпеки при боковому ударі. Важливим фактором також являється ситуація яка складається на ринку нових та вживаних транспортних засобів, різниця полягає в тому, що на ринку нових автомобілів популярність набули автомобілі класу SUV тобто позашляховики, а на ринку вживаних автомобілів популярними являються легкові автомобілі. Неминуче складається ситуація при якій в ДТП можуть потрапити ці автомобілі і різниця масово-габаритних параметрів в переважній більшості закінчується летальними наслідками для водія чи пасажирів легкового автомобіля [1-4].

Адаптивна підвіска допомагає зменшити травматизм за допомогою використання функції екстреного підйому кузова (рис. 1). Привід забезпечує крутний момент на виході приводу 1100 Нм; максимальне зусилля на з'єднувальних тягах становить 5,0 кН на передній осі та 4,5 кН на задній осі. Кути важеля $\pm 42^\circ$ можна встановити з нульового положення. Кузов автомобіля можна підняти 85 мм від центрального положення по всіх чотирьох кутах лише за 0,5 секунди.

Зона навколо автомобіля контролюється чотирма кутовими радарними датчиками. Модуль керування системами допомоги водієві оцінює ці дані.

Залежно від ситуації він визначає потенційний ризик транспортного засобу, який наближається збоку. Він розраховує критичність (числове значення, яке представляє потенційний ризик від автомобіля, що наближається) і очікуваний час до зіткнення [1-4].



Рисунок 1 – Схема функції екстреного-підйому

Провівши аналіз системи екстреного підйому було побудовано структурно-логічну схему реалізації моделі в середовищі MATLAB SIMULINK на основі пневматичної системи підресорювання яка представлена на рисунку 2.

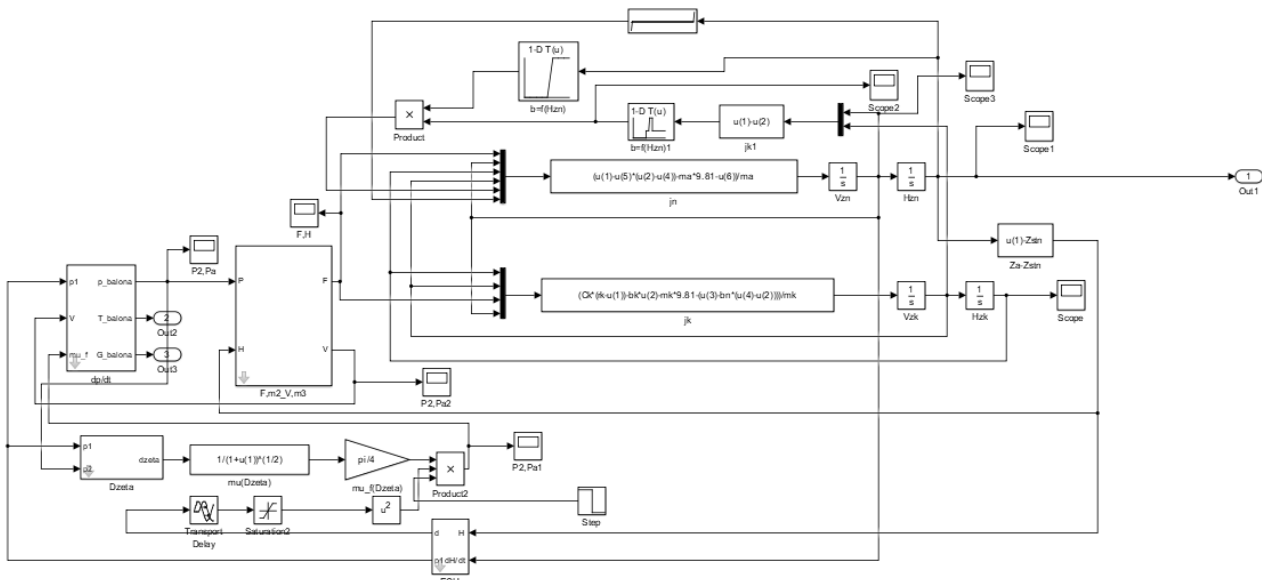


Рисунок 2 – Структурно-логічна схема системи екстреного підйому кузова

Було досліджено швидкість підняття кузова на основі пневматичної системи підресорювання з характеристиками легкового автомобіля а також як налаштування демпфування амортизатора впливають на швидкість спрацювання (рис. 3). Фіолетовому графіку відповідає нижня підсистема де налаштування демпфування та наповнення виконані в режимі стандартної роботи пневматичної системи, як видно на графіку це відбувається повільно та не дає змогу підняти кузов за 0,5 секунд. Верхня підсистема вже зі зміненими заданими параметрами відповідає жовтому графіку показує що за допомогою пневматичної системи та налаштувань можна отримати підняття кузова за 0,5 секунд. І синій графік для порівняння який показує підняття кузова теж за 0,5 було отримано за допомогою програми Tracker та перенесено в середовище

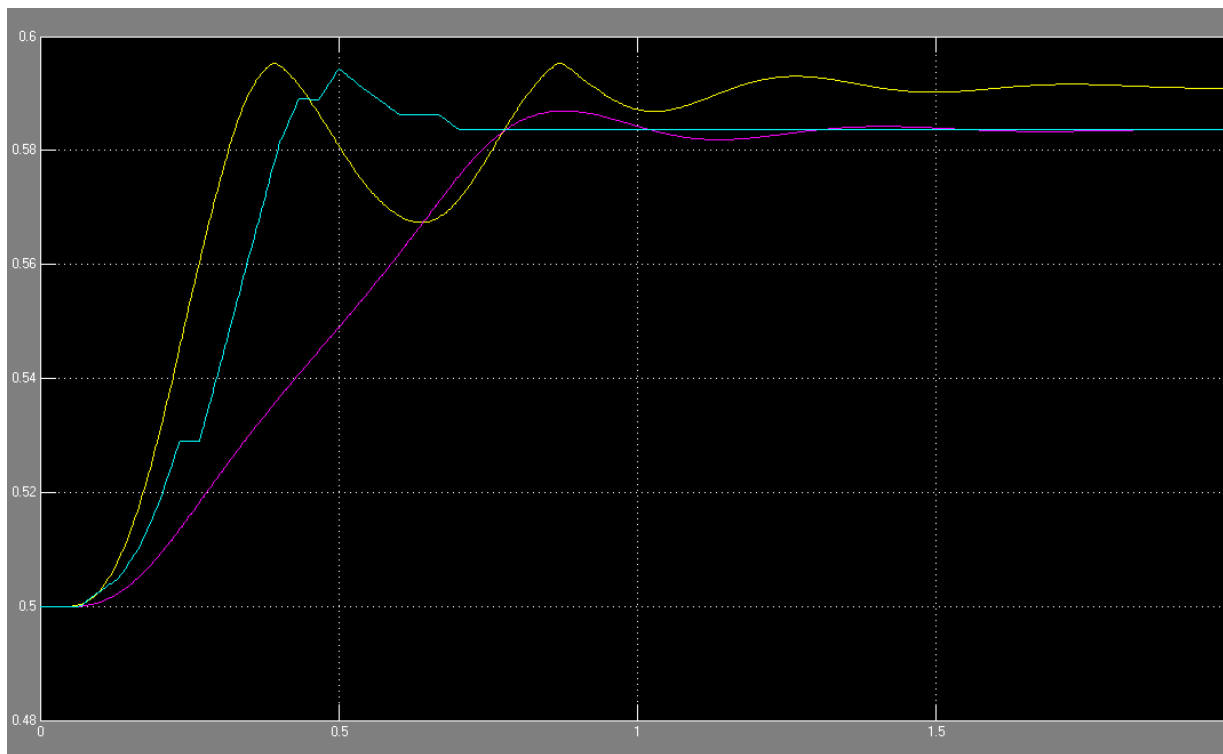


Рисунок 3 – Порівняльний графік спрацювання системи екстреного підйому кузова та математичної моделі на основі пневматичної системи підресорювання

Висновки

У роботі представлена структурно логічна схема системи екстреного підйому кузова, яка працює на основі гідравлічної системи підресорювання побудованої в середовищі MATLAB SIMULINK, що забезпечує підйом кузова на 85 мм за 0,5 секунд.

Література

1. Andrew Greaney. Vehicle Dynamics – Suspension Design & Dampers. SAE International; 4th Revised ed. edition. ISBN-1347. 2017. 978-1973364177:p;
2. John Kershaw. Automotive Steering and Suspension: CDX Master Automotive Technician Series; Jones & Bartlett Learning; Illustrated edition. ISBN-13 978-1284102093. 2017. 544p;
3. Richard Coote. The Science of Hydraulic Suspension. AuthorHouse. SBN-13 978-1414007465 2019. 228p;
4. Donald Bastow. Car Suspension and Handling, Fourth Edition. SAE International; 4th Revised ed. edition. ISBN-13476. 2004. 978-076800872 p;

ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ ПРИВОДІВ ЗЧЕПЛЕННЯ: У ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЯХ ТА АВТОБУСАХ

Ярита Олександр Олександрович, к.т.н., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, aleks.yarita@gmail.com

Фисун Станіслав Сергійович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, stasfisun2@gmail.com

Сметанін Герман Володимирович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, smetanin.gv@gmail.com

На сучасному етапі розвитку автомобільного транспорту в Україні та світі спостерігаються суттєві зміни вектору у питанні приводів зчеплень, які використовуються в вантажних автомобілях та автобусах. Ці зміни зумовлені потребою підвищення ефективності, екологічності та безпеки транспортних засобів, а також зменшення навантаження на водія в процесі керування. Зчеплення є важливим елементом трансмісії будь-якого транспортного засобу, що впливає на його загальну надійність та продуктивність, тому питання оптимізації приводу зчеплення безперечно є актуальним.

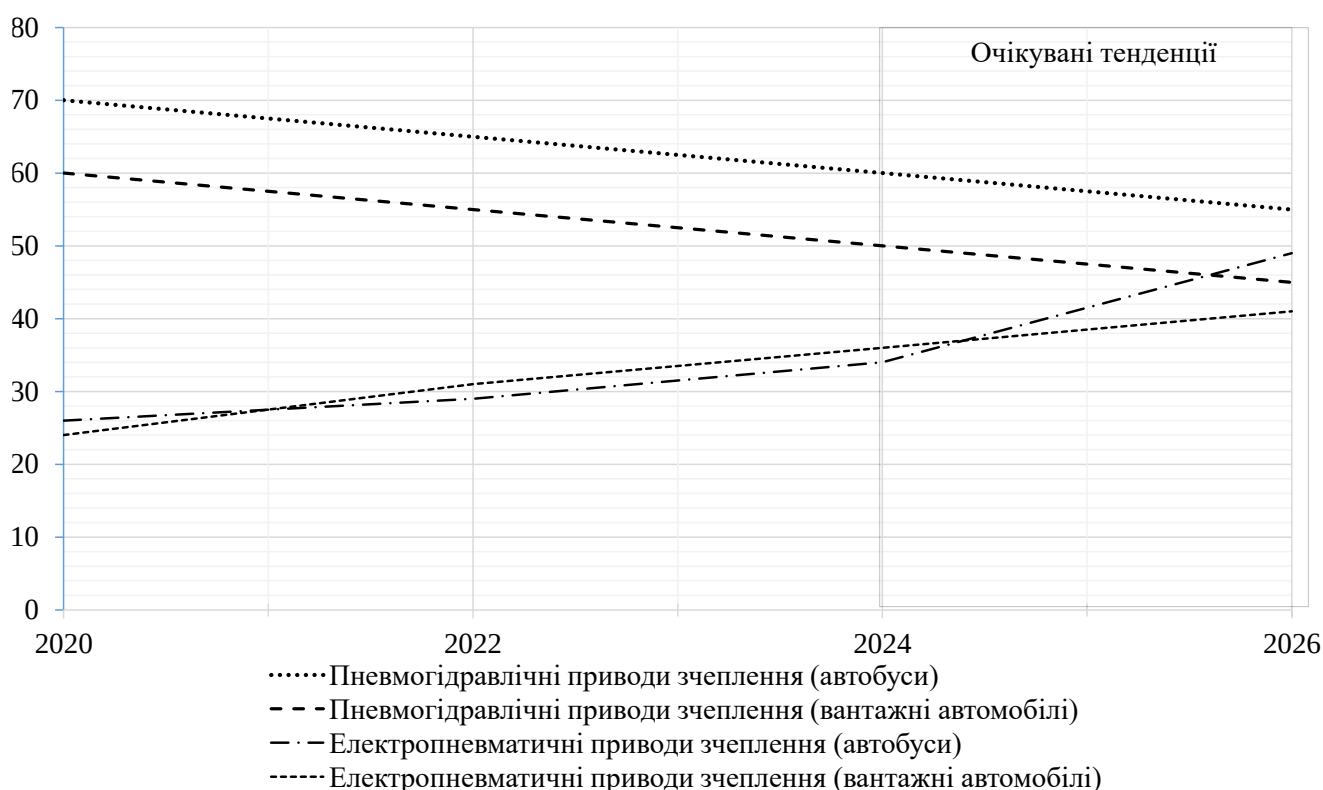


Рисунок 1 – Аналіз використання різних типів приводів зчеплення на вантажних автомобілях та автобусах

Для виявлення тенденцій використання різних типів приводів зчеплень був проведений аналіз ринку вантажних автомобілів та автобусів [1], на меті якого було відстеження змін в долі використання пневмогідравлічних та електропневматичних систем. Дослідження базується на статистичних даних наявних у відкритих джерелах за період з 2019 по 2024 рік [1, 2, 3], що відображають зміни у питанні процесу керування зчепленням у вантажних автомобілях та автобусах (рис.1).

За отриманими даними можна стверджувати, що спостерігається суттєва зміна в тенденціях використання приводів зчеплень у вантажних автомобілях та автобусах. Зокрема, пневмогідравлічні приводи зчеплення зменшили свою частку на ринку: в автобусах цей показник знизився з 70% у 2020 році до 60% у 2024 році, а у вантажних автомобілях – з 60% до 50% [2, 3]. По оцінкам експертів, до 2026 року ці показники будуть продовжувати зменшуватись, приблизно до 55% у автобусів та до 45% у вантажних автомобілях [3].

Водночас електропневматичні системи показують позитивну динаміку зростання: їх частка в автобусах зростає з 26% до 34%, а у вантажних автомобілях – з 24% до 36% [2, 3]. На думку експертів до 2026 років позитивна динаміка буде продовжуватись і частка автотранспортних засобів обладнаних електропневматичними приводами зчеплення зростає до 49% у автобусів та до 41% у вантажних автомобілів [3]. Це свідчить про зростаючий інтерес до нових технологій, які забезпечують кращу продуктивність та екологічні характеристики, а також про адаптацію виробників до сучасних вимог ринку.

Такі зміни є свідченням бажання світових лідерів у сфері виробництва вантажних автомобілів та автобусів відповідати вимогам ринку в питаннях підвищення комфорту роботи водія, підвищення надійності та технологічності транспортних засобів.

Література

1. Електронний ресурс: <https://dizz.com/category/engineering/mechanical-engineering/>
2. Електронний ресурс: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/automotive-clutch-market>
3. Електронний ресурс: <https://www.6wresearch.com/industry-report/europe-automotive-clutch-market-2021-2027>

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ АВТОПІДПРИЄМСТВ

Болдовський Володимир Миколайович, канд. техн. наук, доцент
кафедри Автомобілів та транспортної інфраструктури,
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ»,
e-mail: v.boldovskyi@khai.edu, ORCID: [0009-0008-5069-756X](https://orcid.org/0009-0008-5069-756X)

Зростаюча потреба у зниженні впливу транспортної галузі на довкілля сприяє активному впровадженню електричних вантажних автомобілів [1].

В умовах автопідприємств необхідний розвиток системи технічного обслуговування (ТО), яка враховує специфіку електричних транспортних засобів (ЕТЗ). Це дозволить забезпечити надійну роботу автомобілів, підвищити їх ресурс та зменшити експлуатаційні витрати.

Електричні вантажні автомобілі [2] відрізняються від транспортних засобів, які обладнані двигунами внутрішнього згоряння, кількома ключовими елементами: наявністю високовольтних батарей, електродвигунів та систем рекуперації енергії. Це вимагає адаптації існуючих методів діагностики та обслуговування під нові технічні умови, включаючи перевірку стану акумуляторів, електронних блоків керування та електроприводів.

Основними проблемами в розвитку системи ТО електричних вантажних автомобілів є відсутність уніфікованих стандартів обслуговування, висока вартість спеціалізованого обладнання, а також недостатня кількість кваліфікованих фахівців, що потребує додаткового навчання персоналу та оновлення методичних матеріалів.

Стандартна система технічного обслуговування електричних вантажних автомобілів поділяється на кілька рівнів [3]:

- щоденне ТО (візуальний огляд, перевірка зарядного пристрою та кабелів);
- періодичне ТО (діагностика систем управління, моніторинг стану батарей, перевірка електропроводки);
- спеціалізоване ТО (обслуговування батарейних модулів, перевірка систем охолодження батарей та електродвигунів).

В системі ТО вантажних електромобілів необхідно застосовувати інноваційні технології, а саме, використання інтелектуальних систем діагностики, які контролюють стан основних компонентів у режимі реального часу, програмні платформи для моніторингу стану батарей та інших ключових вузлів на базі великих даних (Big Data) та штучного інтелекту, впровадження технологій технічного обслуговування, що дозволяють заздалегідь виявляти можливі відмови на основі аналізу великих масивів даних [4, 5].

Автопідприємствам необхідно інвестувати в підготовку технічного персоналу, закупівлю нових діагностичних інструментів та модернізацію технічної інфраструктури.

Висновки

У цьому контексті перспективним напрямом є створення спеціалізованих центрів для ТО електричних вантажних автомобілів з урахуванням стандартів безпеки роботи з високовольтним обладнанням.

Ефективний розвиток системи технічного обслуговування електричних вантажних автомобілів сприятиме підвищенню продуктивності автопідприємств, зменшенню витрат на експлуатацію та збільшенню життєвого циклу електричних транспортних засобів.

Список літератури

1. Розпорядження Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року. Документ 430-2018-р. Редакція від 07.04.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text> (дата звернення: 13.10.2024).
2. J. Zhang, X. Chen, and P.-J. Zhang, “Integrated control of braking energy regeneration and pneumatic anti-lock braking,” *Journal of Automobile Engineering*, vol. 224, no. 5, pp. 587–610, 2010.
3. M. Shang, L. Chu, J. Guo, Y. Fang, and F. Zhou, “Braking force dynamic coordinated control for hybrid electric vehicles,” in *Proceedings of the 2nd IEEE International Conference on Advanced Computer Control (ICACC '10)*, vol. 4, pp. 411–416, Shenyang, China, March 2010.
4. Zhao, X.; Ye, Y.; Ma, J.; Shi, P.; Chen, H. Construction of electric vehicle driving cycle for studying electric vehicle energy consumption and equivalent emissions. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2020, 27, 37395–37409.
5. Clegg, S. A Review of Regenerative Braking Systems; Institute of Transport Studies, University of Leeds: Leeds, UK, 2023.

УДК 629.083

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СЕРВІСНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ АВТОМОБІЛІВ КОМПАНІЇ TOYOTA

Верхломчук Віталій Валерійович,

керівник відділу післяпродажного обслуговування,
Автоцентр Тойота Артсіті, e-mail: Verhломchuk14@gmail.com

Під час сервісного обслуговування автомобілів компанії TOYOTA застосовуються наступні інформаційні технології.

Аналітичні системи OLAP (On-Line Analytical Processing) призначені для аналізу великих об'ємів інформації в інтерактивному створенні

інтелектуального капіталу (аналітичних даних), що дозволяє керівникові прийняти обґрунтоване рішення.

База інформаційна (Informative base), що включає весь комплекс статистичних показників, які характеризують господарську діяльність організації в цілому і її підрозділів, а також, фактологічний матеріал про всі фактори, які впливають на стан і тенденції розвитку організації.

База технічна (Technical base) містить регульовальні дані по автомобілях. У базах є тисячі різних параметрів, нормативів і т. п. Пам'ятати ці цифри навіть по одній марці, що обслуговується неможливо, але неможливо також займатися ремонтом і (або) діагностикою, не маючи їх під рукою.

База Autodata (Autodata base), як мультиінформаційна та мультимарочна система для автосервісів, яка включає повну інформацію по автомобілю та його агрегатах, інтервали ремонту зі списками робіт, змащувальні матеріали та їх об'єми, схеми електрообладнання, робочі схеми.

База ATSG (Automatic Transmission Service Group) – база, що містить інформацію від фірми Automatic Transmission Service Group з ремонту та обслуговування автоматичних коробок передач, велику кількість ілюстрацій, послідовності розбирання й складання вузлів і агрегатів, дані з ідентифікації автоматичних трансмісій всіх основних виробників і багато різної загальнотехнічної і навчальної інформації.

База ELSA - інформаційна база і збірник інструкцій з ремонту автомобілів Audi з описом технології ремонту й обслуговування автомобіля, електричними схемами, кузовними роботами, нормами часу на виконувани роботи і т. д.

Вітрини даних (рівень архітектури інформаційних сховищ – level of architecture of informative depositories) - невеликі сховища із спрощеною архітектурою, призначені для зберігання частини даних інформаційного сховища з метою зняття навантаження з основного інформаційного сховища. В основному вітрини містять відповіді на конкретну низку запитань, наприклад, дані АРМ співробітників організації. Інформація в різних вітринах може дублюватися.

Гібридні системи оперативної аналітичної обробки даних HOLAP (Hybrid OLAP). В цих системах вихідні дані залишаються в реляційній базі, а агрегатні дані зберігаються в багатовимірній базі даних (MDD).

Графічний акселератор (Graphic accelerator) - програмно-апаратний засіб прискорення графічних операцій: перенесення блока даних, зафарбовування об'єкта, підтримки апаратного курсора. Відбувається розвиток техніки мікросхем з метою збільшення продуктивності електронних пристроїв і мінімізації їх геометричних розмірів. Мікросхеми, що виконують функції компонентів звукової плати, об'єднуються на одній мікросхемі розміром із сірникову коробку. І межі цьому немає.

Дворівнева архітектура інформаційного сховища (Two-tier architecture of informative depository) забезпечує ретроспективні запити (запити даних за минулі роки), аналіз тенденцій, підтримку ухвалення стратегічних рішень. Вони орієнтовані на оперативні бази організації і зовнішні джерела, доступні по інтернету.

Діагностика технічна (technical diagnostics) зглядає будь-який об'єкт як потенційне джерело несправностей (відмов), які повинні бути виявлені і локалізовані.

Засіб групового планування (Group Shedules) забезпечує планування зустрічей, зборів, подій для користувачів, груп і ресурсів. Дозволяє змінити розклад персональних календарів інших співробітників. Керівник може проглянути на екрані календарі декількох співробітників, що обслуговуються різними поштовими відділеннями, із збереженням конфіденційності і внести до них зміни.

Запити інтелектуальні (Intellectual queries) - запити, які здійснюють пошук за умовою або алгоритмом обчислення відповіді.

Інтелектуальні ділові технології (Business Intelligence Services (BIS)) перетворюють інформацію з внутрішніх і зовнішніх баз в інтелектуальний капітал (аналітичні дані). Головними завданнями систем інтелектуального вибору даних є пошук функціональних і логічних закономірностей в накопичених даних для підказки обґрунтованих управлінських рішень. Вони ґрунтуються на використанні технологій інформаційного сховища і алгоритмів автоматизації ділових процесів.

Інтерфейси програм (Program interfaces) або клієнтські інтерфейси дозволяють виконувати різні програми, що знаходяться на сервері.

Інформація (Information) - цілеспрямоване повідомлення про зміну будь-якого фізичного параметра.

Програми технічного обслуговування (Programs of technical service) надають сервіс для експлуатації комп'ютера, виявлення помилок при збоях, відновлення зіпсованих програм і даних.

Програмне забезпечення спеціалізованого обладнання (Specialized equipment software) - програмне забезпечення сканерів, мотор-тестерів, ПЗ для роботи з газоаналізаторами і димомірами, ПЗ для чіп-тюнінгу, ПЗ для вимірювальних систем кузовного ремонту і т. п.

Система технічного обслуговування і ремонту (System of technical service and repair) - сукупність взаємопов'язаних засобів, документації технічного обслуговування і ремонту, а також виконавців, необхідних для підтримки і відновлення якості виробів, що входять в цю систему. Метою даної системи технічного обслуговування є забезпечення відповідності стану автотранспортних засобів населення встановленим вимогам і підвищення ефективності їх використання власниками.

Система управління базами даних – Access реалізовує технології структуризації інформації за допомогою гіпертекстової технології. Вона працює з таблицями так, як і Excel, але при цьому дані можуть бути пов'язані між собою перехресними гіпер-текстовими посиланнями, що дозволяє виконувати різні запити.

Система електронна (Electronic system) - сукупність електронних пристроїв, пов'язаних загальною функцією в робочому процесі агрегату чи машини.

Система електронного документообігу (Electronic document system) забезпечує управління документами і діловими операціями. Тим самим реалізовується розділення робіт між співробітниками, виконавська система на рівні кожного співробітника.

Системи HSM (Hierarchical Storage Management) і DM (Data Migration) HSM реалізовує технології ієрархічного сховища, Data Migration – міграції даних. HSM-система створює наче «продовження» дискового простору файлового сервера на вторинних пристроях (бібліотеках-автоматах).

Системи оперативної аналітичної обробки реляційних баз даних ROLAP (Relational OLAP). В цих системах вихідні дані залишаються в реляційній базі, агрегатні дані розміщуються в кеш тієї ж бази.

Системи оперативної аналітичної обробки багатовимірних баз даних MOLAP (Multidimensional OLAP). В цих системах вихідні і агрегатні дані зберігаються в багатовимірній базі даних.

Системи Group Ware і Workflow направлені на автоматизацію і підтримку колективної роботи на підприємстві.

Система GroupWare забезпечує роботу невеликих колективів за допомогою електронної пошти, бази гіпертекстових документів і системи групової роботи (колективного органайзера).

Система Workflow автоматизує управління корпорацією, підтримуючи розділення робіт по ділових операціях (бізнес-процесах) і маршрутизацію робіт, і гіпертекстових документів в мережі виконавців. Відмітимо, що системи Workflow, використовуються в системах електронного документообігу, забезпечують маршрутизацію документів.

Системи ведення електронних архівів EDMS (Electronic Document Management System) - це бази даних гіпертекстових документів. Документи можуть бути текстовими, графічними, відео, звуковими і іншими файлами, підготовленими в різних застосуваннях.

Таблиці діагностичні (Fault tables) - таблиці з аналізом діагностичних кодів несправностей (DTC – Diagnostic Trouble Code).

Текстовий процесор – Word найбільш широко використовується, оскільки писати і оформляти тексти необхідно багатьом користувачам. Раніше подібні програми називалися текстовими редакторами, але сьогодні цей термін не відображає можливості, що надаються ними.

Технічне обслуговування (ТО) (Technical service) - комплекс операцій або операція з підтримки справного стану колісного транспортного засобу (складових частин, систем колісного транспортного засобу) відповідно до інструкцій його виготовлювача.

Технічні сервісні бюлетені TSB (Technical Service Bulletins) - інструкції та рекомендації від автовиробників щодо усунення конкретних типових несправностей і з інших питань. Ці керівництва містяться практично у всіх дилерських (Ford TIS, Opel TIS, BMW TIS), а також у деяких мультимарочних базах (наприклад, в Mitchell on Demand і Alldata).

Технологічний контроль (Technological control) полягає в організації багаторівневої системи захисту програм і даних від вірусів, неправильних дій користувачів, несанкціонованого доступу.

Технології інформаційно-комп'ютерні (Informative computer technology) - область високих технологій, які відповідають за збереження, передачу, обробку, захист і відтворення інформації за допомогою комп'ютерної техніки.

Технології видобутку даних (Data Mining) розроблені для пошуку і виявлення в даних прихованих зв'язків і взаємозалежностей з метою надання їх керівникові в процесі ухвалення рішень. Для цього використовуються статистичні методи кореляції, оптимізації та інші, що дозволяють знаходити ці залежності і синтезувати дедуктивну (узагальнену) інформацію.

Технологія клієнт-сервер (Technology is a client-server) забезпечує високошвидкісний обмін даними в рамках робочих груп корпоративної мережі для електронної пошти, електронного документообігу, автоматизації ділових процесів. Для ефективної роботи клієнт і сервер мають бути розташовані в одній логічній підмережі.

Технологія URL (Uniform Resource Locator – уніфікований покажчик на ресурс) URL – частина шлюзового інтерфейсу інтранета CGI (Common Gateway Interface). CGI – інтерфейс дозволяє інтегрувати в інтрамережу будь-яку програму. Наприклад, аби пов'язати інтрамережу з базою даних, web-сервер за допомогою CGI запускає програму, яка перетворить формат бази у формат мови гіпертекстової розмітки HTML.

Висновки

У сучасному світі автомобілі стали необхідністю для багатьох людей, а отже, зростає і потреба в сервісних центрах, які забезпечують їх обслуговування. Однак, з кожним роком конкуренція в цій галузі стає все більш жорсткою, тому важливо мати якісні та ефективні інструменти для забезпечення якісного обслуговування клієнтів. У цьому контексті, розробка веб додатка для сервісного центру обслуговування автомобілів може бути важливим кроком для поліпшення якості обслуговування, а також для збільшення задоволеності клієнтів та покращення репутації компанії.

ОЦІНКА ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Волков Володимир Петрович – докт. техн. наук,
професор кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: volf-949@ukr.net

Волкова Тетяна Вікторівна - канд. техн. наук,
доцент кафедри транспортних технологій, Харківський національний
автомобільно-дорожній університет, e-mail: volf-949@ukr.net

Верхломчук Віталій Валерійович,
керівник відділу післяпродажного обслуговування,
Автоцентр Тойота Артсіті, e-mail: Verhloenchuk14@gmail.com

Метою роботи є формування особливостей інформаційної системи оперативного забезпечення нормування показників експлуатації і керування паливною економічністю транспортного засобу у взаємодії з інфраструктурою.

В умовах ITS і практики експлуатації транспортних засобів багато уваги приділяється оперативному забезпеченню нормування показників експлуатації і керуванню паливною економічністю, визначенню параметрів технічного стану та швидкості руху тощо.

Однак, широке автоматизоване поєднання, оперативне забезпечення нормування, дистанційне керування паливною економічністю транспортного засобу з урахуванням умов експлуатації, інформації про технічний стан, режими роботи операторів, їхній фізичний стан ще не здійснювалось [1, 2].

Без точної інформації про основні нормативні показники експлуатації транспортного засобу, про паливну економічність та швидкість руху важко проаналізувати зміну основних технічних параметрів і здійснювати керування нормуванням показників експлуатації і керування паливною економічністю транспортного засобу, технічними впливами тощо.

В умовах експлуатації транспортні компанії використовують лише окремі показники своєї роботи у поєднанні з окремими, найнеобхіднішими, параметрами транспортного засобу.

На практиці спостереження та аналіз нормоутворюючих показників, показників паливної економічності і швидкісного режиму в реальних експлуатаційних умовах здійснюється після повернення транспортного засобу з маршруту.

Практика експлуатації транспортного засобу вимагає забезпечення віддаленого оперативного нормоутворення показників експлуатації, контролю і забезпечення раціональної витрати палива та параметрів стану транспортного засобу з урахуванням відповідних умов експлуатації на основі моніторингу і інтелектуальних транспортних систем.

Для визначення предметної області транспортного засобу, під час роботи у складі системи оперативного забезпечення нормування показників експлуатації і керування паливною економічністю, використовуються загальні і спеціальні принципи, що орієнтовані на конкретні задачі отримання, обробки, аналізу даних з урахуванням завдань їхнього моніторингу і функціональні потреби, в тому числі і операторів [1, 2].

Початковий аналіз предметної області інформаційного забезпечення системи оперативного забезпечення нормування показників експлуатації й керування паливною економічністю транспортного засобу проводився на етапі формування діаграми потоків інформації (DFD – Data Flow Diagram) [1, 2].

При формуванні на DFD-діаграмі інформаційної системи джерелами отримання первинної інформації про стан транспортного засобу є пристрої збирання і передачі інформації про учасників процесу експлуатації засобів транспорту, умови експлуатації, бази даних, що прийнято вважати «зовнішніми сутностями» [1].

До функціональних завдань «Інформаційної системи оперативного забезпечення нормування показників експлуатації й керування паливною економічністю відноситься збирання даних у системі спостереження, ідентифікацію транспортного засобу і оператора(ів), отримання, обробка, аналіз значень і прогнозування даних та параметрів забезпечення нормування показників експлуатації, керування паливною економічністю й технічним станом, ідентифікацію умов експлуатації, діагностування технічного стану, визначення несправностей, перевірка відповідності параметрів забезпечення нормування показників експлуатації й керування паливною економічністю та технічного стану показникам системи і умовам експлуатації.

Висновки

В запропонованій інформаційній моделі системи оперативного забезпечення нормування показників експлуатації й керування паливною економічністю програмне забезпечення системи в умовах ITS може мати свою структуру. Вона складається з показаних основних компонентів, має адресу направленість і ділиться на загального і спеціальне програмне забезпечення. Програмна направленість безпосередньо відноситься до бортового обладнання та робочого місця оператора або серверної частини.

Список літератури

1. Волков В. П., Матейчик В. П. Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобілета тракторобудування. Х.: НТУ «ХПІ», № 29 (1002), с. 138-144, 2013

2. Матейчик В.П., Волков В.П. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів. Управління проектами, системний аналіз і логістика, вип. 13, с. 126-138, 2014.

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЯ

Горбик Ю. В., к.т.н., доцент, кафедра технічної експлуатації і сервісу
автомобілів, ХНАДУ, e-mail: yuragorbik@gmail.com,
ORCID: [0000-0001-6876-8428](https://orcid.org/0000-0001-6876-8428)

Стропша Е. К., магістр гр. А-65-23, ХНАДУ, e-mail:
stropshaem@gmail.com

Постановка проблеми. У більшості сучасних двигунів подача рідкого або газоподібного палива в циліндри здійснюється механічним способом під управлінням мікропроцесорних систем переважно шляхом розпилення за допомогою клапанних форсунок. До роботи форсунки висуваються виключно високі вимоги, як щодо швидкодії, так і точності дозування заданої кількості палива. Для бензинових двигунів електромагніт форсунки повинен відкривати та закривати клапан за 1 мс [1]. При діагностуванні автомобіля на паливну економічність або для вирішення завдань нормування палива можна, знаючи характеристики форсунок, що застосовуються на даному типі двигуна і вимірявши, тривалість їх відкриття ми з достатньою точністю можемо вимірювати миттєву витрату палива при русі автомобіля із заданою швидкістю на дорозі або на стенді з біговими барабанами.

Мета дослідження. Метою роботи є подальше вдосконалення методики та розробка алгоритму діагностування технічного стану автомобіля щодо зміни витрати палива.

Основний матеріал. У реальних системах в основу алгоритму управління форсунками покладено спрощену модель визначення циклової подачі за статичною продуктивністю форсунки та тривалістю керуючого імпульсу. У цій моделі приймається постійний ефективний прохідний переріз розпилювача форсунки, а тривалість відкритого стану клапана форсунки приймається рівною тривалістю керуючого імпульсу, яку визначають за принципом базової та коригуючої матриць. За цією моделлю циклова подача палива [2]

$$G_{\text{цпi}} = g_{\text{ст}} \cdot \tau_k, \quad (1)$$

де $g_{\text{ст}}$ – статична продуктивність форсунки, τ_k – тривалість керуючого імпульсу на форсунці.

Під статичною продуктивністю форсунки $g_{\text{ст}}$ розуміють її здатність пропустити кількість палива $G_{\text{п}}$ за постійно відкритому клапані за певний проміжок часу $\tau_{\text{в}}$. Таким чином, статична продуктивність форсунки визначається способом статичного пролиття при постійному тиску палива та при постійно відкритому клапані за час $\tau_{\text{в}}$ і визначається за формуло

$$g_{ст} = \frac{G_{п}}{\tau_{в}}. \quad (2)$$

При цьому кількість палива, яке має пролитися через форсунку, визначається за формулою.

$$G_{п} = \mu f_{con} \cdot \sqrt{2\rho_{п} \cdot \Delta P_{п}} \cdot \tau_{в}, \quad (3)$$

де μf_{con} - постійний ефективний прохідний переріз розпилювача форсунки при повністю відкритому клапані, $\Delta P_{п}$ - постійний перепад тиску палива на форсунці, $\tau_{в}$ - час вимірювання під час пролиття.

Під час підготовки експерименту для підвищення точності вимірювань витрати палива проводилася оцінка статичної продуктивності форсунок використовуваного автомобіля Skoda Octavia на стенді ASNU-01 фірми Bosch, що забезпечує високу точність визначення. Для відтворення статичного режиму пролиття на обмотки електромагнітних форсунок подається постійна напруга. Час виміру $\tau_{в}=10 - 30$ с, протягом якого форсунки відкриті та відбувається пролиття, який формується в електронному блоці за допомогою генератора частоти та лічильника імпульсів стенду.

З урахуванням формул (2) і (3) статична продуктивність форсунки є масовою швидкістю закінчення палива через розпилювач і чисельно дорівнює

$$g_{ст} = \mu f_{con} \cdot \sqrt{2\rho_{п} \cdot \Delta P_{п}}. \quad (4)$$

У рівнянні (4) μf_{con} , $\rho_{п}$ та $\Delta P_{п}$ – величини постійні, а керують паливоподачею, змінюючи тривалість електричного керуючого імпульсу τ_k , який подається на електромагніт форсунки. У системах керування двигуном для збереження витратних характеристик форсунок при різних режимах роботи двигуна в робочих умовах подача палива здійснюється при постійній різниці $\Delta P_{п} = P_a - P_s$ між тиском палива і тиском у впускному колекторі після дросельної заслінки. Для цього в паливній системі введено зворотний зв'язок по тиску, для чого встановлений стабілізатор перепаду тиску, редукційний клапан якого з мембранним приводом навантажений пружиною, причому порожнину над мембраною з'єднується з порожниною за дросельною заслінкою.

Відомо, що якір електромагніту клапана запізнюється в часі підйомі на величину $\tau_{п}$ і опусканні на $\tau_{о}$. Це призводить до того, що тривалість відкритого стану клапана форсунки $\tau_{впр}$ відрізняється від тривалості електричного імпульсу керуючого τ_k , що подається на обмотку електромагніту форсунки на величину

$$\tau_{впр} = \tau_k - \tau_{п} + \tau_{о}, \text{ або } \tau_{впр} = \tau_k - \Delta\tau_{н}, \quad (5)$$

де $\Delta\tau_{н} = \tau_{п} - \tau_{о}$ – враховує невідповідність керуючого імпульсу τ_k до реального часу впорскування $\tau_{впр}$.

Враховуючи цю умову, формула (1) матиме вигляд

$$G_{цпi} = g_{ст} \cdot (\tau_k - \Delta\tau_n). \quad (6)$$

Невідповідність $\Delta\tau_n$ можна визначити шляхом динамічного пролиття форсунок із застосуванням стенду з перевірки та очищення форсунок ASNU-01 фірми Bosch. Для цього використовували такий режим роботи форсунок, коли в рампі стенду підтримується постійний тиск палива, а клапани відкриваються на короткий час при подачі на обмотки форсунок імпульсів керуючих тривалістю $\tau_k = 1 - 20$ мс, які формуються в електронному блоці на основі еталонних інтервалів часу. Наявний лічильник імпульсів у цьому режимі вимірює кількість циклових подач j . Такий підхід дозволяє не застосовувати секундомір, а встановлювати за допомогою перемикача калібровані інтервали часу та забезпечує високу повторюваність режимів випробувань.

Тоді циклову подачу $G_{цпд}$ можна визначити за результатами динамічного пролиття

$$G_{цпд} = \frac{G_{пд}}{j}. \quad (7)$$

де $G_{пд}$ – кількість палива, накопичена у вимірювальній посудині стенду за час динамічного пролиття, j – кількість впорскування (циклових подач), зроблених за час пролиття.

За результатами статичного та динамічного пролиття визначаємо величину невідповідності $\Delta\tau_n$ для кожної форсунки

$$\Delta\tau_n = \tau_k - \frac{G_{пд}}{G_n} \cdot \frac{\tau_n}{j}. \quad (8)$$

Насправді зручніше користуватися поправочним коефіцієнтом k_τ , який враховує запізнення спрацьовування форсунок.

Його визначаємо із формули

$$k_\tau = 1 - \frac{\Delta\tau_n}{\tau_k}. \quad (9)$$

На підставі викладеного вище для обчислення поточних значень циклової подачі дискретними методами, у формулі (1) необхідно помножити статичну продуктивність форсунки $g_{ст}$ на тривалість електричного керуючого імпульсу τ_k і коефіцієнт k_τ , який враховує запізнення спрацьовування форсунок.

Циклова подача палива через отвір форсунки з постійним перепадом тиску палива ΔP_n буде визначатися за формулою

$$G_{цпi} = g_{ст} \cdot \tau_k \cdot k_\tau = \mu f_{con} \cdot \sqrt{2\rho_n \cdot \Delta P_n} \cdot \tau_k \cdot k_\tau. \quad (10)$$

Експериментальні дослідження проводилися з використанням автомобіля Skoda Octavia із силовим агрегатом AGU 1,8 20V Turbo з використанням

системи збору даних, побудованої на основі персонального комп'ютера, модуля введення аналогових сигналів та програмного додатку PowerGraf Professional. Для ідентифікації режимів роботи двигуна використовуються сигнали датчиків частоти обертання, температури охолоджуючої рідини, положення дросельної заслінки, складу газів, що відпрацювали, і включення стартера. Для визначення витрати палива автомобілем на стенді з біговими барабанами при заданій швидкості за допомогою системи збору даних знімалися наступні сигнали: частота обертання барабанів (величину напруги на тахогенераторах), швидкість автомобіля, тривалість упорскування першої форсунки, сигнал положення распредвалу. Використовуючи вищевикладені математичні моделі можна з достатньою точністю визначити витрату палива при заданій швидкості руху на стенді та заданому навантаженні.

Питому дорожню витрату палива в л/100 км можна визначити за формулою

$$Q = \frac{100 \cdot Q_n}{V_a}, \quad (11)$$

де Q_n – об'ємна годинна витрата палива за формулою, л/год; V_a – швидкість автомобіля.

Об'ємна годинна витрата палива визначаємо за формулою

$$Q_n = g_{ст} \cdot (\tau_k - \Delta\tau_n) \cdot 1,2 \cdot n \cdot 10^{-4} = 0,0005 \cdot n \cdot (\tau_k - \Delta\tau_n) \quad (12)$$

Висновки. Описаний метод визначення енергетичних показників автомобіля можна застосовувати для завдань визначення витрат палива на автомобілях обладнаних системами розподіленого упорскування палива, а також для визначення або уточнення базових норм витрати на транспортну роботу з урахуванням умов експлуатації. Попередня перевірка форсунок, їхня статична і динамічна проливка на стенді виключає похибки вимірювань, пов'язані з технічним станом цих елементів системи впорскування палива.

Література:

1. Tom Denton. Automobile electrical and electronic systems. - Society of Automotive Engineers, Inc., 1995. 312 pp. 2. Пойда А.М. Лабораторний практикум з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» розділ «Технічна експлуатація автомобілів з мікропроцесорними системами керування». Х.: Вид. ХНАДУ. 2017. 174 с.

ДІАГНОСТУВАННЯ ОСНОВНИХ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ХОДОВОЇ ЧАСТИНИ АВТОМОБІЛІВ

Зибцев Юрій Васильович, старший викладач кафедри експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно – дорожній університет. e-mail: dandz2805@gmail.com,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0356-3095>

Ходова частина автомобіля є однією з найбільш мало захищених частин авто, особливо в умовах нашого клімату і рівня обслуговування доріг. Після певного пробігу в машині починають проступати стуки, скрипи і скреготіння – це є вірним сигналом того, що необхідно перевірити ходову частину, так як її несправність ставить під загрозу вашу безпеку.

Вірним рішенням буде звернутися на станцію техобслуговування для діагностики ходової частини вашого автомобіля.

Для чого потрібна діагностика ходової частини автомобіля? І що саме входить в процедуру огляду ходовки автомобіля. Давайте складемо перелік запчастин які за часту є проблемою підвіски автомобіля:

- Сайлентблоки підвіски.
- Стойки амортизаторів.
- Стойки стабілізатора.
- Втулки стабілізатору.
- Важіль.
- Рульові накінецьники.
- Шарові опори.

Кожна з цих запчастин буде по різному впливати на ходові якості вашого транспортного засобу. Тому треба розуміти як саме перевірити необхідний компонент підвіски вашого автомобіля.

Методи діагностування автомобіля на електро-гідравлічному підйомнику:

1) Спочатку необхідно підняти автомобіль аби ми могли візуально переглянути всі компоненти ходової частини автомобіля (потрібно звернути увагу на стан всіх резинових деталей, втулок, шарових опор)

2) За допомогою монтувалки можна перевірити шарові опори та важілі підвіски. Необхідно дивитись на скільки вже розшатана запчастина яку ми будемо перевіряти. Якщо запчастина має явні дефекти її необхідно замінити, адже кожна деталь підвіски впливає на безпеку руху транспортного засобу.

3) Перевіряємо цілісність пружин та стійок амортизаторів. (Дуже часто пружини лопаються і автомобіль починає сідати, амортизатори можуть почати протікати).

4) Звертаємо увагу на стабілізатор та стійки стабілізатору, а також втулки стабілізатору. Якщо вже з'явився люфт, то необхідно їх замінити.

Важливий момент в заміні ходових компонентів автомобіля чи впливає на запчастину яку ви будите міняти на розвал коліс. Наприклад при заміні стійок та втулок стабілізатору схід-розвал робити не треба, а от при заміні стійок амортизаторів необхідно обов'язково зробити розвал-схід на вашому автомобілі.

Особливості ремонту ходової частини автомобіля-це те що, на автомобілі встановлено окрім елементів ходової частини ще й інші деталі автомобіля які можуть заважати при роботі з ним, наприклад вихлопна система, троси, патрубки, та інше. Тому необхідно дотримуватись правил техніки безпеки під автомобілем аби не отримати поранення чи опіки.

Давайте розглянемо на прикладі як правильно починати діагностування автомобіля.

По-перше, звіряємо т/з з заказ-нарядом, після чого майстер приймальник заїде автомобілем на призначене місце роботи над автомобілем.

По-друге, необхідно виставити автомобіль рівно, перевести кулісу передачі на нейтральну після чого можна піднімати автомобіль, та починати роботу з ним.

Розпочинаємо візуальний огляд всіх компонентів підвіски автомобіля, дивимось на стан гуми в усіх шарнірах та пильниках. Перевіряємо рухомі компоненти на люфти.

Такий вигляд має розбита шарова опора (рис. 1, а) та пошкоджена пружина підвіски (рис. 1, б).



а)



б)

Рисунок 1 – Вигляд зношеної шарової опори та пошкодженої пружини підвіски

Література

1. <https://magnatauto.com/blog/diagnostika-ta-remont-hodovoi-chastini-avtomobilya>

МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ВИСОКОВОЛЬТНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛІВ З ГІБРИДНИМИ СИЛОВИМИ АГРЕГАТАМИ

Корпач Анатолій Олександрович, канд. техн. наук, професор кафедри двигунів і теплотехніки, Національний транспортний університету,
e-mail: akorpach@ukr.net, ORCID: [0000-0002-7070-7883](https://orcid.org/0000-0002-7070-7883)

Левківський Олександр Олександрович, канд. техн. наук, інструктор з технічного навчання, Товариство з обмеженою відповідальністю «Віннер Імпортс Україна, ЛТД»,
e-mail: oleksandr.levkivskyi@gmail.com, ORCID: [0000-0002-2951-2312](https://orcid.org/0000-0002-2951-2312)

Вступ: Високовольтні системи автомобілів з гібридними силовими агрегатами проектується з урахуванням ряду вимог для забезпечення безпечної експлуатації, обслуговування та ремонту. В процесі експлуатації системи, що запобігають ураженню електричним струмом або займанню внаслідок короткого замикання в високовольтному ланцюзі, можуть бути пошкоджені. Для контролю систем безпеки автомобілів з високовольтною мережею розроблено ряд тестів, що дозволяють перевірити та підтвердити працездатність даних систем[1]. До основних методів перевірки високовольтної системи відносяться:

1. Перевірка герметичності корпусу високовольтної акумуляторної батареї під тиском.
2. Перевірка герметичності системи охолодження високовольтної акумуляторної батареї під тиском.
3. Перевірка системи вирівнювання потенціалів.
4. Перевірка опору ізоляції.

Перевірка герметичності високовольтної акумуляторної батареї.

Високовольтні акумуляторні батареї сучасних автомобілів, як правило, розміщені під днищем кузова та перебувають під постійним впливом зовнішнього середовища. Для запобігання потрапляння вологи в середину батареї, її корпус виготовляють герметичним. В результаті пошкоджень або природного зношення (наприклад корозії) корпус високовольтної акумуляторної батареї може втратити герметичність, що підвищує ризик короткого замикання між акумуляторними модулями в середині високовольтної батареї в наслідок потрапляння вологи.

Крім того, для забезпечення ефективного охолодження акумуляторних модулів сучасні високовольтні батареї, як правило, оснащені рідинною системою охолодження. Теплообмінник системи охолодження може бути розміщений або в корпусі батареї, або безпосередньо в акумуляторних модулях. Порушення герметичності системи охолодження також може стати причиною короткого замикання між акумуляторними модулями високовольтної батареї.

Для перевірки герметичності, як корпусу так і системи охолодження, використовують ручні або автоматичні методи контролю. Ручний метод полягає в створенні надлишкового тиску за допомогою насоса з подальшим контролем падіння тиску протягом заданого проміжку часу за допомогою манометра (рис.1а). Корпус високовольної акумуляторної батареї може бути великим і містити декілька сотень літрів повітря. Цей факт, поряд з великою площею поверхні внутрішніх компонентів, обмежує позитивний або негативний тиск (вакуум), який він може витримати без пошкодження. Таким чином, перевірка акумуляторної батареї під тиском виконується з використанням низького позитивного або негативного тиску (приблизно до 50 мБар) з допуском падіння до 5 мБар. Для одержання достовірних результатів вимірювання, необхідно використовувати точні засоби та чітко дотримуватися рекомендацій виробника щодо часу стабілізації та падіння тиску.

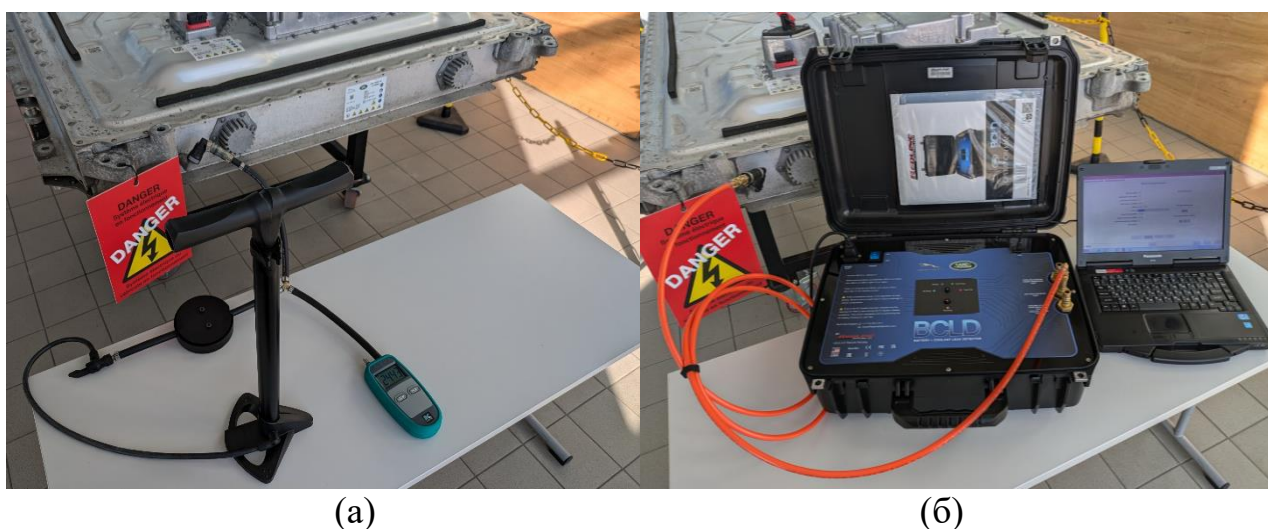


Рис. 1. Ручний (а) та автоматичний (б) методи перевірки герметичності корпусу високовольної акумуляторної батареї

Для спрощення виконання процедури перевірки герметичності корпусу та системи охолодження високовольної акумуляторної батареї існують прилади, що виконують автоматичну подачу повітря під тиском та самостійно оцінюють його падіння протягом програмнозаданого проміжку час (рис. 1б), наприклад, прилад BCLD (Battery + Coolant Leak Detector), що виготовляється компанією Redline Detection (США) [2].

Перевірка системи вирівнювання потенціалів.

На відміну від традиційних низьковольтних електричних систем автомобіля, в яких негативне (мінусове) з'єднання з акумуляторною батареєю виконано через кузов, високовольтні системи мають ізольовану від кузова як позитивну так і негативну лінію живлення. Така конструкція дозволяє забезпечити високий рівень безпеки в процесі експлуатації. Однак, у випадку виникнення дефекту на корпусах різних компонентів високовольтної мережі може виникнути різниця потенціалів, що створює ризик ураження електричним струмом при контакті з даними компонентами в процесі експлуатації, технічного обслуговування або ремонту. Для запобігання ураженню

електричним струмом потенціали на корпусах всіх компонентів високовольтної системи завжди повинні бути рівними. Для цього вони повинні бути надійно з'єднані між собою. Оскільки різні компоненти високовольтної системи можуть знаходитись в різних місцях автомобіля для з'єднання їх корпусів зручно використовувати металевий кузов автомобіля. Таким чином, кожен компонент високовольтної системи або кріпиться безпосередньо до кузова, або з'єднаний з ним за допомогою металевої шини (рис. 2).



Рис. 2. Шина системи вирівнювання потенціалів.

В процесі експлуатації або ремонту надійність з'єднання корпусів високовольтних компонентів з кузовом автомобіля може погіршитись через окислення або недостатній момент затяжки різьбових з'єднань. Для перевірки надійності з'єднань системи вирівнювання потенціалів використовуються спеціальні прилади, які вимірюють опір між корпусом високовольтного компоненту і кузовом автомобіля. На відміну від звичайних омметрів, які вимірюють опір при дуже низькому струмі (близько 1 мА), прилади для перевірки системи вирівнювання потенціалів повинні створювати більш високий струм (до 200 мА), оскільки лише в такому випадку можна гарантувати, що з'єднання залишиться надійним при навантаженні. З'єднання системи вирівнювання потенціалів вважаються надійним, якщо їх опір не перевищує 50 мОм. Найбільш розповсюдженим приладом для перевірки системи вирівнювання потенціалів є Fluke 1507 (рис. 3) [3], який сертифікований багатьма автовиробниками.



Рис. 3. Перевірка системи вирівнювання потенціалів за допомогою Fluke 1507.

Перевірка опору ізоляції.

Як описано вище, для забезпечення високої безпеки в процесі експлуатації автомобіля, високовольтні лінії ізолювані від кузова автомобіля. Однак, інколи в результаті виникнення дефекту високовольтних кабелів (рис. 4) або в середині компонентів високовольтної мережі, опір ізоляції може знижуватись, що створює ризик ураження електричним струмом. Різні модулі керування високовольтної системи постійно контролюють опір ізоляції між високовольтними лініями і кузовом автомобіля та, у випадку його зниження, реєструють відповідні помилки та інформують водія за допомогою індикаторів на панелі приладів. Однак, електронний модуль не може визначити місце зниження опору ізоляції оскільки він контролює всю гілку високовольтного ланцюга до якої можуть входити декілька інших модулів та провідників.

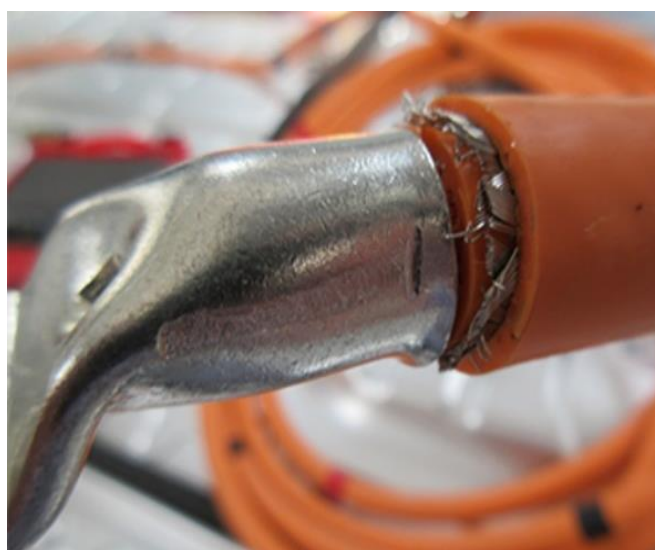


Рис. 4. Дефект високовольтного кабеля, що викликає зниження опору ізоляції

Для локалізації місця зниження опору ізоляції використовують мегомметр, який вимірює опір при високій напрузі (як правило 500В або 1000В). В процесі перевірки опору ізоляції контролюють опір між позитивною та негативною високовольтними лініями та кузовом автомобіля, послідовно відключаючи роз'єми в даній високовольтній лінії доки не буде виявлено кабель або компонент з низьким опором ізоляції. Для виконання перевірки опору ізоляції також використовують прилад Fluke 1507.

Висновки: Сучасні високовольтні системи автомобілів з гібридними смисловими агрегатами потребують періодичного контролю для забезпечення безпечної експлуатації та обслуговування. Перевірка герметичності високовольтної батареї, системи вирівнювання потенціалів та опору ізоляції дозволяють запобігти виникненню короткого замикання або ураження струмом у випадку виникнення дефектів.

Література

1. T. Denton. Electric and Hybrid Vehicles. 3rd ed. - London: Routledge, 2024. – 260 p.
2. New EV testing solution // Electric and hybrid vehicle technology. — Jun 2022. P. 124.
3. Fluke 1507/1503 Insulation Testers. Users Manual. - USA, 2005. - 28 p.

УДК 629.083

ЗАГАЛЬНИЙ КРИТЕРІЙ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Кривошапов Сергій Іванович, к.т.н., доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: tesa@khadi.kharkov.ua, ORCID: 0000-0003-4605-6790

Коваленко Максим Ігорович, магістр гр. А-63-23,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: maks7772001@gmail.com

Транспорт є невід'ємною частиною економіки України. В процесі перевезення вантажів та пасажирів необхідно прагнути ефективно використовувати ресурси, які необхідні для функціонування транспортного засобу.

Транспорт є основним споживачем рідких видів палива [1]. Ефективна експлуатація транспортних засобів безпосередньо пов'язана з питаннями економії палива.

Оцінювати енергетичну ефективність транспортних засобів лише за витратою палива не зовсім вірно. Різні види і типи автомобілів мають різну повну чи споряджену масу, величина якого впливає на споживання палива.

Для оцінки енергетичної ефективності транспортних засобів необхідно запропонувати інтегральний показник, якій пов'язує енергетичні витрати на паливо із виконанням транспортної роботи на переміщення вантажу.

Ефективність автомобілів прийнято оцінювати трьома основними показниками: продуктивність, собівартість та безпека. Однак ці показники мають розмірність, що не дає можливості порівнювати рухомий склад різних типів.

Оцінку енергетичної ефективності технічних систем, до яких також відноситься всі види машин, можна робити через безрозмірний показник - коефіцієнт корисної дії автомобіля.

Загальний коефіцієнт корисної дії машини визначається як відношення енергії або потужності, що корисно реалізується транспортним засобом на подолання зовнішнього опору, необхідного для переміщення себе і вантажу в просторі, до енергії або потужності, яка була підведена до двигуна через паливо [2].

Тобто:

$$\eta_a = \frac{Q_d}{Q_T} = \frac{N_d}{N_T}, \quad (1)$$

де Q_d – енергія, яка підводиться до поверхні дороги, кДж,

Q_T – енергія, яка зберігається у палові та виділяється під час згорання, кДж.

N_d – потужність, що підводиться до дороги, кВт.

N_T – потужність, яка вивільняється при згоранні палива у циліндрах двигуна, кВт.

У двигуні машини необхідно підвести потужність (Вт), яку буде достатньо для подолання зовнішніх сил опору (P_d), що описується формулою:

$$N_d = \frac{P_d \cdot V_a}{3.6}, \quad (2)$$

де V_a – швидкість транспортного засобу, км/год.

P_d – сила на ободі колеса автомобіля в місті контакту з поверхні дороги, кВт.

Величина сили опору руху тим вища, чим більша вага транспортного засобу. Вага машини визначається як добуток маси автомобіля M_a на прискорення вільного падіння $g = 9.81 \text{ м/с}^2$.

Винесемо масу автомобіля M_a за дужки, тоді формула для потужності опору запишемо так:

$$N_{\text{д}} = \frac{P_{\text{д}} \cdot g}{G_a} \cdot \frac{V_a \cdot M_a}{3.6}, \quad (3)$$

де M_a – маса автомобіля, кг,

G_a – вага автомобіля, Н.

Позначимо вираз $P_{\text{д}} \cdot g / G_a$ через $K_{\text{ш}}$ і назовемо коефіцієнтом «шумом прискорення». Цей показник має розмірність прискорення і він враховує енергетичні втрати, що виникають під час руху транспортного засобу.

Тоді

$$N_{\text{д}} = K_{\text{ш}} \cdot \frac{V_a \cdot M_a}{3.6}, \quad (4)$$

де M_a – маса автомобіля, кг,

G_a – вага автомобіля, Н.

Підведену потужність до двигуна можна визначити через годинну витрату палива (G_m) та нижчу теплоту згоряння палива (H_n):

$$N_T = \frac{H_n \cdot G_T}{3.6}. \quad (5)$$

З урахуванням введенного $K_{\text{ш}}$ ККД транспортного засобу запишеться наступним виразом:

$$\eta_a = \frac{K_{\text{ш}} \cdot M_a \cdot V_a}{H_n \cdot G_T}. \quad (6)$$

На автомобільному транспорті нормування палива прийнято здійснювати через шляхову витрату палива, яка вимірюється в л/100 км.

Тоді з урахуванням залежності

$$Q = \frac{100 \cdot G_T}{V_a \cdot \rho_T}, \quad (7)$$

отримаємо остаточний вираз:

$$\eta_a = \frac{100 \cdot K_{\text{ш}} \cdot M_a}{H_n \cdot \rho_m \cdot Q}. \quad (8)$$

де $H_n \cdot \rho_m$ – характеризує якість палива: бензин, дизпаливо та ін.,

$K_{ш}$ – шум прискорення характеризує якість умов руху,

M_a – маса транспортного засобу, яка характеризує ступінь завантаження,

Q або G_T – витрата палива, що характеризує керування режимом руху.

Стосовно руху автомобіля силовий баланс запишеться наступним чином:

$$P_{Д} = P_f + P_i + P_w + P_j . \quad (9)$$

де P_f , P_i , P_w , P_j – відповідно сили на подолання опору опорної поверхні, ухилу дороги, опору повітря та інерції автомобіля.

Сили розраховуються за наступними формулами:

$$P_f = G_a \cdot f . \quad (10)$$

$$P_i = G_a \cdot i . \quad (11)$$

$$P_w = 0.077 \cdot k \cdot F \cdot V_a^2 . \quad (12)$$

$$P_j = 0.1 \cdot \beta \cdot G_a \cdot \dot{V}_a . \quad (13)$$

де f – коефіцієнт опору кочення колеса,

i – ухил дороги,

k – коефіцієнт опору повітря, $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$,

F – лобова площа автомобіля, м^2 ,

β – коефіцієнт, якій враховує обертові маси автомобіля,

$\dot{V}_a$ – прискорення або уповільнення автомобіля.

З урахуванням формул визначення сил опору отримаємо залежність «шуму прискорення» для автомобіля:

$$K_{ш} = (g \cdot f + g \cdot i + \frac{0.077 \cdot k \cdot F \cdot V_a^2}{g} + 0.1 \cdot \beta \cdot g \cdot \dot{V}_a) . \quad (14)$$

Показник (14) характеризує вплив умов експлуатації на рух автомобіля.

Висновки

Для оцінки ефективності роботи транспортних засобів запропоновано використовувати загальний коефіцієнт корисної дії, що визначається єдиною залежністю для різних видів транспорту. Особливості умов експлуатації враховується коефіцієнтом «шум прискорення», якій визначає дорожні та транспортні умови експлуатації транспортного засобу.

Показник ефективності роботи транспортного засобу (ККД автомобіля) може бути застосований для розрахунку нормативних значень базової норми витрати палива, що дозволить покращати діючу [3] в Україні систему нормування паливно-мастильних матеріалів на автомобільному транспорті.

Література

1. Аналіз ринку нафтопродуктів в Україні. Pro Consulting, 2023, 32 с.
2. Krivoshepov, S., "Calculation Method for Determining the Fuel Consumption of the Vehicle in the Operating Conditions," SAE Technical Paper 2020-01-2166, 2020, <https://doi.org/10.4271/2020-01-2166>
3. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті. Нормативний документ, затверджений Міністерством інфраструктури України 07.10.2011. Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2012, 120 с.

УДК 621.43.06-620.193.53

ВМІСТ CO₂ ТА СО У ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗАХ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З КАРТЕРНИМ ПРОСТОРОМ ДВИГУНА ВАЗ-21011 НА ШВИДКІСНИХ РЕЖИМАХ

Кубіч Вадим Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедри «Автомобілі, теплові двигуни та гібридні енергетичні установки», Національний університет «Запорізька політехніка»,

e-mail: schmirung@gmail.com, ORCID: [0000-0001-6230-9263](https://orcid.org/0000-0001-6230-9263)

Чернета Олег Георгійович, канд. техн. наук, доцент кафедри «Автомобілі та транспортно-логістичні системи», Дніпровський державний технічний університет,

e-mail: OCherneta@gmail.com, ORCID: [0000-0002-3871-6923](https://orcid.org/0000-0002-3871-6923)

Куцай Максим Юрійович, здобувач вищої освіти за рівнем бакалавр, кафедри «Автомобілі, теплові двигуни та гібридні енергетичні установки», Національний університет «Запорізька політехніка»,

e-mail: maxpro05162007@gmail.com

Присвячується 125-ій річниці Національного університету «Запорізька політехніка»

Актуальність теми роботи пов'язана з необхідністю визначення повноти фізико-хімічної взаємодії відпрацьовуваних газів, що прориваються через зазор «кільце-циліндр» двигуна внутрішнього згорання, з моторною оливою та впливають на зміну її в'язкісно-температурної характеристики при зношуванні деталей циліндро-поршневої групи [1].

Метою дослідження є порівняльна оцінка вмісту вуглекислого та угарного газів у газах, які відводяться системою вентиляції картера і випускною

системою двигуна ВАЗ-21011 з частковою втратою ресурсу циліндро-поршневої групи.

Об'єктом дослідження є газогідравлічна система «картерний простір – моторна олива» двигуна ВАЗ-21011 з тиском на такті стискання $9,5 \text{ кгс/см}^2$ та $10,5 \text{ кгс/см}^2$.

Предметом дослідження є закономірності зміни концентрації CO_2 та CO у газах вентиляції картера та випускної системи при частотах обертання колінчастого валу двигуна від 1000 хв^{-1} до 4000 хв^{-1} на його частково прогрітому та нормальному температурному режимах роботи.

В роботі наведено графічні залежності зміни концентрації газів CO_2 і CO на відповідних швидкісних режимах, які відображають наступне. По-перше, повноту згорання паливо-повітряної суміші у циліндрах двигуна зі зміненими параметрами термодинамічного циклу (значення тиску стискання) за умовами регулювання карбюратора та кута випередження палива. По-друге, отримані результати дозволяють побічно оцінити насиченість взаємодії моторної оливи з відповідною кількістю вуглецю та кисню. А це, у свою чергу, буде обумовлювати вірогідне протікання за часом хімічних реакцій оксидів вуглецю із вуглеводними молекулами моторної оливи лінійної нормальної будови (ізобудови), моноциклічної (поліциклічної) будови, що за терміном напрацювання викликає зміни її експлуатаційних показників. Але на даному етапі досліджень оцінка з точки зору хімічних реакцій не здійснювалась, і судження носить передбачуваний характер. Одне можливо стверджувати, що молекулярна маса одиниці об'єму моторної оливи повинна змінитися у більший бік, а це у свою чергу вплине на процеси створення тонких оливних захисних плівок на металевих поверхнях, наприклад, у системі матеріалів підшипників ковзання колінчастого валу «ВЧ-800 – 15W-40 – АО20-1». Проте, факт зміни фізичних властивостей моторних олив за комплексним безрозмірним критерієм E_M виконано у роботах [2, 3].

Визначення концентрації CO_2 і CO у картерних газах та вихлопних газах випускної системи здійснювалось за допомогою газоаналізаторів Інфраліт 1100, Інфраліт 2200, рис.1 в, г. Для дослідження використані два двигуни ВАЗ-21011: у складі легкового автомобіля ВАЗ-21063 (компресія у циліндрах $9,5 \text{ кгс/см}^2$), і у складі динамометричного стенда (компресія у циліндрах $10,5 \text{ кгс/см}^2$), рис.1 а, б. При цьому, зміна швидкісного режиму роботи двигунів здійснювалась за поворотом повітряної та дросельної заслінок карбюратора.



а



б



В



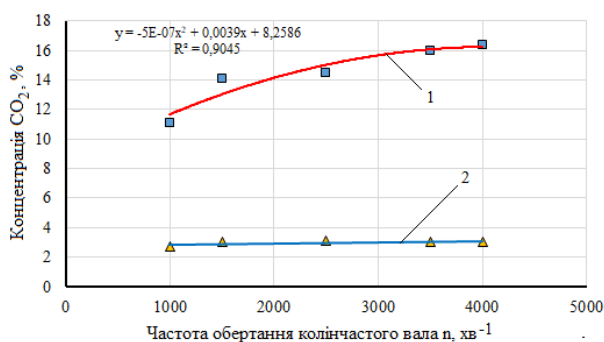
Г

Рисунок 1 – Установка зонда у трубці вентиляції картера (а) двигуна автомобіля, в патрубку (б) вентиляції картера двигуна стенда:

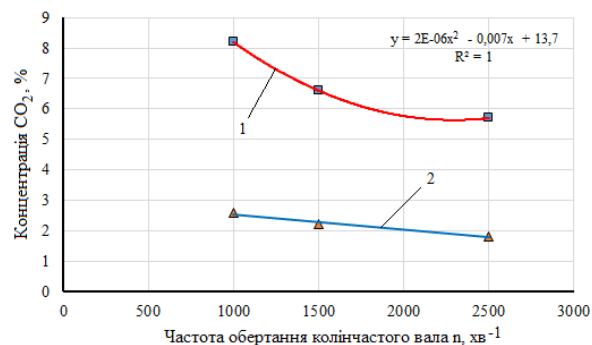
1 – патрубок (трубка) системи вентиляції двигуна; 2 – зонд; б – панель приладу Інфраліт 1100; панель приладу Інфраліт 2200

За обробкою даних вимірювань у програмі Microsoft Excel побудовані графічні залежності, які наведено на рис. 2-5. Аналіз отриманих результатів вказує на наступне.

По-перше, при компресії двигуна $p=9,5$ кгс/см² зменшення CO₂ у картерному просторі у порівнянні із системою випуску при повороті дроселя в середньому складає 75-81%, і 69-72% при повороті повітряної заслінки, рис. 2, 4 б. При цьому, зменшення CO складає від 67% до 0% при повороті дроселя до $n=2700$ хв⁻¹. При повороті повітряної заслінки також спостерігалось зменшення концентрації CO у картерному просторі. Але концентрація CO по Інфраліт 1100 перебільшувала межі шкали. При частоті 1000 хв⁻¹ зменшення концентрації CO складало майже 68-70%, рис. 3. Із наведеного слід розуміти, що система «картерний простір – моторна олива» двигуна «поглинала (фільтрувала)» визначену кількість дослідних газів.



а



б

Рисунок 2 – Вплив швидкісного режиму роботи двигуна на зміну концентрації CO₂ у двигуні з компресією $p=9,5$ кгс/см²:

а – при регулюванні обертів дросельною заслінкою; б – при регулюванні обертів повітряною заслінкою; 1 – у вихлопній трубці; 2 – в патрубку вентиляції картера

По-друге, при компресії $p=10,5$ кгс/см² при повороті дросельної заслінки зменшення CO₂ у картерному просторі складає майже 98%, але до $n=3500$ хв⁻¹, і надалі з ростом частоти до $n=4000$ хв⁻¹ це зменшення складає 84...91%, рис. 4 б.

Тобто щільність контактів «кільце-циліндр» зменшується і концентрація CO_2 збільшується на 7-14%. При повороті повітряної заслінки зменшення CO_2 складає у середньому 98% у всьому швидкісному діапазоні, рис. 4 б. При цьому, зменшення концентрації CO у картерному просторі при повороті дросельної заслінки складає 53-65% на всьому швидкісному діапазоні. Однак при повороті повітряної заслінки за збільшенням концентрації CO у вихлопних газах від 0,05% до 6% у картерному просторі ця концентрація постійна і складає майже 0,05%, рис. 5.

По-третє, температурний стан двигуна впливає на зміни концентрації CO_2 і CO і величину їх «поглинання» системою «картерний простір-моторна олива», рис.4. Так порівняння частково прогрітого двигуна (55-60 °C) і повністю прогрітого вказує на наступне. При компресії 9,5 кгс/см² концентрація CO_2 у картерному просторі частково прогрітого двигуна у порівнянні із випускною системою при повороті повітряної заслінки майже в 3 рази менша, ніж на прогрітому двигуні, а при повороті дросельної заслінки ця концентрація у картерному просторі менше в 2,7-4,5 рази на відповідних обертах колінчастого валу.

В четвертих, збільшення компресії у циліндрах з 9,5 кгс/см² до 10,5 кгс/см² на частково прогрітому двигуні зумовлює зменшення концентрації CO_2 у картерному просторі майже в 3,5-4,5 рази у всьому робочому швидкісному діапазоні, рис. 4 а. З виходом на нормальний температурний режим роботи двигуна з компресією 10,5 кгс/см² при повороті дросельної заслінки у діапазоні від 1000 хв⁻¹ до 3500 хв⁻¹ концентрація CO_2 у вихлопній трубі збільшується в 16-17 разів у порівнянні із картерним простором, рис.4 б.

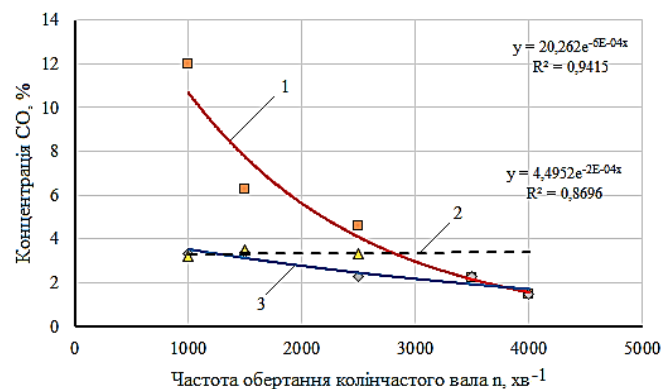
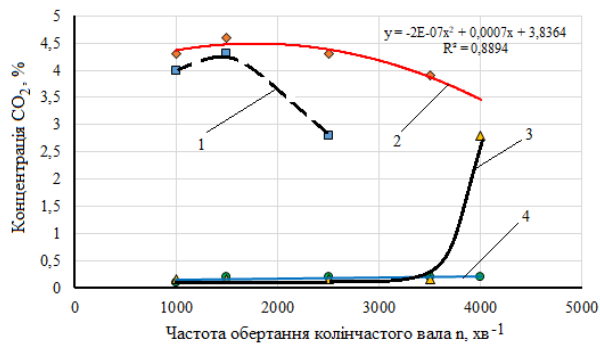
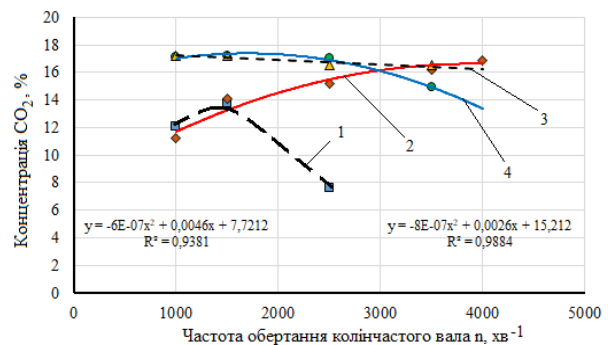


Рисунок 3 – Вплив швидкісного режиму роботи двигуна на зміну концентрації CO у двигуні з компресією $p=9,5$ кгс/см²:
 1 – у вихлопній трубі, регулювання дроселем; 2 – у патрубку вентиляції картера, регулювання дроселем; 3 – у патрубку вентиляції картера, регулювання повітряною заслінкою

Останнє наведене вказує майже на відсутність вуглекислого газу у картерному просторі по мірі прогрівання двигуна, і обумовлюється малим значенням прориву відпрацьовуваних газів у картерний простір за рахунок щільності контакту «кільце-циліндр».



а

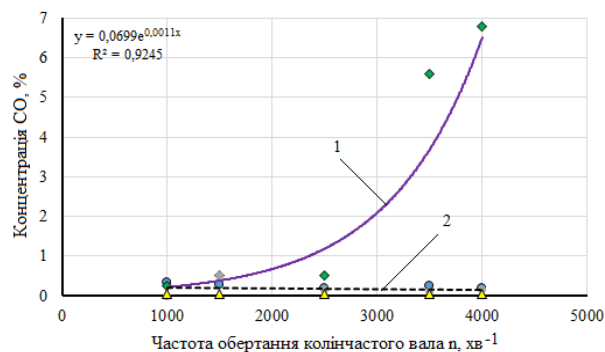


б

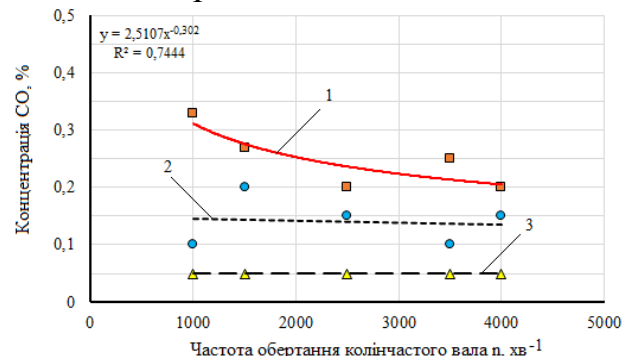
Рисунок 4 – Вплив швидкісного режиму роботи двигуна на зміну концентрації CO_2 :

а – в патрубку вентиляції картера при температурі двигуна 55-60 °С; б – у вихлопній трубі при температурі 85-90 °С; 1 – регулювання повітряною заслінкою (компресія 9,5 кгс/см²); 2 – регулювання дросельною заслінкою (компресія 9,5 кгс/см²); 3 – регулювання дросельною заслінкою (компресія 10,5 кгс/см²); 4 – регулювання повітряною заслінкою (компресія 10,5 кгс/см²)

В цілому за режимами, які наведено на рис. 4 визначається, що зі зменшенням компресії з 10,5 кгс/см² до 9,5 кгс/см² насиченість взаємодії моторної оливи з CO_2 на робочому режимі обертів (поворот дросельної заслінки) від 1000 хв⁻¹ до 3700 хв⁻¹ зростає в 1,2-1,7 разів.



а



б

Рисунок 5 – Вплив швидкісного режиму роботи двигуна на зміну концентрації CO у двигуні з компресією $p=10,5$ кгс/см²:

а – повний масштаб: 1 – у вихлопній трубі, регулювання повітряною заслінкою; 2 – у вихлопній трубі, регулювання дроселем; б – збільшений масштаб: 1 – у вихлопній трубі, регулювання дроселем; 2 – в патрубку вентиляції картера, регулювання дроселем; 3 – в патрубку вентиляції картера, регулювання повітряною заслінкою

Отримані результати слід враховувати при здійсненні заходів технічної експлуатації бензинових двигунів з карбюраторами з поточним втрачанням

ресурсу циліндро-поршневої групи при корегуванні періодичності заміни моторних олив.

Висновки

У роботі вирішені наступні науково-практичні задачі.

Використана методика оцінки насиченості взаємодії моторної оливи з CO₂ та CO зі складу відпрацьовуваних газів, які надходять у картерний простір через трибологічний контакт «кільце-циліндр» із різною інтенсивністю.

Встановлено, що знос трибоз'єднань «кільце – циліндр» двигуна, його тепловий режим та швидкісний режим роботи суттєво впливає на інтенсивність навантаження моторної оливи сполуками вуглецю та кисню. Особливо це проявляється при компресії у циліндрах двигуна 9,5 кгс/см² і менше.

Література

1. Kubich V.I., Cherneta O.G., Bokarev V.I., Leshchenko E.N., Oleshko V.S., Yurov V.M. Assessment of the Interaction between Crankcase Gases and Engine Oil. Journal of Machinery Manufacture and Reliability, 2021, Vol. 50, No. 4, PP. 364–369
2. Кубич В.И. Комплексный критерий оценки эксплуатационного состояния моторного масла. В.И. Кубич, О.Г. Чернета/ Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: СЕУТТОО-2020. Матеріали 11 - ї між нар. наук.-практ. конфер., 8 – 10 вересня 2020 року. Херсон: Херсонська державна морська академія. С.46-50
3. Кубіч В.І. Експлуатаційні показники моторних олив при моделюванні взаємодії з картерними газами ДВЗ/ В.І. Кубіч, О.Г. Чернета, Д.Е. Дрібас// Проблеми тертя та зношування в машинах. Київ, НАУ. №4 (89). 2020. с.12-23

УДК 629.083

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СТЕНДОВОГО КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЛЬМІВНИХ МЕХАНІЗМІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Кужель Володимир Петрович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: kuzhel2017@gmail.com

Кравець Сергій Іванович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: kuzhel_v@vntu.edu.ua

Руденко Вадим Юрійович, магістр гр. 1АТ-23м, кафедра автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет

Процес діагностування гальм проводиться на основі переліку характерних несправностей і умов експлуатації.

Основними ознаками несправної гальмівної системи, при яких необхідна негайна діагностика гальм, таких, як: збільшення довжини гальмівного шляху;

сторонній стукіт, пульсація, скрип гальм; витік гальмівної рідини; провали, заїдання або надмірно вільний хід педалі гальма; увод автомобіля вбік, прагнення до заносу при гальмуванні; нагрівання гальмівних роторів; нерівномірний знос поверхонь тертя; наявність тріщин або розривів на гальмівних шлангах.

Відповідно підбираються діагностичні параметри, визначаються нормативні показники, засоби, технологія й організація процесів діагностування на автотранспортному підприємстві.

Згідно ДСТУ 3649-97 "Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю" перевірка технічного стану гальмівних систем повинна включати контроль:

- ефективності гальмування робочої гальмівної системи,
- стоянкової гальмівної системи;
- допоміжної гальмівної системи;
- герметичності гідравлічного привода.

Для визначення технічного стану гальм використовують три методи:

- а) в дорожніх умовах - ходові випробування;
- б) в процесі експлуатації за рахунок вбудованих засобів діагностування;
- в) в стаціонарних умовах з використанням гальмівних стендів.

Контроль ефективності гальмування робочої гальмівної системи повинен проводитися методом дорожніх чи стендових випробувань.

Контроль ефективності гальмування допоміжної гальмівної системи повинен проводитися методом дорожніх випробувань. Критерієм ефективності гальмування є значення усталеного сповільнення АТЗ.

Контроль ефективності гальмування стоянкової гальмівної системи повинен проводитися методом дорожніх чи стендових випробувань. Критерієм ефективності гальмування є значення загальної питомої гальмівної сили.

Більш точна і об'єктивна оцінка технічного стану гальмівної системи відбувається за параметрами робочих процесів функціонування системи у часі.

Під час контролю технічного стану гальмівної системи сучасні силові роликові стенди, наприклад, німецької фірми "МАНА", дозволяють вимірювати наступні показники: швидкість обертання колеса, зусилля на органі управління, гальмівну силу, тиск в гальмівних контурах і гальмівних камерах, визначають вагу і все це виконується для кожного колеса 143 вимірюваної осі АТЗ.

Отже, в одному гальмуванні фіксуються зміни динаміки робочих процесів гальмівного приводу кожного окремого колеса, вимірювання всіх перерахованих показників здійснюється в часі.

За даними показниками відповідно до ДСТУ 3649-97 це дозволяє розрахувати відносну різницю гальмівних сил коліс по кожній осі АТЗ, питому гальмівну силу і для автопоїзда додатково коефіцієнт сумісності ланок.

Крім того, за допомогою високої швидкості зчитування даних (так, наприклад, силовий роликовий гальмівний стенд зчитує сигнали з швидкістю 100 вимірювань за секунду) і здатності забезпечити швидкість обертання коліс і інші умови, абсолютно ідентичні попереднім, що забезпечується точним завданням початкової швидкості гальмування зовнішнім приводом,

досягаються досить точні результати перевірки гальмівних систем.

При цьому гальмівний стенд додатково зважує кожну вісь, тим самим дозволяючи розрахувати по фактичній вазі гальмівну силу.

Для діагностування приводів гальмівних систем можливо розширити комплектацію гальмівного стенда радіодатчиком тиску з передачею інформації у вимірювально-обчислювальний комплекс по радіоканалах, що дозволить отримати дані недоступні оцінці діагностів раніше, які після обробки дозволять побудувати графіки параметрів робочих процесів, що несуть значиму діагностичну інформацію щодо технічного стану в цілому.

Пропонується обладнати стенд радіопультот дистанційного керування з комплектом радіодатчиків тиску, що забезпечують подачу радіосигналів на комп'ютер стенду, дистанційно з найменшим кроком дискретизації сигналів реєстрації.

Висновки

Названі технічні характеристики дозволять оцінювати функцію тиску, що змінюється в часі, в кожній ділянці контурів гальмівної системи і визначити оціночні показники, такі як зусилля на органі управління, гальмівну силу, тиск в гальмівних контурах, енергонавантаження в процесі гальмування.

У той же час все це виконати для кожного колеса вимірюваної осі, тобто в одному гальмуванні фіксувати зміну динаміки параметрів робочих процесів гідросистеми кожного окремого колеса у часі.

УДК 621.436

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ НА ЗМІНУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Куликівський Володимир Леонідович, канд. техн. наук, доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу, Поліський національний університет,
e-mail: kylikovskiyv@ukr.net, ORCID: [0000-0002-4652-0285](https://orcid.org/0000-0002-4652-0285)

Конструктивною особливістю системи живлення дизельних двигунів є наявність прецизійних пар тертя, механічних пружних вузлів, високоточних та інших типів ущільнюючих і рухомих частин. Від змін, які виникають у цих елементах під час експлуатації, залежать і варіації регульовальних параметрів паливної системи [1]. Регульовальні параметри значною мірою визначають характеристики пристроїв, які подають паливо і організацію робочого процесу дизельного двигуна.

Тиск початку впорскування палива форсункою знижується внаслідок припрацювання запірного конуса голки і сідла розпилювача, а також накопичення залишкової деформації пружини інжектора, зносу спряжених опорних поверхонь регульовального гвинта, пружного елемента, тарілок та

штанги. Важливе значення, зважаючи на даний факт, має: шорсткість, геометрична форма і твердість спряжених поверхонь, а також якість виготовлення пружини. Зауважимо неоднозначність впливу зносу запірних конусів завдяки виникаючому ефекту схоплювання голки, що призводить до деякого підвищення тиску початку впорскування, а також зменшення диференціальної частини поверхні стрижня, на яку впливає тиск газів в циліндрі та палива через припрацювання конусів. Загалом все це призводить до зміни якості розпилювання палива і зміщує момент початку та кінця впорскування в циліндр, розширює межі процесу надходження суміші за кутом повороту колінчастого валу.

Значна розбіжність параметрів процесу згоряння, викликана нерівномірністю зниження тиску початку впорскування палива, призводить до зміни характеристик та параметрів дизельного двигуна. Ідентичність показників робочого процесу за таких умов не дотримується для всіх циліндрів двигуна. Зниження тиску початку впорскування змінює також співвідношення витрат суміші в системі подачі палива, що призводить до перевантаження паливопроводу у період між впорскуваннями. Виникаючі за таких умов області суперкавітації є причиною додаткових впорскувань палива і збільшення нерівномірності подачі в циліндри двигуна. До того ж, зі збільшенням частоти впорскування палива та зменшенням затування пружини, інтенсивні вібрації можуть спричинити її втомне руйнування. Оскільки дійсні коливання пружини просторові то проковзування спряжених поверхонь через це збільшується, що призводить до подальшої усадки. Водночас вібрації пружини є причиною фреттинг-корозії у зоні контакту (рис. 1). Зрештою сильні вібрації пружини можуть негативно вплинути на навантаження пари голка–штанга. У разі зміни зусилля затування пружини може спостерігатися її значний відрив від опорної поверхні штанги і посилення даного коливального процесу, що призводить до різкого погіршення умов завершення впорскування та виникнення додаткових підняття голки.



Рисунок 1 – Осередок корозії в зоні контакту спряжених поверхонь форсунки

Кут випередження впорскування палива особливо інтенсивно змінюється у бік запізнення в перші години роботи нового двигуна через комплексний вплив всіх факторів. Втрати через прецизійні пари також впливають на кути

випередження та тривалості подачі, а саме затягують початок і прискорюють завершення впорскування палива. У зв'язку з відхиленнями прецизійних пар, викликаними технологією виготовлення і похибкою регулювань геометричного початку подачі палива, розбіжності параметрів під час експлуатації також суттєві для кожного циліндра. Зі свого боку, внаслідок значної чутливості до протитиску, що створюється у циліндрі дизельного двигуна, дійсний кут випередження впорскування палива залежить від стану деталей та спряжень циліндро-поршневої групи та кривошипно-шатунного механізму.

Висновки

Найбільш схильними до зміни в процесі експлуатації є такі параметри паливної системи: тиск початку та кут випередження впорскування, а також циклова подача палива. До найменш стійких параметрів паливної апаратури відносять також початкове затягування пружини голки форсунки, через що величина тиску початку підйому стрижня, в результаті роботи, значно відхиляється від заданої під час базового налаштування. Щоб підтримувати показники роботи паливної системи в допустимих межах, необхідно своєчасно виконувати операції технічного обслуговування, для усунення несправностей, що виникають під час експлуатації дизельних двигунів.

Література

1. Яцковський В. І., Яцковська Р. О. Зміна індикаторної діаграми дизельного двигуна при моделюванні несправностей паливної апаратури. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2017. № 1 (84). С. 94–100.

УДК 629.113.004

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛУ ВИМІРЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ НА РОЛИКОВОМУ СТЕНДІ ПДС-Л

Мармут Ігор Арнольдович, канд. техн. наук, доцент кафедри доцент кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенка М.Я., Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

e-mail: mia2005.62@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4661-1336>

Чорний Ігор Володимирович, аспірант кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенка М.Я.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

e-mail: chorniyy.igor.11@gmail.com

На роликівих стендах вимірюють крутний момент, який створюється приводом, або гальмівний момент, який створюється навантажувальним пристроєм. При цьому використовують балансиру установку самого приводного (навантажувального) пристрою або його редуктора. При балансируній установці статор, наприклад, насос-мотора, не закріплений

нерухомо на лапах або на щиті, а встановлений на так званих стоякових підшипниках. При роботі двигуна ротор обертається під дією активного крутного моменту, що створюється опором рідини. На статорі виникає протилежно спрямований реактивний момент, який прагне повернути статор навколо осі. Якщо той же насос-мотор працює в режимі насоса, тобто гальма, реактивний момент на статорі спрямований в бік обертання. В цьому разі сила на датчику діє не вниз, а вгору.

Один із принципів вимірювання сили набув значного поширення: прикладення вимірюваної сили до пружного елемента з відомою жорсткістю і вимір деформації цього пружного елемента. В якості пружного елемента можна використовувати пружну пластину (балку рівного опору на згин). Широко використовується тензометрія. Це вимір лінійної пружної деформації елемента, що передає силу, який виконують за допомогою тензометричних датчиків. Такий датчик являє собою резистор з декількома витками, укладеними у напрямку деформації. Датчик наклеєний на поверхню елемента і деформується разом з ним. При подовженні або скороченні датчика змінюється його опір. Сигнал, який змінюється, підсилюють і потім реєструють.

Для перевірення каналу вимірювання потужності необхідний тарований і повірений динамометр класу не гірше 0,1, а також автомобіль зі справною ходовою частиною. Перевірення каналу вимірювання потужності проводиться після отримання результатів перевірення каналу вимірювання лінійної швидкості.

Дії по перевірці каналу вимірювання потужності (КВП) містять такі операції.

1. Забезпечити вимір зусилля, що розвивається автомобілем на стенді із заданою похибкою (похибка динамометра повинна бути в 5...10 разів менше, ніж очікувана похибка каналу вимірювання потужності, тобто класу не гірше 0,1

2. Вимірювання тягового зусилля і лінійної швидкості проводяться кілька (n) разів, (але не менше п'яти) з вибраною величиною демпфірування гідросистеми стенду. Величина демпфірування (при заданій швидкості роликів) встановлюється за показаннями манометра (допускається користуватися штатним манометром вимірювальної системи стенду).

3. Результати вимірювань для різних установчих швидкостей заносяться в сукупність таблиць за такою формою (таблиця 1).

4. Вимірювання проводяться для значень установчої швидкості 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 км/год.

Таблиця 1 – Результати перевірення каналу вимірювання потужності

Швидкість установча $V_k = 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70$ км/год				
Номер відліку	1	2	3	4...№
Швидкість, км/год	20,1	19,6	...	
Демпфірування, МПа	10	9,8	...	
Тягове зусилля, $P_k, Н$				
Потужність розрахункова – $N_p, кВт$				
Показання індикатора «Потужність» на				

пульті – $N_{\text{вим}}$, кВт				
Похибка абсолютна, кВт				
Похибка відносна				

5. За результатами вимірювань з таблиць 1 розраховуються для кожного значення швидкості і тягового зусилля усереднені значення результатів багаторазових вимірювань:

- середнє значення швидкості:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{ki}}{n}, \quad (1)$$

- середнє значення розрахункової потужності:

$$\overline{N_p} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{pi}}{n}, \quad (2)$$

- середнє значення показника «Потужність» на індикаторі пульта:

$$\overline{N_{\text{вим}}} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{\text{вим}i}}{n}, \quad (3)$$

- середнє значення абсолютної похибки:

$$\overline{\Delta N} = \overline{N_{\text{вим}}} - \overline{N_p}, \quad (4)$$

- середнє значення відносної похибки:

$$\overline{\delta_N} = \frac{\overline{\Delta N}}{\overline{N_p}}. \quad (5)$$

6. Розрахунки середнього відхилення похибки каналу вимірювання потужності проводять за формулою

$$\sigma_N = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\overline{\Delta N})^2}{n-1} \right]^{1/2}. \quad (6)$$

7. Систематичну складову похибки вимірювача потужності представляють у вигляді динамічної залежності $\Delta_c(P) = f(V_k)$. Подання може бути оформлено у вигляді сукупності таблиць (таблиця 2).

Таблиця 2 – Середнє тягове зусилля $P_k = \dots H$

Швидкість, км/год	10	20	30	40	50	60	70
Систематична похибка вимірювання потужності, кВт							

Таблиці 1...2 заповнюються для 3...5 значень тягового зусилля.

8. На підставі п.5 і п.6 робляться висновки про придатність каналу вимірювання потужності до експлуатації. Критерії придатності:

$$\overline{\delta_N} \leq 0,1, \sigma_N \leq 2,5 \text{ кВт.}$$

Висновки

В силу істотних нелінійних температурно-швидкісних характеристик рідини в гідросистемі стенду можливе введення у використання в процесі експлуатації ПДС поправочних коефіцієнтів, отриманих на підставі вимірювань, проведених відповідно до вищевикладеної методики.

Література

1. Технічний регламент засобів вимірювальної техніки, Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 24 лютого 2016 р. № 163: за станом на 24.02.2016. – К.: Урядовий кур'єр від 15.03.2016. – 2016. – № 49.

2. Закон України № 1314-VII “Про метрологію та метрологічну діяльність” від 5 червня 2014 р.: за станом на 02.08.2017. – К.: Відомості Верховної Ради від 25.07.2014. – 2014. – № 30, стор. 2350, стаття 1008.

3. Мармут І.А. Розробка методики повірки системи вимірювання потужності на роликовому стенді пересувної діагностичної станції легкових автомобілів. Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». – Х.: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2020. – № 22, с. 19-26. DOI: <https://doi.org/10.37700/ts.2020.22.19-26>.

УДК 656.13.002.3

ЗМІНА ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ОХОЛОДЖУВАЛЬНИХ РІДИН АВТОМОБІЛІВ ВІД НАРОБІТКУ

Наглюк Михайло Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедри ТЕСА,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: golkiper86@ukr.net, ORCID: 0009-0004-9016-8057.

Розвиток автомобільного транспорту пов'язаний з випуском сучасних автомобілів, підвищення їхньої якості, надійності, довговічності й вимагає застосування сучасних якісних експлуатаційних матеріалів. Крім того до автомобілів пред'являються усе більше жорсткі й зростаючі вимоги, які спричиняються вдосконалення різних систем і агрегатів транспортних машин для підвищення безпеки, економічності й екологічності. Одним з напрямків поліпшення економічності й екологічності автомобіля є вдосконалення системи охолодження двигуна шляхом застосування антифризів для всесезонної експлуатації в системах рідинного охолодження, а також оптимізація строків зміни охолоджувальної рідини.

Зараз для кожного автомобіля існують сервісні книжки які регламентують періодичність заміни антифризу, що враховують наробіток по

пробігу автомобіля або термін служби охолоджувальної рідини за часом. Заміна здійснюється за принципом першорядності настання події. Це не зовсім раціонально, оскільки такий підхід не враховує такі фактори: як умови експлуатації транспортних засобів, технічний стан, навантажувально-швидкісні режими й фактичний стан антифризу на момент заміни. Такий підхід призводить до того, що рідина яку зливають, могла ще не виробити свій ресурс або ж навпаки – уже почати завдавати шкоди системі охолодження внаслідок виробітку присадок.

Одним з показників якості охолоджувальної рідини є електропровідність антифризу. Питання, пов'язані з електропровідністю рідин розглядаються науковою громадськістю досить давно. Результати вимірів електропровідності стандартних розчинів, при різних температурах, наведені в довіднику [1] показують, що при підвищенні температури рідини провідність так само зростає. У роботі [2] описані дослідження й наведені результати зміни електропровідності чистих і відпрацьованих зразків різних олив. Питаннями дослідження електропровідності різних вуглеводневих рідин займалися автори в роботах [3,4].

Для дослідження зміни електропровідності антифризів від наробітку для аналізу були відібрані проби з легкових автомобілів з різними марками й типами рідин, як вітчизняного, так і закордонного виробництва. Всі вони експлуатуються в однакових дорожніх і кліматичних умовах. Відбір проб проводився через певний пробіг. Одночасно виконувався аналіз і інших показників якості антифризу: лужності, корозійності основних металів, щільності, температури кристалізації й pH.

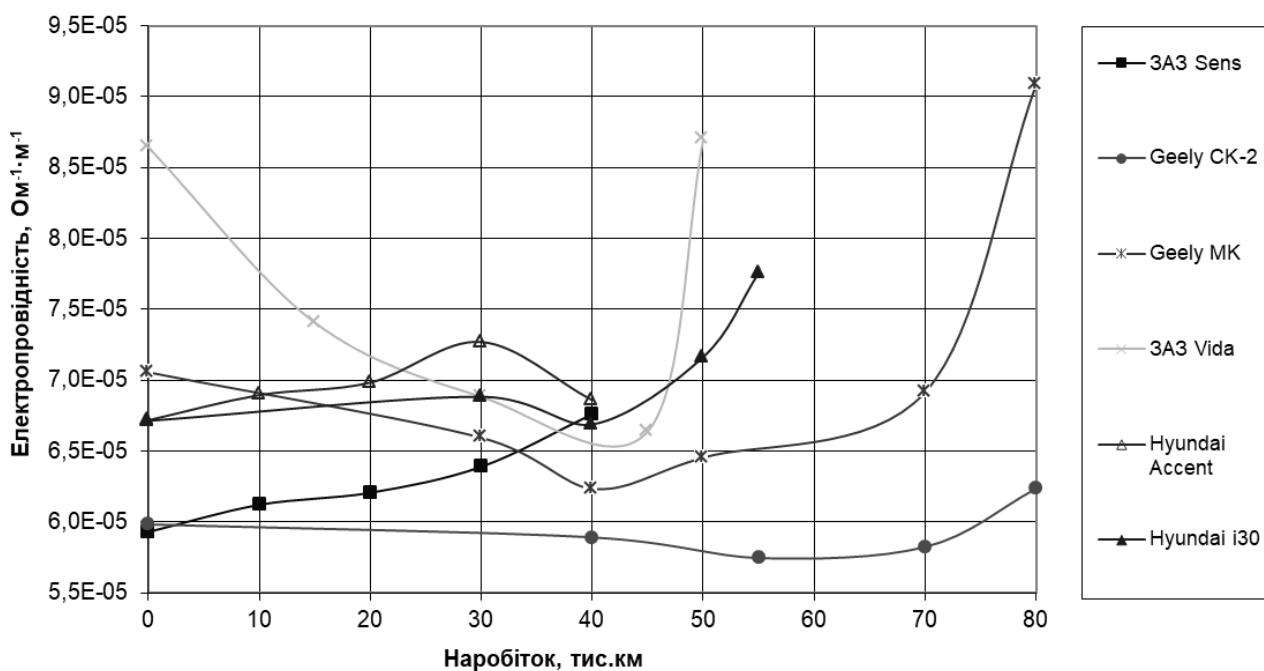


Рисунок 1 – Графік залежності зміни електропровідності антифризів від наробітку

Із графіка (рис.1) видно, що електропровідність чистих антифризів змінюється від $5,58 \cdot 10^{-5}$ (автомобіль ЗАЗ Sens) до $8,7 \cdot 10^{-5}$ Ом⁻¹м⁻¹ (автомобіль Geely МК). А в міру збільшення наробітку поводитьсь по-різному. В автомобілів Hyundai Accent, ЗАЗ Sens, Hyundai i30 спостерігається збільшення електропровідності. В автомобілях Geely МК, Geely СК-2 простежується деяке зниження, а потім збільшення електропровідності антифризів.

Висновки

Діагностуючи якість антифризу по електропровідності, можна з більшою вірогідністю стверджувати про фактичний стан працюючого антифризу в залежності від наробітку. При уточненні періодичності діагностування охолоджувальної рідини необхідно встановлювати граничне значення електропровідності індивідуально для кожного автомобіля, з огляду на технічний стан двигуна і його систем, якість застосовуваного антифризу, зовнішні умови експлуатації та наробіток.

Література

1. Довідник хіміка / під ред. Нікольського Б.П., 3 том, 2-е вид.: Хімія, 1964. – 1010с.
2. Венцель Є.С. Поліпшення якості та підвищення термінів служби нафтових олив / Є.С.Венцель, С.Г. Жалкін, Н.І. Данько. – Харків: УкрГАЗТ, 2003. – 168с.
3. Богородицький М.П. Електротехнічні матеріали / М.П. Богородицький, В.В. Пасинков, Б.М. Тарєєв.: Енергія, 1977. – 352 с.
4. Білоусов А.І. Вимірювання питомої об'ємної електропровідності вуглеводневих рідин /А.І. Білоусов, І.В. Рожков, Є.М. Бушуєва // Хімія та технологія палив та мастил. 1985. № 3. – С.35-40.

УДК 629.083

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЕРОВАНOSTІ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ ПРИ КОМБІНОВАНОМУ ГАЛЬМУВАННІ

Назаров Олександр Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

e-mail: hefer64@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9214-7506>

Семченко Віталій Володимирович, магістр,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: 7semvit@gmail.com

Метою роботи є забезпечення керованості легкових автомобілів в процесі експлуатації при комбінованому гальмуванні на віражах, особливо в умовах спусків і підйомів.

Так як умови експлуатації легкових автомобілів суттєво впливають на гальмівні властивості, то з метою забезпечення необхідної маневреності при

гальмуванні необхідно враховувати їх зміну.

Відомо [1-4], що керованість, як і ефективність гальмування, є показниками, які характеризують здатність легкового автомобіля зберігати заданий закон руху при гальмуванні без розриву трансмісії, який визначається, як типом і характером дорожнього полотна, так і можливостями гальмівної системи та трансмісії для реалізації цих властивостей.

Для прикладу розглянемо процес екстреного гальмування автомобіля, що рухається на підйом без блокування коліс, з врахуванням уводу його подовжньої осі в початковий момент, коли відхилення тільки розпочинається.

У разі комбінованого гальмування робота опору рухові, яка здійснюється гальмами, двигуном і трансмісією автомобіля, підйомом дороги та силою лобового опору повинна змінюватися відповідно зміні кінетичної енергії автомобіля [1].

Отже, збільшення опору руху при гальмуванні в повороті, особливо в умовах гірських підйомів та спусків, супроводжується зменшенням швидкості руху автомобіля та зменшенням реалізованої потужності двигуна в разі комбінованого гальмування.

Отже, загальний баланс моментів, що створюють опір обертанню коліс та забезпечують їх обертання (рис. 1)

$$\sum_{i=1}^5 M_{ci} = \sum_{i=1}^4 M_{ji} + M_{mj}, \quad (1)$$

де M_{ji} – i -ий момент інерції обертючих мас на колесах автомобіля;

M_{mj} – рушійний момент на колесах, що створюється силою інерції автомобіля.

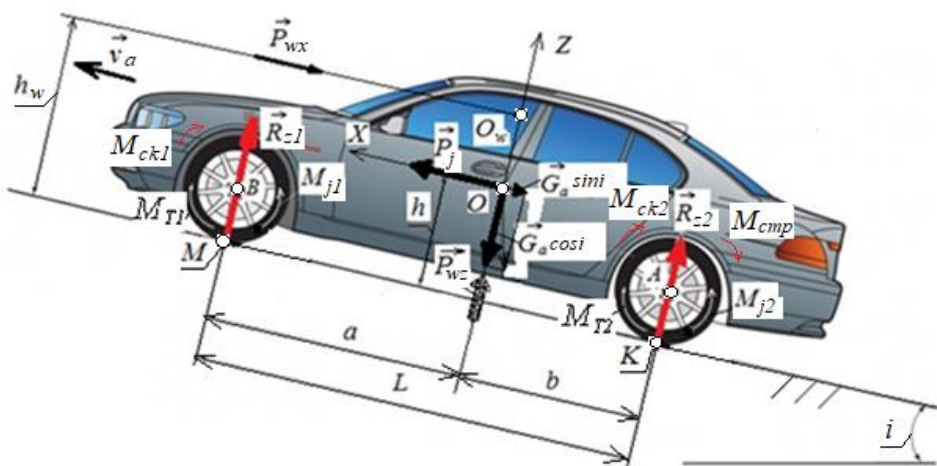


Рисунок 1 - Схема дії сил і моментів при комбінованому гальмуванні

Проте, загальний момент опору руху автомобіля під час комбінованого гальмування містить

$$\sum_{i=1}^5 M_{ci} = \sum_{i=1}^2 M_{Ti} + M_{cmp} + \sum_{i=1}^2 M_{cki} + M_{cmgi} + M_{cFw}, \quad (2)$$

де M_{Ti} – гальмівний момент на i -ій осі автомобіля;

M_{cmp} – момент опору, створюваний трансмісією автомобіля;

M_{cki} – момент опору коченню коліс i -ої осі автомобіля;

M_{cmgi} – момент опору на колесах від горизонтальної складової сили тяжіння;

M_{cFw} – момент опору на колесах від подовжньої складової аеродинамічної сили.

Гальмівний момент на i -ій осі автомобіля [2, 3]

$$\sum_{i=1}^2 M_{Ti} = \sum_{i=1}^2 K_i \cdot p_i \cdot r_{\partial},$$

де K_i – конструктивний коефіцієнт гальма i -ої осі автомобіля;

p_i – величина приводного тиску у циліндрі гальмівного механізму i -ої осі автомобіля;

r_{∂} – динамічний радіус колеса i -ої осі автомобіля.

Для випадку, коли автомобіль рухається на дорозі з ухилом, нормальні реакції на осях автомобіля визначаються як [3]

$$R_{z1} = \frac{B \cdot (A_1 + C_1) + C \cdot (A_2 + C_2)}{A \cdot B + C^2}, \quad (4)$$

$$R_{z2} = \frac{1}{B} \cdot (R_{z1} \cdot C - (A_2 + C_2)). \quad (5)$$

Момент опору, створюваний трансмісією автомобіля

$$M_{cmp} = M_{mmp} - M_{cmpi}, \quad (6)$$

де M_{mmp} – момент тертя в трансмісії автомобіля;

M_{cmpi} – рушійний момент, який створює трансмісія на i -ій передачі при холостих обертах двигуна автомобіля

$$M_{cmpi} = M_{\partial\phi}^{xx} \cdot u_i \cdot \eta_{Ti} = 9750 \frac{N_{\partial\phi}^{xx}}{n_{xx}} \cdot u_i \cdot \eta_{Ti}, \quad (7)$$

де $M_{\partial\phi}^{xx}$, $N_{\partial\phi}^{xx}$ – момент та потужність двигуна на холостих обертах;

u_i – передатне число трансмісії на i -ій передачі;

η_{Ti} – коефіцієнт корисної дії трансмісії автомобіля.

Момент опору коченню коліс автомобіля виражається як

$$\sum_{i=1}^2 M_{cki} = \sum_{i=1}^2 R_{zi} \cdot f_{a_i} = mg \cdot f_a, \quad (8)$$

де f_{a_i} – коефіцієнт опору кочення i -ого колеса.

Момент опору на колесах від горизонтальної складової сили тяжіння, що визначається як (+ для спуску; - для підйому)

$$M_{cmgi} = \pm m_a \cdot g \cdot \sin i \cdot r_{\partial}. \quad (9)$$

Момент опору на колесах від подовжньої складової аеродинамічної сили

$$M_{cPw} = P_{wx} \cdot r_{\partial}. \quad (10)$$

Рушійний момент на колесах, що створюється силою інерції автомобіля

$$M_{mj} = m_a \cdot \frac{d\vartheta_a}{dt} \cdot r_{\partial}. \quad (11)$$

Момент інерції на колесах автомобіля

$$\sum_{i=1}^4 M_{ji} = M_{j1} + M_{j2} = 4I_k \cdot \frac{d\omega_k}{dt}. \quad (12)$$

Відносне зниження реалізованої потужності двигуна, який чинить опір руху при комбінованому гальмуванні, може бути оцінкою керованості легкового автомобіля при гальмуванні на віражі

$$dN_e = \frac{dE_T}{dt}, \quad (13)$$

де dE_T – кінетична енергія автомобіля з врахуванням опору двигуна,

$$dN_e = \frac{d}{dt} \left(\frac{m_a \cdot \vartheta_a^2}{2} + \sum \frac{J_i \cdot \vartheta_a^2}{2r_k^2} - M_{стри} \cdot \frac{\vartheta_a}{r_k} \right), \quad (14)$$

де $M_{стри}$ – рушійний момент, який створює трансмісія на i -ій передачі.

На підставі виразу (13) одержимо

$$\frac{dE_T}{dt} = m_a \cdot \vartheta_a \cdot d\vartheta_a + \sum \frac{J_i}{r_k^2} \cdot \vartheta_a \cdot d\vartheta_a - \frac{M_{ki}}{r_k}. \quad (15)$$

Звідки слідує, що для збереження керованості руху зі збільшенням початкової швидкості гальмування автомобіля необхідно збільшити ефективну потужність двигуна, що реалізується на ведучих колесах автомобіля.

Висновки

Для збереження керованості руху зі збільшенням початкової швидкості гальмування автомобіля необхідно збільшити ефективну потужність двигуна, що реалізується на ведучих колесах автомобіля.

Забезпечити керованість легкового автомобіля в разі комбінованого гальмування на віражах можна, якщо забезпечити керовану взаємодію вище вказаних параметрів, що можливо у разі застосування електронних систем керування.

Список літератури

1. Назаров О.І. Забезпечення керованості легкових автомобілів у разі комбінованого гальмування на криволінійній ділянці дороги: [збірник наукових праць «Вісник машинобудування та транспорту»] / Назаров О.І., О.О. Галушак, А.В. Галушак, Д.І. Тертичний. Вінниця: ВНТУ, 2022. ВМТ. №1(15). с. 116-123
2. Improvement of functional stability of brake systems of cars equipped ABS: матеріали 25-ої міжнарод. науково-техн. конф. «ЕКО VARNA» (Болгарія, Варна, 14-16 червня 2019) / [Vladimir Volkov, Alexander Nazarov, Ivan Nazarov, Yevgeny Shpinda]. с.102-107
3. Zhao, X.; Ye, Y.; Ma, J.; Shi, P.; Chen, H. Construction of electric vehicle driving cycle for studying electric vehicle energy consumption and equivalent emissions. Environ. Sci. Pollut. Res. 2020, 27, 37395–37409.
4. Clegg, S. A Review of Regenerative Braking Systems; Institute of Transport Studies, University of Leeds: Leeds, UK, 2023.

УДК 629.083

РОЗВИТОК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ В УКРАЇНІ: ВИКЛИКИ, ПЕРСПЕКТИВИ ТА МОЖЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ

Онищук Василь Петрович, канд. техн. наук, завідувач кафедри автомобілів і транспортних технологій, Луцький національний технічний університет, e-mail: v.onyshchuk@ntu.edu.ua

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) є важливим елементом сучасної транспортної системи будь-якого успішного міста світу. ІТС виникли на стику зростаючого транспортного попиту містян та розвитку інформаційних технологій.

В цьому випадку, ІТС мали створити додаткові потужності для забезпечення потреб громадян у мобільності, без фізичного розширення транспортної пропозиції. Тобто ідея тут доволі проста, як і власне для будь-якої автоматизації та цифровізації: ми беремо умовно аналоговий процес, скажімо, автобусних перевезень; досліджуємо його сильні та слабкі сторони; а потім пропонуємо інформаційну систему, що забезпечить досягнення однієї з визначених цілей, зазвичай, пов'язаних з економією ресурсів та підвищення операційної ефективності.

Цілі транспортного планування, як правило – це забезпечення потреб громадян у мобільності з мінімізацією економічних витрат та наслідків для екології. ІТС, на відміну від складних та дороговартісних інфраструктурних рішень, дозволяє, при порівняно невисоких капіталовкладеннях, забезпечити досягнення обох цілей.

Про ІТС в Україні багато йдеться, проте мало хто має реальний досвід їх впровадження, бо ІТС це не USB-зарядки у зупинках громадського транспорту,

не всюди суцільні камери наружного спостереження та навіть не “розумний світлофор”, щоб це не значило.

ІТС – це комплексна система, що дозволяє вирішувати поставлені задачі та досягати економічного та екологічного ефекту для транспортної системи міста.

Для ІТС в Україні немає чітких норм та стандартів. Ба більше: у будь-якій нараді, присвяченій ІТС, її учасники можуть уявляти під цим визначенням інші, іноді зовсім протилежні речі.

Саме тому процес створення ІТС ми рекомендуємо починати з Концепції або ескізно-технічного проєкту. Після цього можна замовити і розробити техніко-економічне обґрунтування, а вже після – робочий проєкт. Впроваджувати ІТС без конкретного плану є неефективним, бо в такому разі відсутні визначення, цілі та задачі.

У Концепції ІТС для вашого регіону, міста чи підприємства треба обов’язково включати показники ефективності роботи (так звані Key Performance Indicators або просто KPI) вашої транспортної системи; те, як ви їх збираєте; та за необхідності визначити нові індикатори, для збору яких потрібні інформаційні технології. Після аналізу доступних на ринку технологій, треба визначити способи і вартість впливу конкретних заходів на той чи інший показник. Розуміючи бюджетні обмеження, потрібно вибрати таку конфігурацію технологій, що дозволить вам досягти бажаної зміни KPI за мінімізації капіталовкладень. Іншими словами, ми вважаємо коефіцієнт ефективності капіталовкладень визначальним для вибору конкретних рішень та конфігурацій ІТС.

Якщо ви звернетесь до наших спеціалістів, ми зможемо дати вам поради щодо порядку створення ІТС для вашого регіону, міста чи підприємства. Також ми залюбки розробимо і Концепцію ІТС, і її Робочий проєкт.

Грубо кажучи, ІТС можна умовно розділити на 2 складові: системи аналізу та системи управління. Системи аналізу – це “мізки” (або їх ще називають верхнім рівнем) ІТС, а системи управління – це, відповідно, “тіло, руки і ноги” (виконавчий рівень) ІТС.

При цьому, у вітчизняній практиці є приклади, коли міста йдуть до реалізації тільки однієї складової ІТС, або навіть тільки одного компоненту цієї складової. В такому разі втрачається комплексність системи і відповідно не варто очікувати досягнення поставлених перед ІТС цілей.

Втім, ті міста, що не збирають дані про транспортну систему та про трафік, навряд чи можуть собі дозволити управляти транспортною системою. Принаймні всі їх спроби покращити ситуацію, будуть носити реактивний, а не проактивний характер. Разом із тим, вартість реактивних заходів буде явно перевищувати доцільні проактивні профілактичні заходи. Простіше кажучи, ті регіони, міста чи підприємства, що не мають ІТС, будуть витрачати більше грошей на транспорт, але при цьому приречені мати гірше транспортне обслуговування для користувачів.

Висновки

Так званий верхній рівень ІТС, як правило, концентрується у динамічних транспортних моделях. Це спеціальний клас транспортних моделей, побудованих на базі звичайних статичних міських транспортних моделей, але при цьому в них здійснюється збір, обробка, накопичення та зберігання даних про транспортну систему з усіх можливих джерел інформації. Після чого у динамічних транспортних моделях виводяться інтегральні показники якості роботи транспортної системи, а також, що найвідповідальніше, здійснюється прогнозування ситуації до 1 години наперед. Це робиться для того, щоб передати інформацію у систему управління ІТС і спробувати не допустити зниження транспортно-експлуатаційних показників транспортної системи.

Керуючи цими елементами транспортної системи можна досягати перерозподілу транспортного попиту в просторі, часі та режимах мобільності.

УДК 629.113

ВПЛИВ ГІБРИДНИХ СИЛОВИХ УСТАНОВОК НА КОМФОРТ ТА КЕРОВАНІСТЬ АВТОМОБІЛЯ В УМОВАХ МІСЬКОГО ЦИКЛУ

Павленко В'ячеслав Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. М.Я. Говорущенко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: vp.khadi@gmail.com, ORCID: [0000-0003-0796-4307](https://orcid.org/0000-0003-0796-4307)

Петросян Олексій Володимирович, магістр, кафедра технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. М.Я. Говорущенко Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: petrosianoleks001@gmail.com

Гібридні силові установки стають все більш популярними у сучасному автомобілебудуванні завдяки своїй здатності поєднувати переваги двигунів внутрішнього згоряння та електромоторів. В умовах міського циклу руху, де часті зупинки та стартування є звичайним явищем, гібридні автомобілі можуть забезпечити значні переваги у паливній економічності та зниженні викидів шкідливих речовин. Однак, окрім екологічних та економічних аспектів, важливо також розглянути вплив гібридних технологій на комфорт та керованість автомобіля, що є критичними факторами для міських водіїв.

Зростання урбанізації та збільшення кількості автомобілів у містах призводять до підвищення рівня забруднення повітря та збільшення витрат на паливо. Гібридні автомобілі пропонують рішення цих проблем, але їх вплив на комфорт та керованість у міських умовах потребує детального вивчення. Враховуючи, що міський цикл руху характеризується частими зупинками, низькими швидкостями та інтенсивним трафіком, дослідження ефективності

гібридних силових установок у таких умовах є надзвичайно важливим для розробки оптимальних транспортних рішень.

Метою дослідження є аналіз впливу гібридних силових установок на комфорт та керованість автомобіля в умовах міського циклу руху. Дослідження спрямоване на виявлення переваг та недоліків гібридних технологій у контексті міського водіння, а також на розробку рекомендацій щодо покращення їх ефективності та зручності для користувачів.

Об'єктом дослідження є гібридні автомобілі, оснащені комбінованими силовими установками, що включають двигун внутрішнього згоряння та електромотор.

Предметом дослідження є вплив гібридних силових установок на комфорт та керованість автомобіля в умовах міського циклу руху, включаючи такі аспекти, як плавність ходу, реакція на керування, динаміка розгону та гальмування, а також загальний рівень комфорту для водія та пасажирів.

Гібридні автомобілі зазвичай забезпечують більш плавний хід завдяки використанню електромоторів на низьких швидкостях. Електромотори працюють тихіше та забезпечують миттєвий крутний момент, що дозволяє уникнути ривків під час старту та зупинки. Це особливо важливо в умовах міського руху, де часті зупинки та стартування є звичайним явищем. Крім того, гібридні системи часто оснащені технологіями рекуперації енергії, що додатково сприяє плавності ходу.

Гібридні автомобілі зазвичай мають покращену реакцію на керування завдяки використанню електромоторів, які забезпечують миттєвий крутний момент. Це дозволяє водіям швидше реагувати на зміни дорожньої ситуації, що є критично важливим в умовах інтенсивного міського трафіку. Крім того, гібридні системи часто оснащені передовими технологіями керування, які допомагають оптимізувати розподіл потужності між двигуном внутрішнього згоряння та електромотором, забезпечуючи більш стабільну та передбачувану поведінку автомобіля.

Гібридні автомобілі зазвичай мають покращену динаміку розгону завдяки використанню електромоторів, які забезпечують миттєвий крутний момент. Це дозволяє автомобілю швидше прискорюватися з місця, що є важливим в умовах міського руху. Крім того, гібридні системи часто оснащені технологіями рекуперації енергії гальмування, що дозволяє ефективніше використовувати енергію та зменшувати знос гальмівних колодок.

Гібридні автомобілі зазвичай забезпечують високий рівень комфорту завдяки використанню електромоторів, які працюють тихіше та забезпечують плавніший хід. Крім того, гібридні системи часто оснащені передовими технологіями керування, які допомагають оптимізувати роботу силової установки та забезпечують більш стабільну та передбачувану поведінку автомобіля. Це дозволяє водіям та пасажирам насолоджуватися більш комфортною поїздкою, особливо в умовах міського руху.

Гібридні автомобілі впливають на комфорт у кілька ключових способів:

1. Плавність ходу:

- електромотори. Гібридні автомобілі використовують електромотори на низьких швидкостях, що забезпечує плавний старт і зупинку без ривків. Це особливо важливо в умовах міського руху з частими зупинками;
 - рекуперація енергії. Системи рекуперації енергії гальмування допомагають зменшити ривки під час гальмування, що також сприяє плавності ходу.
2. Тиша в салоні. Електромотори працюють тихіше, ніж двигуни внутрішнього згоряння, що знижує рівень шуму в салоні. Це створює більш комфортну атмосферу для водія та пасажирів.
 3. Зменшення вібрацій. Під час роботи в електричному режимі гібридні автомобілі практично не створюють вібрацій, що підвищує комфорт під час руху.
 4. Покращена керованість. Миттєвий крутний момент. Електромотори забезпечують миттєвий крутний момент, що покращує реакцію автомобіля на керування. Це особливо корисно в умовах інтенсивного міського трафіку, де швидка реакція на зміну дорожньої ситуації є критично важливою.
 5. Економія палива. Зменшення витрат. Гібридні автомобілі споживають менше палива в міському циклі, що знижує витрати на експлуатацію. Це також означає менше зупинок для заправки, що підвищує загальний комфорт користування автомобілем.
 6. Екологічність. Зниження викидів. Гібридні автомобілі виробляють менше шкідливих викидів, що покращує якість повітря в місті. Це важливо для комфорту та здоров'я водія та пасажирів, а також для навколишнього середовища.

Ці фактори роблять гібридні автомобілі привабливим вибором для міських водіїв, які цінують комфорт, тишу та економічність.

Висновки

Гібридні силові установки мають значний вплив на комфорт та керованість автомобіля в умовах міського циклу руху. Вони забезпечують більш плавний хід, покращену реакцію на керування, кращу динаміку розгону та гальмування, а також загальний високий рівень комфорту для водія та пасажирів. Це робить гібридні автомобілі привабливим вибором для міських водіїв, які цінують комфорт та ефективність. Однак, для досягнення максимальних переваг, важливо враховувати специфічні умови експлуатації та адаптувати технології до потреб користувачів.

Література

1. Що таке «гібридні автомобілі» та який з них вибрати? [Електронний ресурс] // URL: https://auto.ria.com/uk/news/first_auto/257934/scho-take-gibridni-avtomobili-ta-yakij-z-nikh-vibrati.html (дата звернення: 6.09.2024).

2. Особливості експлуатації автомобілів з гібридними силовими установками на території України [Електронний ресурс] // URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/22412> (дата звернення: 15.09.2024).

УДК 629.113

МАШИННЕ НАВЧАННЯ В СИСТЕМАХ ЗАПОБІГАННЯ АВАРІЯМ

Павленко В'ячеслав Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. М.Я. Говорущенко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: vp.khadi@gmail.com, ORCID: [0000-0003-0796-4307](https://orcid.org/0000-0003-0796-4307)

Прасолов Максим Юрійович, магістр, кафедра технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. М.Я. Говорущенко Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: maksimprasolov3@gmail.com

У сучасному світі автомобільні технології розвиваються з неймовірною швидкістю, і одним з найперспективніших напрямків є використання машинного навчання для створення адаптивних систем управління. Ці системи здатні аналізувати та реагувати на змінні дорожні умови в режимі реального часу, забезпечуючи безпеку та комфорт водіїв і пасажирів.

Метою дослідження є аналіз та розробка алгоритмів машинного навчання, які підвищують ефективність систем запобігання аваріям в автомобілях. Дослідження спрямоване на вивчення методів, що дозволяють прогнозувати потенційні аварійні ситуації та автоматично вживати заходів для їх уникнення.

Об'єктом дослідження є системи запобігання аваріям в автомобілях, що використовують технології машинного навчання для аналізу дорожньої обстановки та прийняття рішень в режимі реального часу.

Предметом дослідження є алгоритми машинного навчання, що застосовуються в системах запобігання аваріям, а також їх вплив на безпеку дорожнього руху та ефективність роботи автомобільних систем.

Машинне навчання, як одна з галузей штучного інтелекту, відкриває нові можливості для автомобільної промисловості. Завдяки здатності обробляти великі обсяги даних і виявляти складні закономірності, алгоритми машинного навчання можуть значно підвищити ефективність та надійність автомобільних систем.

У цьому дослідженні ми розглянемо основні аспекти використання машинного навчання в автомобілях, що адаптивно реагують на дорожні умови.

Сучасні автомобільні системи безпеки активно використовують машинне навчання для прогнозування та запобігання потенційним аваріям. Ці технології дозволяють автомобілям аналізувати дорожню обстановку в режимі реального часу та автоматично вживати заходів для уникнення зіткнень. Розглянемо основні компоненти таких систем.

Системи автоматичного гальмування (АЕВ) є однією з найважливіших технологій, що використовують машинне навчання для запобігання аваріям. АЕВ системи аналізують дані з різних сенсорів, таких як камери, радары та лідари, для виявлення потенційних перешкод на дорозі. Алгоритми машинного навчання обробляють ці дані, визначаючи ймовірність зіткнення. Якщо система виявляє загрозу, вона автоматично активує гальма, щоб уникнути або мінімізувати наслідки зіткнення.

Системи уникнення зіткнень (CAS) використовують машинне навчання для прогнозування поведінки інших учасників дорожнього руху та прийняття рішень щодо безпечного маневрування. CAS системи можуть аналізувати траєкторії руху пішоходів, велосипедистів та інших транспортних засобів, прогнозуючи їхні дії. На основі цих прогнозів система може автоматично коригувати траєкторію руху автомобіля, щоб уникнути зіткнення.

Машинне навчання дозволяє системам безпеки прогнозувати аварійні ситуації на основі аналізу великої кількості даних про дорожню обстановку та поведінку водіїв. Алгоритми можуть виявляти патерни, які вказують на підвищений ризик аварії, такі як різкі зміни швидкості або напрямку руху. Це дозволяє системам безпеки заздалегідь попереджати водія про потенційну небезпеку або автоматично вживати заходів для її уникнення.

Системи запобігання аваріям, що використовують машинне навчання, часто інтегруються з іншими автомобільними системами безпеки, такими як адаптивний круїз-контроль, системи утримання смуги руху та системи моніторингу сліпих зон. Це дозволяє створити комплексну систему безпеки, яка забезпечує максимальний захист водія та пасажирів.

Незважаючи на значні досягнення, технології машинного навчання в системах запобігання аваріям стикаються з низкою викликів. Одним з основних викликів є забезпечення надійності та точності алгоритмів в умовах різноманітних дорожніх ситуацій та погодних умов. Крім того, важливо враховувати етичні та правові аспекти використання таких систем.

У майбутньому очікується подальший розвиток технологій машинного навчання, що дозволить створювати ще більш ефективні та надійні системи запобігання аваріям. Це сприятиме підвищенню безпеки дорожнього руху та зниженню кількості аварій на дорогах.

Машинне навчання відіграє ключову роль в оптимізації споживання енергії в електромобілях, забезпечуючи ефективне управління батареєю та точне прогнозування енергоспоживання. Розглянемо основні аспекти цієї технології.

Адаптивне управління батареєю (BMS) використовує алгоритми машинного навчання для оптимізації процесів зарядки та розрядки батареї, що дозволяє продовжити її термін служби та підвищити ефективність використання енергії. Основні функції BMS включають:

- моніторинг стану батареї. Алгоритми машинного навчання аналізують дані про стан батареї в режимі реального часу, включаючи температуру, напругу та струм. Це дозволяє виявляти аномалії та запобігати потенційним проблемам;

- оптимізація зарядки. Машинне навчання допомагає визначити оптимальні режими зарядки, враховуючи поточний стан батареї та умови експлуатації. Це дозволяє зменшити знос батареї та підвищити її ефективність;
- прогнозування залишкового ресурсу. Алгоритми прогнозують залишковий ресурс батареї на основі історичних даних та поточних умов експлуатації, що дозволяє водіям планувати поїздки та зарядки більш ефективно.

Незважаючи на значні досягнення, використання машинного навчання в управлінні енергією електромобілів стикається з низкою викликів. Основні з них включають:

- якість даних. Для точного прогнозування та оптимізації необхідні великі обсяги якісних даних. Недостатність або низька якість даних може призвести до неточних прогнозів;
- обчислювальні ресурси. Алгоритми машинного навчання потребують значних обчислювальних ресурсів, що може бути проблемою для вбудованих систем електромобілів;
- адаптація до змінних умов. Системи повинні бути здатні адаптуватися до змінних умов експлуатації та нових типів батарей, що вимагає постійного оновлення моделей та алгоритмів.

У майбутньому очікується подальший розвиток технологій машинного навчання, що дозволить створювати ще більш ефективні та надійні системи управління енергією в електромобілях. Це сприятиме підвищенню енергоефективності та зниженню витрат на експлуатацію електромобілів, роблячи їх більш привабливими для споживачів.

Висновки

Адаптивне управління батареєю та прогнозування енергоспоживання дозволяють значно зменшити витрати енергії, продовжити термін служби батарей та забезпечити більш комфортні умови експлуатації для водіїв.

Аналіз даних у реальному часі, оптимізація процесів зарядки та розрядки, а також точне прогнозування енергоспоживання є ключовими аспектами, які сприяють досягненню цих цілей. Таким чином, машинне навчання відіграє ключову роль у розвитку електромобільної індустрії, забезпечуючи нові можливості для оптимізації споживання енергії та підвищення загальної ефективності транспортних засобів.

Література

1. Бібік Ірина; Вишняк Вікторія; Кравченко Євгеній. Етичні наслідки штучного інтелекту: баланс між прогресом і відповідальністю в епоху машинного навчання. *Scientific Collection «InterConf»*, 2023, 156: 551-554.

2. Що таке система керування батареями (BMS) та яку роль вона відіграє в сонячних енергосистемах? [Електронний ресурс] // URL: https://solarverse.com.ua/news/_shcho-take-sistema-keruvannya-batareyami-bms-ta-yaku-rol-vona-vidigrae-v-sonyachnikh-energositemakh (дата звернення: 10.09.2024).

УДК 629.113

ВПЛИВ АМОТИЗАТОРІВ НА ДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБІЛЯ ТА КОМФОРТ ПАСАЖИРІВ

Павленко В'ячеслав Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. М.Я. Говорущенко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: vp.khadi@gmail.com, ORCID: [0000-0003-0796-4307](https://orcid.org/0000-0003-0796-4307)

Рекота Олександр Володимирович, магістр, кафедра технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. М.Я. Говорущенко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: rekotaoleksandr@gmail.com

Амортизатори є ключовими компонентами підвіски автомобіля, які відіграють важливу роль у забезпеченні комфорту пасажирів та динамічних характеристик транспортного засобу. Вони відповідають за поглинання ударів та вібрацій, що виникають під час руху, забезпечуючи плавність ходу та стабільність автомобіля. Вивчення впливу амортизаторів на динамічні характеристики автомобіля та комфорт пасажирів є важливим завданням, яке дозволяє покращити безпеку та задоволення від керування автомобілем.

З розвитком автомобільної промисловості та зростанням вимог до комфорту та безпеки пасажирів, дослідження впливу амортизаторів на динамічні характеристики автомобіля стає все більш актуальним. Сучасні автомобілі оснащуються різними типами амортизаторів, включаючи гідравлічні, газові та електронно-керовані системи, кожна з яких має свої переваги та недоліки. Розуміння того, як ці системи впливають на поведінку автомобіля на дорозі, дозволяє інженерам розробляти більш ефективні та надійні рішення для підвищення комфорту та безпеки пасажирів.

Метою дослідження є аналіз впливу різних типів амортизаторів на динамічні характеристики автомобіля та комфорт пасажирів. Дослідження спрямоване на вивчення ефективності різних систем амортизації та їх впливу на плавність ходу, стабільність автомобіля та загальний комфорт під час руху.

Об'єктом дослідження є амортизатори автомобілів, які використовуються для поглинання ударів та вібрацій під час руху.

Предметом дослідження є вплив різних типів амортизаторів на динамічні характеристики автомобіля, такі як плавність ходу, стабільність та комфорт пасажирів.

Амортизатори є невід'ємною частиною підвіски автомобіля, які відіграють ключову роль у забезпеченні комфорту пасажирів та динамічних характеристик транспортного засобу. Вони відповідають за поглинання ударів та вібрацій, що виникають під час руху, забезпечуючи плавність ходу та стабільність автомобіля. У цій статті ми розглянемо вплив різних типів амортизаторів на динамічні характеристики автомобіля та комфорт пасажирів. Існує кілька основних типів амортизаторів, які використовуються в сучасних автомобілях:

- гідравлічні амортизатори. Використовують рідину для поглинання енергії ударів. Вони є найбільш поширеними завдяки своїй простоті та надійності;

- газові амортизатори. Використовують газ під тиском для покращення характеристик поглинання ударів. Вони забезпечують кращу стабільність та контроль, особливо при високих швидкостях;

- електронно-керовані амортизатори. Використовують електроніку для автоматичного регулювання жорсткості амортизаторів залежно від умов руху. Вони забезпечують максимальний комфорт та безпеку, адаптуючись до змінних дорожніх умов.

Амортизатори відіграють важливу роль у забезпеченні стабільності та керованості автомобіля. Вони допомагають зменшити коливання кузова, що виникають під час руху по нерівностях, та забезпечують кращий контакт шин з дорогою. Це, в свою чергу, покращує керованість та зменшує ризик втрати контролю над автомобілем.

Гідравлічні амортизатори забезпечують базовий рівень стабільності та комфорту, але можуть бути менш ефективними при високих швидкостях або на дуже нерівних дорогах. Газові амортизатори, завдяки своїм покращеним характеристикам поглинання ударів, забезпечують кращу стабільність та контроль, особливо при агресивному стилі водіння. Електронно-керовані амортизатори дозволяють досягти оптимального балансу між комфортом та стабільністю, автоматично адаптуючись до умов руху.

Комфорт пасажирів є одним з основних критеріїв оцінки ефективності амортизаторів. Вони повинні забезпечувати плавність ходу, зменшуючи вплив нерівностей дороги на кузов автомобіля. Гідравлічні амортизатори забезпечують базовий рівень комфорту, але можуть бути менш ефективними на дуже нерівних дорогах. Газові амортизатори забезпечують кращий комфорт завдяки своїм покращеним характеристикам поглинання ударів. Електронно-керовані амортизатори дозволяють досягти максимального комфорту, автоматично адаптуючись до умов руху та забезпечуючи плавність ходу навіть на дуже нерівних дорогах.

Незважаючи на значні досягнення, використання амортизаторів стикається з низкою викликів. Основні з них включають забезпечення

надійності та довговічності амортизаторів, особливо в умовах інтенсивної експлуатації. Крім того, важливо враховувати вартість та складність обслуговування сучасних електронно-керованих систем.

У майбутньому очікується подальший розвиток технологій амортизації, що дозволить створювати ще більш ефективні та надійні системи. Це сприятиме підвищенню комфорту та безпеки пасажирів, роблячи автомобілі більш привабливими для споживачів.

Амортизатори є важливими компонентами підвіски автомобіля, які забезпечують комфорт та безпеку під час руху. Розглянемо, як різні типи амортизаторів впливають на плавність ходу та безпеку автомобіля.

Гідравлічні амортизатори (або масляні) є одними з найпоширеніших типів амортизаторів. Вони використовують рідину для поглинання енергії ударів та вібрацій:

- плавність ходу. Гідравлічні амортизатори забезпечують базовий рівень комфорту, ефективно поглинаючи вертикальні коливання. Вони добре працюють на рівних дорогах, але можуть бути менш ефективними на дуже нерівних поверхнях;

- безпека. Ці амортизатори забезпечують стабільність автомобіля, зменшуючи коливання кузова та покращуючи контакт шин з дорогою. Однак їх ефективність може змінюватися залежно від температури навколишнього середовища.

Газові амортизатори використовують стиснений газ (зазвичай азот) для покращення характеристик поглинання ударів:

- плавність ходу. Газові амортизатори забезпечують кращий комфорт порівняно з гідравлічними завдяки своїм покращеним характеристикам поглинання ударів. Вони ефективніші на нерівних дорогах та при високих швидкостях;

- безпека. Завдяки кращій стабільності та контролю, газові амортизатори покращують керуваність автомобіля, зменшуючи ризик втрати контролю на високих швидкостях або в складних умовах.

Електронно-керовані амортизатори використовують електроніку для автоматичного регулювання жорсткості амортизаторів залежно від умов руху:

- плавність ходу. Ці амортизатори забезпечують максимальний комфорт, автоматично адаптуючись до змінних дорожніх умов. Вони можуть миттєво змінювати свої характеристики, забезпечуючи плавність ходу навіть на дуже нерівних дорогах;

- безпека. Електронно-керовані амортизатори забезпечують найвищий рівень безпеки, автоматично адаптуючись до умов руху та забезпечуючи оптимальну стабільність та керуваність автомобіля.

Висновок

Кожен тип амортизаторів має свої переваги та недоліки щодо плавності ходу та безпеки. Гідравлічні амортизатори забезпечують базовий рівень комфорту та стабільності, газові амортизатори покращують ці характеристики, особливо при високих швидкостях, а електронно-керовані амортизатори

забезпечують максимальний комфорт та безпеку завдяки своїй здатності адаптуватися до змінних умов руху

Література

1. Амортизатори для автомобілів: Ключові аспекти та важливість [Електронний ресурс] // URL: <https://panda-auto.com.ua/ua/news-amortizatory-dlya-avtomobiley-klyuchevye-aspekty-i-vazhnost> (дата звернення: 05.09.2024).
2. Амортизатори в автомобілі [Електронний ресурс] // URL: <https://klifex.ua/amortizatori-v-avtomob%D1%96l%D1%96> (дата звернення: 06.09.2024).

УДК 629.113

ВПЛИВ МІЖНАРОДНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ НОРМ НА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АВТОМОБІЛЕБУДУВАННІ

Павленко В'ячеслав Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. М.Я. Говорущенко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: vp.khadi@gmail.com, ORCID: [0000-0003-0796-4307](https://orcid.org/0000-0003-0796-4307)

Скоробрух Сергій Валентинович, магістр, кафедра технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. М.Я. Говорущенко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: skorserbr@gmail.com

Сучасне автомобілебудування стикається з численними викликами, серед яких важливе місце займають екологічні норми. Зростаючий тиск з боку міжнародних екологічних стандартів стимулює виробників до впровадження інноваційних технологій, що сприяють зниженню шкідливих викидів та підвищенню енергоефективності транспортних засобів. Ці технології включають використання альтернативних видів палива, електрифікацію транспортних засобів, вдосконалення систем очищення вихлопних газів та впровадження легких матеріалів у конструкцію автомобілів. Важливість цього дослідження полягає у вивченні того, як міжнародні екологічні норми впливають на розвиток цих технологій та які перспективи вони відкривають для автомобільної промисловості.

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю адаптації автомобільної промисловості до нових екологічних вимог, що постійно посилюються. Зміни клімату та забруднення навколишнього середовища стали глобальними проблемами, що вимагають негайних дій. Впровадження інноваційних технологій в автомобілебудуванні є одним із ключових напрямків у боротьбі з цими викликами. Крім того, посилення екологічних норм стимулює конкуренцію серед виробників, що сприяє розвитку нових технологій та підвищенню якості продукції. Це дослідження допоможе зрозуміти, як

міжнародні екологічні стандарти впливають на інноваційні процеси в автомобілебудуванні та які тенденції можна очікувати в майбутньому.

Мета дослідження є аналіз впливу міжнародних екологічних норм на розвиток інноваційних технологій в автомобілебудуванні та визначення основних тенденцій і перспектив у цій сфері.

Об'єктом дослідження є міжнародні екологічні норми та стандарти, що регулюють викиди шкідливих речовин автомобільним транспортом.

Предметом дослідження є інноваційні технології, що впроваджуються в автомобілебудуванні у відповідь на міжнародні екологічні норми.

Міжнародні екологічні норми, такі як стандарти Євро-6, CAFE (Corporate Average Fuel Economy) та інші, встановлюють жорсткі вимоги до рівня викидів шкідливих речовин автомобілями. Ці стандарти стимулюють виробників до пошуку нових рішень, що дозволяють знизити викиди CO₂, NO_x та інших шкідливих речовин.

Одним із ключових напрямків є електрифікація транспортних засобів. Електромобілі та гібридні автомобілі стають все більш популярними завдяки своїй здатності знижувати викиди шкідливих речовин. Виробники активно інвестують у розробку нових батарей, що забезпечують більшу дальність пробігу та швидкість зарядки.

Іншим важливим напрямком є використання альтернативних видів палива, таких як водень та біопаливо. Водневі паливні елементи дозволяють знизити викиди до нуля, оскільки єдиним продуктом їх роботи є вода. Біопаливо, виготовлене з відновлюваних джерел, також сприяє зниженню викидів CO₂.

Вдосконалення систем очищення вихлопних газів, таких як каталітичні нейтралізатори та фільтри твердих часток, дозволяє знизити викиди NO_x та інших шкідливих речовин. Виробники також активно впроваджують легкі матеріали, такі як алюміній та композити, що дозволяють знизити вагу автомобілів та підвищити їх енергоефективність.

Електрифікація транспортних засобів.

Електрифікація є одним із найважливіших напрямків розвитку сучасного автомобілебудування. Вона включає в себе розробку та впровадження електромобілів та гібридних автомобілів. Електромобілі, що працюють виключно на електричній енергії, мають нульові викиди шкідливих речовин, що робить їх екологічно чистими. Гібридні автомобілі, що поєднують двигун внутрішнього згоряння та електродвигун, дозволяють знизити викиди та підвищити паливну ефективність. Виробники активно інвестують у розробку нових типів батарей, що забезпечують більшу дальність пробігу та швидкість зарядки, таких як літій-іонні та твердотільні батареї.

Використання альтернативних видів палива.

Альтернативні види палива, такі як водень та біопаливо, стають все більш популярними завдяки своїм екологічним перевагам. Водневі паливні елементи дозволяють знизити викиди до нуля, оскільки єдиним продуктом їх роботи є

вода. Водневі автомобілі мають потенціал для значного зниження викидів парникових газів, особливо якщо водень виробляється з відновлюваних джерел. Біопаливо, виготовлене з відновлюваних ресурсів, таких як рослинні олії та відходи сільського господарства, також сприяє зниженню викидів CO₂ та інших шкідливих речовин.

Вдосконалення систем очищення вихлопних газів.

Системи очищення вихлопних газів, такі як каталітичні нейтралізатори та фільтри твердих часток, відіграють важливу роль у зниженні викидів шкідливих речовин. Каталітичні нейтралізатори перетворюють шкідливі гази, такі як NO_x та CO, на менш шкідливі речовини, такі як азот та вуглекислий газ. Фільтри твердих часток затримують частинки сажі та інших твердих речовин, що утворюються під час згоряння палива. Виробники постійно вдосконалюють ці системи, щоб забезпечити їх ефективність та відповідність новим екологічним стандартам.

Використання легких матеріалів.

Зниження ваги автомобілів є важливим напрямком у підвищенні їх енергоефективності. Використання легких матеріалів, таких як алюміній, магній та композити, дозволяє знизити вагу автомобілів без втрати їх міцності та безпеки. Легкі матеріали сприяють зниженню витрат палива та викидів CO₂, оскільки автомобілі з меншою вагою потребують менше енергії для руху. Виробники активно впроваджують нові технології виробництва та обробки легких матеріалів, щоб забезпечити їх доступність та економічну ефективність.

Інноваційні технології управління та оптимізації.

Сучасні автомобілі оснащуються різноманітними системами управління та оптимізації, що сприяють зниженню викидів та підвищенню енергоефективності. Системи старт-стоп автоматично вимикають двигун під час зупинки автомобіля, що дозволяє знизити витрати палива та викиди. Системи рекуперації енергії дозволяють зберігати енергію, що утворюється під час гальмування, та використовувати її для зарядки батарей. Інтелектуальні системи управління двигуном та трансмісією оптимізують роботу автомобіля, забезпечуючи максимальну ефективність та мінімальні викиди.

Висновки

Міжнародні екологічні норми мають значний вплив на розвиток інноваційних технологій в автомобілебудуванні. Вони стимулюють виробників до пошуку нових рішень, що дозволяють знизити викиди шкідливих речовин та підвищити енергоефективність транспортних засобів. Електрифікація, використання альтернативних видів палива, вдосконалення систем очищення вихлопних газів та впровадження легких матеріалів є ключовими напрямками розвитку галузі. Подальші дослідження у цій сфері допоможуть визначити основні тенденції та перспективи розвитку автомобільної промисловості в умовах посилення екологічних вимог.

Література

3. Керімов, П. Державна політика розвитку автомобілебудування: зарубіжний досвід та українські реалії. Економіст. 2017. № 4. С. 13-18

4. Геєць, В. М., Кіндзерский, Ю. В., Микитенко, В. В., Якубовский, М. М., Жаліло, Я. А., Данилишин, Б. М. Державне регулювання розвитку автомобілебудування та автомобільного ринку: зарубіжний досвід та вітчизняні реалії. Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України. 2014. С. 279-284.

УДК 629.113

РОЛЬ СУЧАСНИХ МАТЕРІАЛІВ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БЕЗПЕКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Павленко В'ячеслав Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. М.Я. Говорущенко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: vp.khadi@gmail.com, ORCID: [0000-0003-0796-4307](https://orcid.org/0000-0003-0796-4307)

Сухомлин Олександр Олександрович, магістр, кафедра технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. М.Я. Говорущенко Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: suhomlynoleks@gmail.com

Впровадження новітніх матеріалів у автомобільну промисловість є важливим кроком для підвищення безпеки транспортних засобів. Сучасні матеріали, такі як високоміцні сталі, алюмінієві сплави, композити та наноматеріали, дозволяють створювати легші та міцніші конструкції, що сприяє зниженню ваги автомобілів та підвищенню їхньої безпеки.

Метою дослідження є аналіз впливу впровадження новітніх матеріалів на підвищення безпеки автомобільних конструкцій, а також визначення ефективності використання цих матеріалів для зниження ваги автомобілів та підвищення їхньої міцності.

Об'єктом дослідження є автомобільні конструкції, що використовують новітні матеріали, такі як високоміцні сталі, алюмінієві сплави, композити та наноматеріали.

Предметом дослідження є вплив новітніх матеріалів на безпеку автомобільних конструкцій, включаючи їхню здатність до поглинання енергії удару, зниження ваги автомобіля та підвищення міцності конструкцій.

Автомобільна промисловість постійно розвивається, впроваджуючи новітні технології та матеріали для підвищення безпеки, ефективності та екологічності транспортних засобів. Одним із ключових напрямків цього розвитку є використання сучасних матеріалів, таких як високоміцні сталі, алюмінієві сплави, композити та наноматеріали. Ці матеріали дозволяють створювати легші, міцніші та більш безпечні автомобільні конструкції, що

сприяє зниженню ваги автомобілів, підвищенню їхньої паливної ефективності та зменшенню викидів шкідливих речовин.

Використання новітніх матеріалів у конструкцію автомобілів має значний вплив на їхню безпеку. Зокрема, використання високоміцних сталей дозволяє підвищити міцність кузова та здатність до поглинання енергії удару, що знижує ризик травмування пасажирів при зіткненнях. Алюмінієві сплави, завдяки своїй легкості та корозійній стійкості, сприяють зниженню ваги автомобіля та підвищенню його паливної ефективності. Композити, поєднуючи високу міцність та низьку вагу, використовуються для виготовлення панелей кузова та інших елементів, що підвищує жорсткість конструкції та знижує ризик деформації. Наноматеріали, завдяки своїм унікальним властивостям, дозволяють створювати покриття та композити з підвищеною міцністю та зносостійкістю.

Основні матеріали та їхні властивості:

1. Високоміцні сталі:

- висока міцність та жорсткість. Високоміцні сталі мають значно вищу міцність порівняно зі звичайними сталями, що дозволяє використовувати їх у критичних зонах кузова автомобіля для підвищення його жорсткості та стійкості до деформацій;

- здатність до поглинання енергії удару. Ці сталі здатні ефективно поглинати енергію удару при зіткненнях, що знижує ризик травмування пасажирів;

- використання у критичних зонах кузова. Високоміцні сталі використовуються у зонах деформації кузова, таких як передні та задні частини автомобіля, для забезпечення максимального захисту пасажирів.

2. Алюмінієві сплави:

- легкість та корозійна стійкість. Алюмінієві сплави мають низьку вагу та високу стійкість до корозії, що робить їх ідеальними для використання у конструкціях кузова та шасі автомобіля;

- використання у конструкціях кузова та шасі. Завдяки своїй легкості, алюмінієві сплави дозволяють знизити загальну вагу автомобіля, що сприяє підвищенню паливної ефективності та зменшенню викидів CO₂;

- підвищення паливної ефективності. Легші автомобілі споживають менше палива, що знижує витрати на експлуатацію та зменшує негативний вплив на навколишнє середовище.

3. Композити:

- висока міцність при низькій вазі. Композити поєднують у собі високу міцність та низьку вагу, що робить їх ідеальними для використання у панелях кузова та інших елементах автомобіля;

- використання у панелях кузова: Композити використовуються для виготовлення панелей кузова, що дозволяє знизити вагу автомобіля та підвищити його жорсткість;

– підвищення стійкості до ударів та корозії. Композити мають високу стійкість до ударів та корозії, що підвищує довговічність автомобіля та знижує витрати на його обслуговування.

4. Наноматеріали:

– унікальні механічні та фізичні властивості. Наноматеріали мають унікальні властивості, такі як висока міцність, легкість та стійкість до зносу, що робить їх перспективними для використання у автомобільній промисловості;

– використання у покриттях та композитах. Наноматеріали використовуються для створення покриттів та композитів, що підвищує міцність та зносостійкість автомобільних конструкцій;

– підвищення ефективності енергопоглинання. Завдяки своїм властивостям, наноматеріали можуть ефективно поглинати енергію удару, що підвищує безпеку пасажирів при зіткненнях.

Вплив на безпеку автомобільних конструкцій:

1. Пасивна безпека:

– підвищення міцності кузова. Використання новітніх матеріалів дозволяє підвищити міцність кузова автомобіля, що знижує ризик його деформації при зіткненнях;

– зниження ризику деформації пасажирського салону. Міцніші матеріали забезпечують кращий захист пасажирського салону, знижуючи ризик травмування пасажирів;

– використання новітніх матеріалів у зонах деформації. Новітні матеріали використовуються у зонах деформації кузова, що дозволяє ефективно поглинати енергію удару та знижувати ризик травмування пасажирів.

2. Активна безпека:

– зниження ваги автомобіля. Легші автомобілі мають кращу керованість та маневреність, що підвищує їхню безпеку на дорозі;

– підвищення ефективності гальмівної системи. Зниження ваги автомобіля сприяє підвищенню ефективності гальмівної системи, що зменшує гальмівний шлях та підвищує безпеку;

– використання новітніх матеріалів у системах активної безпеки. Новітні матеріали використовуються у системах активної безпеки, таких як адаптивний круїз-контроль та системи попередження про зіткнення, що підвищує загальну безпеку автомобіля.

Висновки

Впровадження новітніх матеріалів у автомобільну промисловість має значний вплив на підвищення безпеки транспортних засобів. Використання високоміцних сталей, алюмінієвих сплавів, композитів та наноматеріалів дозволяє створювати легші, міцніші та більш безпечні автомобілі. Це сприяє зниженню ваги автомобілів, підвищенню їхньої паливної ефективності та зменшенню викидів CO₂.

Література

5. Основи конструкції автомобілів. Навчальний посібник. В. І. Сирота. 2006 р.
6. Захара І. Я. Новітні технології на автомобільному транспорті : практикум / І. Я. Захара. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2017. – 30 с

УДК 629.113

ВПЛИВ НАВАНТАЖЕННЯ АВТОМОБІЛЯ НА ЗНОС ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК

Павленко В'ячеслав Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. М.Я. Говорущенко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: vp.khadi@gmail.com, ORCID: [0000-0003-0796-4307](https://orcid.org/0000-0003-0796-4307)

Чуб Данііл Олександрович, магістр, кафедра технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. М.Я. Говорущенко Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: chybdann@gmail.com

Гальмівні колодки є критично важливими компонентами гальмівної системи автомобіля, які забезпечують безпеку під час руху. Вони відповідають за ефективне гальмування, поглинаючи енергію та зменшуючи швидкість автомобіля. Знос гальмівних колодок є природним процесом, який залежить від багатьох факторів, включаючи навантаження автомобіля. Дослідження впливу навантаження на знос гальмівних колодок дозволяє краще зрозуміти, як різні умови експлуатації впливають на тривалість служби цих компонентів.

З розвитком автомобільної промисловості та зростанням вимог до безпеки та надійності транспортних засобів, питання зносу гальмівних колодок стає все більш актуальним. Збільшення навантаження на автомобіль, наприклад, при перевезенні важких вантажів або великої кількості пасажирів, може значно впливати на швидкість зносу гальмівних колодок. Розуміння цього впливу дозволяє розробляти більш ефективні та надійні гальмівні системи, що забезпечують безпеку на дорозі.

Метою дослідження є аналіз впливу різних рівнів навантаження автомобіля на знос гальмівних колодок. Дослідження спрямоване на вивчення того, як зміна навантаження впливає на тривалість служби гальмівних колодок та їх ефективність у різних умовах експлуатації.

Об'єктом дослідження є гальмівні колодки автомобілів, які використовуються для забезпечення ефективного гальмування.

Предметом дослідження є вплив різних рівнів навантаження автомобіля на знос гальмівних колодок, включаючи аналіз змін у тривалості служби та ефективності гальмування.

Коли автомобіль не завантажений, гальмівні колодки зазнають мінімального навантаження. Це означає, що під час гальмування сила, яка прикладається до гальмівних колодок, є відносно невеликою. Відповідно, знос колодок відбувається повільніше, що збільшує їх тривалість служби. Порожній автомобіль також має меншу інерцію, що дозволяє гальмівній системі працювати ефективніше і з меншою напругою:

- плавність ходу. Порожній автомобіль забезпечує більш плавний хід, оскільки підвіска та гальмівна система не зазнають додаткового навантаження. Це дозволяє гальмівним колодкам працювати в оптимальних умовах, зменшуючи їх знос;

- ефективність гальмування. Оскільки автомобіль легший, гальмівна система може швидше зупинити транспортний засіб, що підвищує загальну безпеку. Менша вага також зменшує ризик перегріву гальмівних колодок під час тривалого гальмування;

- економія палива. Порожній автомобіль споживає менше палива, що також може впливати на загальну ефективність гальмівної системи, оскільки менше навантаження на двигун означає менше навантаження на гальмівні колодки.

При частковому завантаженні автомобіля, навантаження на гальмівні колодки збільшується. Це пов'язано з тим, що додаткова вага вимагає більшої сили для зупинки автомобіля. В результаті, гальмівні колодки зношуються швидше, ніж у порожньому автомобілі. Напівзавантажений автомобіль має більшу інерцію, що збільшує навантаження на гальмівну систему під час гальмування, особливо при різких зупинках.

- плавність ходу. Часткове завантаження може покращити плавність ходу, оскільки додаткова вага допомагає підвісці краще поглинати нерівності дороги. Однак це також означає, що гальмівні колодки зазнають більшого навантаження під час гальмування;

- ефективність гальмування. Напівзавантажений автомобіль потребує більшої сили для зупинки, що може призвести до швидшого зносу гальмівних колодок. Водіям слід бути обережними під час гальмування, особливо на високих швидкостях або в умовах інтенсивного руху;

- розподіл ваги. Часткове завантаження може впливати на розподіл ваги автомобіля, що може змінити поведінку транспортного засобу під час гальмування. Важливо правильно розподіляти вантаж, щоб уникнути нерівномірного зносу гальмівних колодок.

Коли автомобіль повністю завантажений, гальмівні колодки зазнають максимального навантаження. Додаткова вага значно збільшує інерцію автомобіля, що вимагає більшої сили для ефективного гальмування. Це призводить до швидшого зносу гальмівних колодок. Повністю завантажений автомобіль також може мати довший гальмівний шлях, що підвищує ризик перегріву гальмівних колодок і зниження їх ефективності.

- плавність ходу. Повністю завантажений автомобіль може забезпечувати більш плавний хід на рівних дорогах, але на нерівних поверхнях

додаткова вага може призвести до більшого навантаження на підвіску та гальмівну систему;

- ефективність гальмування. Повністю завантажений автомобіль має довший гальмівний шлях, що вимагає більшої обережності під час гальмування. Гальмівні колодки зазнають значного навантаження, що може призвести до їх швидкого зносу та перегріву;

- безпека. Водіям слід враховувати збільшений гальмівний шлях та можливість перегріву гальмівних колодок під час тривалих спусків або інтенсивного гальмування. Регулярна перевірка стану гальмівних колодок та своєчасна їх заміна є критично важливими для забезпечення безпеки.

Рівень завантаження автомобіля має значний вплив на знос гальмівних колодок, що безпосередньо впливає на безпеку та ефективність гальмування. Порожній автомобіль забезпечує мінімальне навантаження на гальмівні колодки, що сприяє їх тривалішій службі та ефективнішому гальмуванню. Напівзавантажений автомобіль збільшує навантаження на гальмівну систему, що призводить до швидшого зносу колодок та потребує більшої обережності під час гальмування. Повністю завантажений автомобіль зазнає максимального навантаження, що значно збільшує знос гальмівних колодок, продовжує гальмівний шлях та підвищує ризик перегріву гальмівної системи.

Для забезпечення безпеки та ефективності гальмування важливо враховувати рівень завантаження автомобіля та відповідно адаптувати стиль водіння. Регулярна перевірка стану гальмівних колодок та своєчасна їх заміна є критично важливими для підтримання надійної роботи гальмівної системи. Водіям слід бути особливо обережними при повному завантаженні автомобіля, оскільки це може значно вплинути на поведінку транспортного засобу під час гальмування.

Висновок

Загалом, розуміння впливу навантаження на знос гальмівних колодок дозволяє покращити безпеку та комфорт під час руху, а також зменшити витрати на обслуговування автомобіля. Це дослідження підкреслює важливість правильного розподілу ваги та адаптації стилю водіння залежно від умов експлуатації, що сприяє підвищенню загальної ефективності та надійності транспортного засобу.

Література

7. 7 ознак зносу колодок. Основні причини і як визначити допустиму межу [Електронний ресурс] // URL: <https://cassvitaflour.com/290-brake-pad-wear> (дата звернення: 20.09.2024).

8. Як продовжити життя гальмівним дискам автомобіля: важливі поради від автомеханіка [Електронний ресурс] // URL: <https://u-news.com.ua/179689-yak-prodovzhyty-zhyttia-galmivnym-dyskam-avtomobilia-vazhlyvi-porady-vid-avtomekhanika.html> (дата звернення: 20.09.2024).

ІНФОРМАЦІЙНИЙ КОМПЛЕКС ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Погорлецький Дмитро Сергійович, к.т.н. доц. Херсонська державна морська академія, e-mail: dimon150582@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1256-8053

Грицук Ігор Валерійович, д.т.н. проф. Херсонська державна морська академія, e-mail: gritsuk_iv@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7065-6820

Кальченко Володимир Віталійович, д.т.н. проф. Національний університет «Чернігівська політехніка», e-mail: kalchenkovi@stu.cn.ua, ORCID: 0000-0002-9850-7875

Худяков Ігор Валентинович, к.т.н. доц. Херсонська державна морська академія, e-mail: igor.khudiakov563@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8900-7879

Актуальність теми роботи пов'язана з експлуатацією транспортних засобів (ТЗ), яка супроводжується присутністю низки негативних наслідків та впливів, серед яких витрата палива, забруднення навколишнього середовища тощо. Враховуючи вплив цих факторів на довкілля та, як результат, необхідність прийняття рішень щодо розробки протидії цим явищам. В результаті необхідно мати обсяг достовірної інформації про параметри експлуатації ТЗ. Технічна експлуатація автомобілів (ТЕА), за визначенням, є однією з найважливіших підсистем автомобільного транспорту (АТ). Яка, в свою чергу, представляє підсистему транспорту в структурі досить складної транспортно-комунікаційної програми.

Об'єктом дослідження є автомобільний транспорт, який продовжує залишатися з наземних видів транспорту найбільш ресурсомістким і небезпечним для населення та навколишнього середовища. АТ витрачає понад 60 % палива, 70 % трудових ресурсів, спричиняє понад 96 % дорожньо-транспортних пригод. На автомобільний транспорт припадає, за оцінками, 40...50% забруднення довкілля, зокрема у містах 60...70%, а мегаполісах - понад 85 %. При цьому не менше 25 % забруднень пояснюється технічним станом автомобілів та виробничою діяльністю автопідприємств.

Ця стратегія і сприяла виділенню мети даної роботи, що й укладає у собі виконання аналізу існуючих інформаційних комплексів під час експлуатації ТЗ при використанні інформації про параметри технічного стану ТЗ в умовах експлуатації.

Основний матеріал. Транспортний комплекс – це велика та дуже складна система, яка динамічно розвивається, а сам транспорт – гарна допомога для людства, яка задовольняє одну з найважливіших потреб людини – потребу у переміщенні. Зв'язок технічної експлуатації автомобілів (ТЕА) та автомобільного транспорту (АТ) загалом показано на рис. 1. Необхідність кваліфікованого визначення сучасних складових адаптивної системи технічного

обслуговування (ТО) та ремонту підтверджується досить складною структурною схемою інтелектуальної системи керування транспортом [1-7].

В цілому було виконано аналіз існування та створення адаптивних систем ТО і Р, що дозволяє підкреслити актуальність питання інформаційного забезпечення прогресивних систем ТО і Р. Розвиток інформаційного забезпечення автотранспортних процесів є, по-перше, умовою переходу АТ до автоматизованого керування технічним станом автомобілів на підставі гнучких «адаптивних» автоматизованих систем з індивідуальною корекцією періодичності та обсягів технічного обслуговування і ремонту [1-9].



Рисунок 1 – Зв'язок цілей ТЕА та ТА

По-друге, інформаційне забезпечення комп'ютеризованого оперативного планування ТО та прогнозування технічного стану і можливих несправностей автомобілів є ключем до автоматизації контролю технічного стану та працездатності автомобіля.

По-третє, розробка і створення локальних інформаційно-обчислювальних комплексів з урахуванням комп'ютеризованих засобів технічної діагностики та засобів обчислювальної техніки становить основу сучасної автоматизації АТ.

По-четверте, комп'ютеризація техніки та засобів для діагностики АТ є ключовим напрямом розвитку діагностики ТЗ.

По-п'яте, успіх у використанні комп'ютерної техніки на АТ залежить насамперед від забезпечення процесів організації ТО і Р.

Суть роботи системи за станом полягає в тому, що технічні впливи проводиться для виробу тільки при досягненні контрольованих параметрів

свого критичного рівня, тобто гранично допустимого стану. На практиці для реалізації такої системи ТО і Р необхідне спеціальне діагностичне обладнання та загалом вміння та навички роботи фахівців інженерно-технічної служби (ІТС), вимірювати безперервно контрольовані (діагностичні) параметри виробу. На сьогодні такі системи, внаслідок глобалізації ТЗ та неруйнівного контролю (НК), успішно впроваджуються у світі техніки багатьма зарубіжними фірмами. Вони отримали назву "Condition Monitoring", а в сучасній термінології ТЕА - це "індивідуальні" системи ТО і Р або "адаптивні системи" [1-9].

У деяких випадках великі транспортні компанії на підставі наявного досвіду та специфіки експлуатації ТЗ застосовують «свої» тактики ТО і Р за для збереження загальних принципів планово-попереджувальної системи обслуговування та використання базових нормативів.

На АТ найпоширенішою є середньостатистична система. Це традиційна система для автомобільного транспорту загального користування (АТОП) система ТО і Р, яка спирається на математичний апарат теорії ймовірності та математичну статистику. Це теорії, які дозволяють дослідникам АТОП встановити для ТЗ середньостатистичні норми пробігу та трудомісткості їх технічного впливу, який за допомогою ряду коефіцієнтів коригування, використовується інформаційними транспортними системами (ІТС) для конкретного ТЗ [1-9].

Однак автомобіль, як відомо - це складна транспортна машина, що складається з тисяч деталей з різними виробничими та експлуатаційними допусками. Кожен автомобіль працює в різних експлуатаційних умовах і "старіє" по-своєму. Тому до кожного автомобіля потрібен індивідуальний підхід, тобто адаптивна система ТО і Р. Тільки при індивідуальному обстеженні (контролі та діагностиці) кожного агрегату можливо визначити справжній технічний стан автомобіля та врахувати різноманітність умов його роботи, кваліфікацію водія, а також інші фактори, які суттєво впливають на зміну технічного стану ТЗ. Тому для АТ найбільш доцільним є використання систем ТО і Р за станом. Ґрунтуючись на проведеному аналізі, стратегії і тактики ТО і Р ТЗ можна дійти невтішного висновку, що традиційна, сформована на АТОП протягом багатьох років система ТО і Р не відповідає загалом сучасним вимогам ТЕА. Її основною перевагою є лише можливість спрогнозувати витрати запасних частин і матеріалів за відсутності діагностичних систем, а основним недоліком – прийняття рішення про проведення робіт ТО і Р на підставі інформації про пробіг ТЗ. При реалізації такої системи ТО і Р на практиці вона не враховує реальний стан вузлів і агрегатів ТЗ, призводить до перевитрати запасних частин і, як наслідок, високі витрати на підтримку ТЗ у справному стані [1-5].

Поступовий розвиток нових видів перевезень призвів до збільшення часу перебування рухомого складу далеко від основної виробничої бази, і внаслідок цього підвищилася роль профілактичного ТО ТЗ. Тому створення гнучкої «адаптивної» системи контролю та управління технічним станом автомобіля з елементами індивідуального підходу до кожного конкретного ТЗ стало першочерговим завданням. Під адаптивною системою ТО і Р автомобілів

розуміється система, яка завдяки зміні своєї структури та параметрів, може пристосовуватися до зміни внутрішніх та зовнішніх умов експлуатації ТЗ. Рівень сучасної технічної діагностики (ТД), дозволяє під час технічної експлуатації автомобілів реалізувати практично будь-які завдання щодо виявлення та прогнозування параметрів технічного стану [1-6]. ТО і Р умовно можна назвати індивідуальним технічним обслуговуванням (ІТО). Види робіт призначають з урахуванням індивідуальних діагностичних даних. У зв'язку з використанням на автомобілях складних високоефективних електронних систем керування, бортової діагностики, супутникових систем навігації і мобільного зв'язку, у сучасних технологіях з'явилася можливість не лише контролювати географічне положення ТЗ, а й здійснювати зв'язок з диспетчером АТ, а також здійснювати дистанційний моніторинг ТЗ з оцінкою рівня технічного стану, що дозволяє реалізувати практично будь-які завдання щодо виявлення та прогнозування технічного стану ТЗ. Існуюча система ТО і Р сформувалася на базі спрощеної моделі функціонування транспортної інфраструктури: в цілому, всі системи ТО і Р доцільно віднести до адаптивних систем [1]. Основу таких систем становлять автоматизовані системи керування (АСУ) на основі інформаційних технологій ТЕА [4]. Ці системи забезпечують індивідуальний підхід до оцінки технічного стану кожного конкретного ТЗ. В адаптивній системі, прогнозування проводиться на підставі результатів обробки діагностичної інформації відповідно до схеми прогнозування і управління технічним станом ТЗ з застосуванням АСУ [1-5].

Інформацією про зміну технічного стану ТЗ є значення параметрів, які використовуються для прогнозування, це календарні дати і значення напружень ТЗ, які відповідають зафіксованим значенням параметрів, а також інша інформація, яка знаходиться у центрі діагностики та отримана на основі комп'ютеризованих засобів діагностування. Вся ця інформація передається АСУ для обробки і є основою формування масиву нормативно-довідкової та діагностичної інформації, необхідної для організації процесу прогнозування. Саме тому застосовують для ТЕА спеціально розроблені програмні засоби і комплекси. Основою автоматизованої адаптивної системи є база даних про транспортний засіб любого типу, вона представляє систему взаємозалежних таблиць. В ній розміщена різного роду інформація, і тому вона базується на системі управління базами даних - Microsoft Access, що забезпечує відносно просте створення та коригування бази даних. Технічне забезпечення сучасної системи прогнозування складає діагностичне обладнання, яке застосовується в центрі діагностування, а також обчислювальні засоби АСУ технічним станом ТЗ [1-9].

На даний час ТЗ мають різні датчики, для контролю технічного стану та моніторингу. Моніторинг ТЗ має здійснюватися в системі керування ТЗ у режимі реального часу. Відсутність моніторингу та зв'язку між технічними параметрами ТЗ та просторово-часовими даними руху машин з використанням координат на цифровій карті на момент контролю не дає технічній службі інформацію про технічний стан ТЗ, а моделі організації управління передбачатимуть можливість появи відхилень у процесі виконання розрахунків

згідно технічних даних та причин, для знаходження рішень на випередження та за для коригування завдань водію. Вимоги до системи управління такі: знаходити оптимальний оперативний план роботи техніки, організовувати виконання оперативного плану робіт, здійснювати моніторинг якості руху техніки та її технічного стану в режимі реального часу, передбачати появу відхилень якості виконання розкладів та технічного стану техніки, знаходити рішення на випередження відхилень, віддавати команди на випередження. Одним з питань при створенні АСУ ТО і Р є вибір оптимального складу засобів технічної діагностики, це важливе питання, оскільки йдеться про створення систем оперативного контролю та управління технічним станом, що базуються на принципах прогнозування технічного стану ТЗ та його окремих систем, агрегатів та механізмів [1-9].

Перший етап моніторингу ТЗ – оцінка ефективності ТЗ для стандартних циклів руху. Це дає можливість оцінити ефективність деяких засобів для покращення паливної економічності і екологічності ТЗ рухових установок відповідно до конкретних умов експлуатації. Початкові дані для моделювання є фактичні дані роботи двигуна, отримані від датчиків; параметри двигуна у стаціонарних режимах роботи, отримані у лабораторних експериментах; бортова діагностика (БД) системні дані для відповідних режимів руху ТЗ. Набір даних про робочі параметри двигуна ТЗ, економія палива, потужність двигуна та екологічні характеристики відповідно до режимів руху ТЗ в циклі руху визначаються при моделюванні [1-9].

Другий етап моніторингу ТЗ є оцінка безпеки навколишнього середовища, під час руху ТЗ. Це можливо за допомогою OBD даних та поточних параметрів розташування ТЗ на основі системи глобального позиціонування (GPS). Набір даних реальних характеристик маршруту ТЗ визначається відповідно до поточних даних про місцезнаходження. Це є основою визначення реальних сил опору руху ТЗ маршрутом. Використовуючи математичну модель системи «дорожній ТЗ» [1-9], екологічна безпека оцінюється, коли ТЗ перебуває в русі певним маршрутом. Параметри потоку трафіку можна контролювати та регулювати відповідно до інформації з бази даних. Таким чином, структура транспортного потоку створюється відповідно до інтенсивності категорій ТЗ, що є екологічно безпечними та екологічних класів транспортних потоків, параметри маршруту та погодні умови визначаються за допомогою системи моніторингу відповідно до поточних даних про місцезнаходження ТЗ.

Висновки

Виконаний аналіз існування та створення адаптивних систем ТО і Р дозволяє підкреслити актуальність питання інформаційного забезпечення прогресивних систем ТО і Р. Розвиток інформаційного забезпечення автотransпортних процесів є, по-перше, умовою переходу автомобільного транспорту до автоматизованого керування технічним станом автомобілів на підставі гнучких «адаптивних» автоматизованих систем з індивідуальною корекцією періодичності та обсягів технічного обслуговування.

Моніторинг технічного стану ТЗ дає можливість технічній службі отримувати інформацію про залишкову працездатність ТЗ та своєчасно здійснювати профілактичні впливи на основі їх параметрів технічного стану.

Література

1. Волков В.П., Грицук І.В., Грицук Ю.В., Волков Ю.В., Володарець М.В. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 300 с.
2. Організація баз даних: практичний курс: Навч. посіб. для студ. / О.Ю. Берко, О.М. Верес; Нац. ун-т «Львів. Політехніка». – Л., 2003. – 149 с.
3. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: Монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний та проектний інститут; За заг. ред. А.М. Редзюка. -К.: ДП «Державтотранс НДІпроект», 2005. - 400 с.
4. Волков В.П. Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем / В. П. Волков, В. П. Матейчик, П. Б. Комов, О.Б. Комов, І.В. Грицук // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. – №64 (970). – С. 36–42.
5. Грицук І.В., Погорлецький Д.С. Особливості створення моторної установки із засобами моніторингу на базі двигуна транспортного засобу, переобладнаного на живлення зрідженим газовим паливом. Сучасний стан та проблеми двигунобудування: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. Миколаїв: Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Машинобудівний інститут, тези доповіді. 2018. С. 11-13.
6. Волков В.П. Особливості інформаційної системи моніторингу та прогнозування параметрів технічного стану двигуна та транспортного засобу в умовах ITS / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Грицук, Ю.В. Волков // Сучасні технології у машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – №2(6). - С.43-49.
7. Gritsuk, I., Gutarewich, Y., Mateichyk, V., i Volkov, V., “Імпровідують процеси згоряння та очищення після хімічного Engine Start з використанням основного системи з фазою-трансформаційного технічного документа,” SAE Technical Paper 2016 -01-0204, 2016, doi:10.4271/2016-01-0204.
8. Gritsuk, I., Pohorletskyi, D., Mateichyk, V., Symonenko, R. et al., “Improving the Processes of Thermal Preparation of an Automobile Engine with Petrol and Gas Supply Systems (Vehicle Engine with Petrol and LPG Supplying Systems),” SAE Technical Paper 2020-01-2031, 2020, doi:10.4271/2020-01-2031.
9. Особливості математичного моделювання теплової підготовки транспортного двигуна за допомогою теплового акумулятора і методики її використання / І.В. Грицук, В.С. Вербовський, Д.С. Погорлецький, В.В. Марченко, Р.І. Михайлов // Матеріали V міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Автомобіль і електроніка. Сучасні технології», 20-21 листопада 2017 р ХНАДУ, Харків, 2017, С. 28 – 29.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗЧЕПЛЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Сергієнко Микола Єгорович, кандидат технічних наук,
професор кафедри «Автомобіле- і тракторобудування» Національного
технічного університету «Харківський політехнічний інститут»,
e-mail: nesergienko@gmail.com, ORCID: [/0000-0001-5168-1924](https://orcid.org/0000-0001-5168-1924)

Сергієнко Антон Миколайович, кандидат технічних наук, докторант кафедри
електричного транспорту та тепловозобудування Національного технічного
університету «Харківський політехнічний інститут»,
e-mail: sergienko2707@gmail.com, ORCID: [0000-0001-6067-1672](https://orcid.org/0000-0001-6067-1672)

Калінін Павло Миколайович, кандидат технічних наук, доцент кафедри
інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України,
e-mail: pkalining@gmail.com, ORCID: [0000-0001-9724-0630](https://orcid.org/0000-0001-9724-0630)

Тихановський Владислав Павлович, аспірант кафедри «Автомобіле- і
тракторобудування» Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»,
e-mail: vpaaavlovich@gmail.com

Використання роботизованих трансмісій з преселективними коробками переключення передач, як перспективного напрямку розвитку автомобілів та тягових машин, передбачає вдосконалення зчеплення, а тому питання покращення характеристик та забезпечення їх стабільності в експлуатації, підвищення ефективності, економічності, надійності безумовно є актуальними.

Аналіз існуючих конструкцій систем зчеплень автомобілів та тракторів дозволив визначитись з напрямками їх вдосконалення. Одним з результатів є створення оригінальної конструкції сухого двопотокового зчеплення (ДЗ) [1-4], яка дозволяє суттєво зменшити витрати енергії на керування, спростити конструкцію механізму приводу системи керування зчепленнями, зменшити вартість виготовлення та витрати при експлуатації та обслуговуванні.

Мета роботи – дослідження конструктивних особливостей елементів конструкції, робочого процесу, кінематичних та силових характеристик ДЗ, впливу параметрів ДЗ на його вихідні характеристики та питання оптимізації параметрів зчеплення та його елементів за різними критеріями якості.

У досліджуваній оригінальній конструкції ДЗ передбачено застосування поворотних упорів та пересувних кареток, що дозволяє міняти структурну схему взаємодії натискного пристрою з фрикційними дисками зчеплення та забезпечує практично без розриву потоку потужності передачу моменту ДВЗ при перемиканні передач, збільшує швидкість перемикання зчеплень. Використання означеного конструктивного рішення, по-перше, спрощує конструкцію зчеплення і його механізмів, а, по-друге, зменшує необхідну потужність та масогабаритні параметри виконуючого пристрою [5].

Використовуючи математичну модель ДЗ проведено чисельне дослідження робочих процесів у механізмі привода зчепленнями, визначені функціональні залежності між положенням пересувних кареток та навантажувальною спроможністю фрикційних муфт, відпрацьована методика синтезу параметрів елементів зчеплення за декількома критеріями якості [6].

При виконанні досліджень проводилась оцінка НДС елементів зчеплення. Одним з таких елементів була діафрагмова пружина. На рис. 1 наведено приклад деформації пружини при вимкненому зчепленні, а на рис. 2 – зміна напруги.

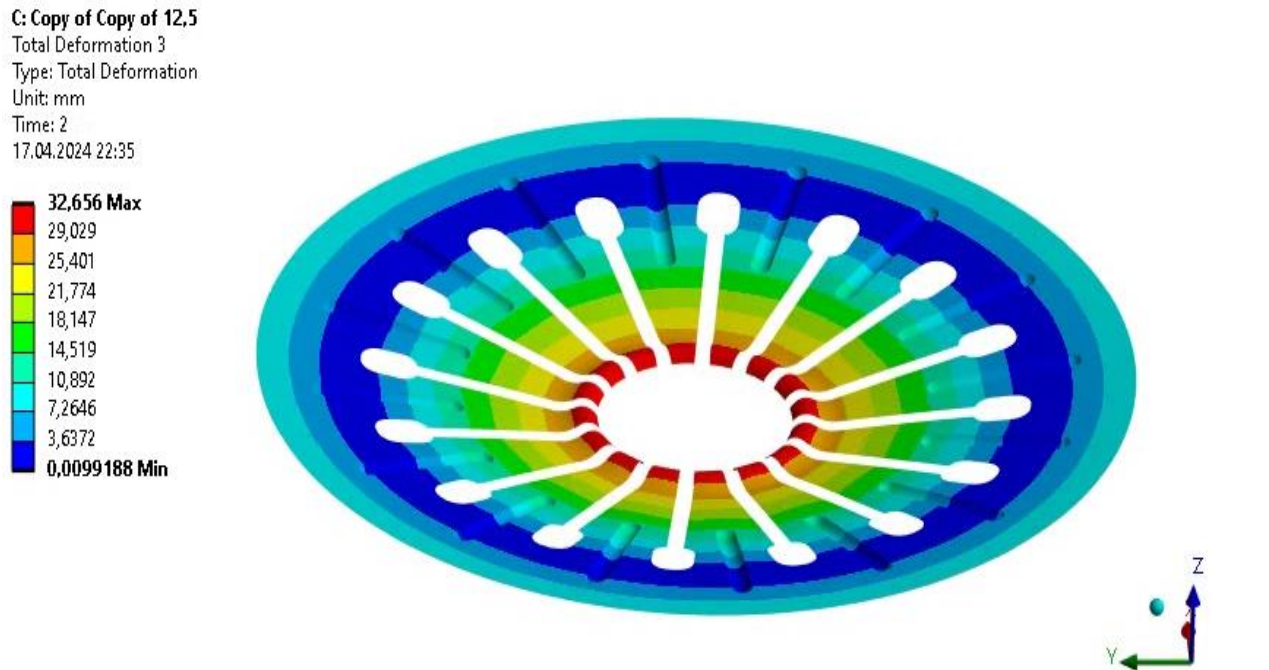


Рис.1 – Зміна деформації діафрагмової пружини зчеплення

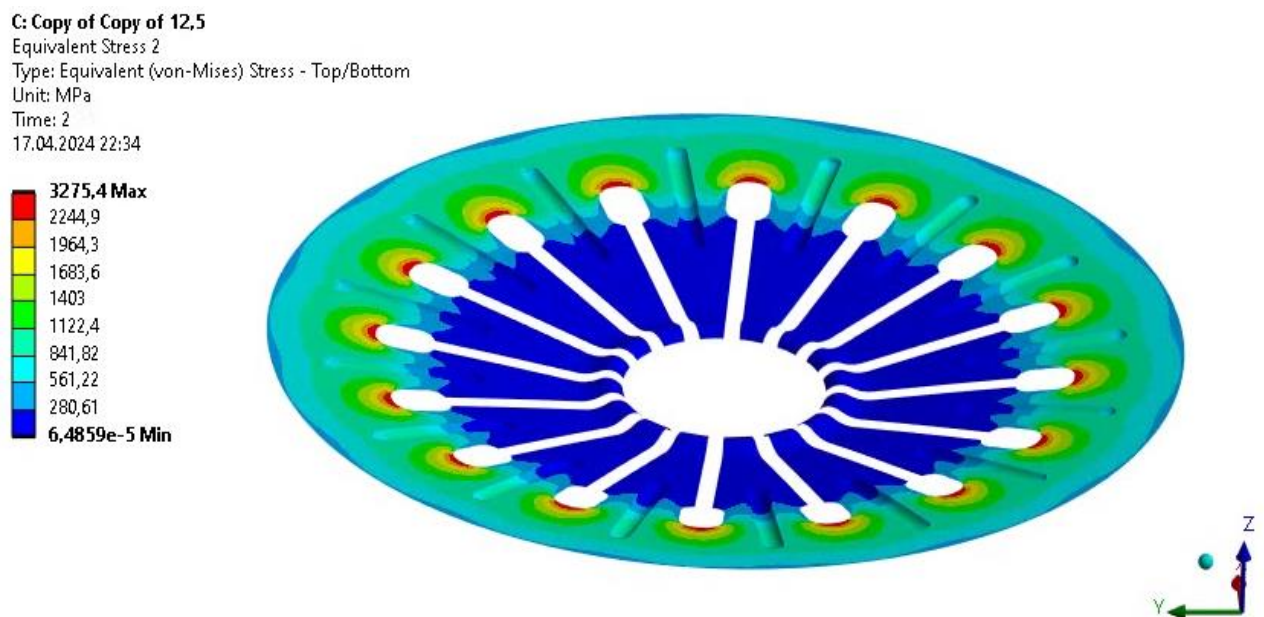


Рис. 2 – Зміна напруг діафрагмової пружини зчеплення

Застосований програмно-математичних апарат дозволяє у подальшому ставити задачі оптимально-раціонального проектування ДЗ для різних транспортно-тягових машин та розширення множин критеріїв якості та параметрів оптимізації.

Висновки

Аналіз отриманих результатів дозволив визначитись з напрямком подальших робіт по підвищенню ефективності роботи ДЗ: спрощення конструкції, збільшення довговічності, забезпеченням однакових та сталих коефіцієнтів запасу зчеплення у процесі експлуатації при зношуванні фрикційних накладок ведених дисків кожного зчеплення.

При дослідженні натискного пристрою зчеплення обрано раціональні конструктивні параметри пружини та виконана оцінка зміни її напружено-деформованого стану.

Література

9. Пат. на винахід України №101711, В60К 17/02, В60К 23/00, F16D 13/38. Двопотокова муфта зчеплення/ Сергієнко М.Є., Сергієнко А.М., Худолій О.І. Заявка а2011 08339. Заявл. 04.07.2011. Опубл. 25.04.2013. Бюл. №8.

10. Пат. на винахід України №125475, В60К 7/02, В60К 23/02, F16D 13/38 Двопототокова муфта зчеплення/ Сергієнко М.Є., Сергієнко А.М., Павлова Н.М., Худолій О.І. Заявка а2020 03608. Заявл. 16.06.20. Опубл. 23.03.2022, Бюл. 12/2022.

11. Пат на винахід України 114964 Пристрій для керування двопотоковою муфтою зчеплення транспортного засобу / Сергієнко А.М., Сергієнко М.Є., Худолій О.І., Ткачук М.А., Гасанов М.І., Павлова Н.М., Ткаченко О.О. // Патенти і винаходи: Винаходи – 2017.

12. Пат. на винахід України №118124 Система керування муфтою зчеплення транспортного засобу / Сергієнко М.Є., Сергієнко А.М., Худолій О.І., Гасанов М.І., Гапон А.І., Павлова Н.М., Цукор Д.Ю./ В60К 23/02, F16D 13/38, F16D 23/12, F16D 21/06, F16D 48/06, F16H 61/688. Заявка а2016 12321. Заявл. 05.12.2016. Опубл. 26.11.2018, Бюл. №22.

13. Сергієнко М.Є. Аналіз параметрів приводу здвоєного зчеплення зі зменшеними енерговитратами на керування / М.Є. Сергієнко, П.М. Калінін, Н.М. Павлова та ін. // Вісник НТУ«ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях, Х.: НТУ «ХП», 2021. – № 4(10). – С.49-60. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2021.04.07>.

14. Sergienko, N., Kalinin, P.; Sergienko, A., Pavlova, N., Nazarov, A. and ot. Synthesis of the Energy-Saving Dry Dual Clutch Control Mechanism // Applied Sciences (Switzerland), 2023, 13, 829. <https://doi.org/10.3390/app13020829>.

МОДЕЛЮВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА ПІСЛЯ ГІДРОУДАРУ

Хрулев Олександр Едуардович, канд. техн. наук,
керівник International Motor Bureau;

Сарасва Ірина Юрївна, канд. техн. наук, доцент кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. Говорущенко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет; e-mail: sarayeva9@gmail.com

Суханов Михайло Юрійович, аспірант кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. Говорущенко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет;

Воробйов Олександр Миколайович, аспірант кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів ім. Говорущенко, Харківський національний автомобільно-дорожній університет;

Досліджується термогазодинамічний процес у циліндрі двигуна внутрішнього згоряння в режимі холодного прокручування при вимірюванні компресії. Для розв'язання виявлених проблем розроблено математичну модель термогазодинамічного процесу в циліндрі при холодному прокручуванні в процесі вимірювання компресії в циліндрі. На відміну від наявних моделей покроково описує процеси в циліндрі, враховує реальний характер процесів впуску-випуску, витоку повітря через пару деталей і теплообмін зі стінками. За допомогою моделювання знайдено основні закономірності зміни компресії від режимів, характеру пошкодження сполучених деталей клапанного механізму та циліндро-поршневої групи, включаючи деформацію шатуна при гідроударі від потрапляння рідини в циліндр. За результатами дослідження зроблено висновок, що властивості моделі роблять її застосування ефективним при діагностиці та моніторингу технічного стану двигунів в експлуатації.

Аналіз різних моделей та порівняння відомих даних показали, що залишаються не вирішені до кінця проблеми побудови математичних моделей робочого циклу двигуна, а переважна більшість практичних даних та рекомендацій щодо вимірювання компресії в циліндрі заснована на емпіричних знаннях, численних експериментах та тестах. Відповідно до цього виникає потреба в розрахункових моделях процесу вимірювання компресії та їх теоретичному обґрунтуванні, особливо при експлуатаційному пошкодженні двигуна в результаті гідроудару.

Відомо, що вимір максимального тиску – компресії, в циліндрах двигуна внутрішнього згоряння є одним із поширених методів діагностики технічного стану та визначення причин несправності [1, 2]. Ця перевірка зазвичай застосовується на попередньому етапі досліджень, оскільки не вимагає демонтажу великої кількості елементів двигуна. Тим самим вимір компресії є неруйнівним методом контролю технічного стану, у якому об'єкт дослідження

повністю зберігає свої функції. Ця властивість методу має важливе значення при деяких видах досліджень, наприклад, при автотехнічній експертизі.

Іншою безумовною перевагою вимірювання компресії є простота та дешевизна самого вимірювального приладу – компресометра, а також простота алгоритму застосування [3, 4]. В результаті метод отримав надзвичайно широке поширення на практиці як один із найбільш універсальних методів діагностики [5, 6], а величина максимального тиску в циліндрі увійшла практично у всі сервісні та ремонтні керівництва більшості марок та моделей автомобілів [4].

Інша проблема, яка потребує детального аналізу діаграми зміни тиску в циліндрі в режимі холодного прокручування двигуна (без згоряння палива), пов'язана з визначенням характеристик холодного старту [7]. Моделювання запуску дозволяє оцінити пускові властивості двигуна, особливо в умовах низьких температур. Це завдання близьке до завдання вимірювання компресії. Але вона має на меті не діагностику технічного стану конкретного двигуна в експлуатації, а найчастіше конструкторські роботи з поліпшення пускових характеристик двигуна [8], визначення пускової подачі палива [9], оцінку шкідливих викидів і т.д. [10].

Разом з тим, переважна більшість практичних даних та рекомендацій щодо застосування розглянутого методу побудовано на емпіричних знаннях, численних експериментах та тестах [11, 12]. Споживачеві пропонується вірити рекомендаціям, які зазвичай пов'язують величину падіння компресії від якогось «нормального» рівня з конкретним видом несправності, ґрунтуючись на статистичних даних [13, 14].

На рис. 1. представлені результати моделювання циклу холодного прокручування двигуна з витокм повітря, який заданий за допомогою налаштування моделі шляхом порівняння одержуваної величини максимальної компресії з відомими експериментальними даними.

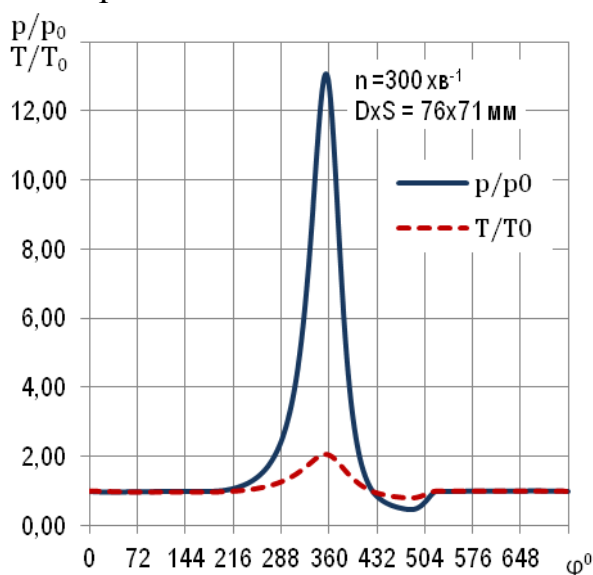


Рисунок 1 - Результати моделювання відносного тиску і температури в циліндрі при заданому витокм

Висновки

Моделювання запуску дозволяє оцінити пускові властивості двигуна, особливо в умовах низьких температур. Це завдання близьке до завдання вимірювання компресії. Але воно має на меті не діагностику технічного стану конкретного двигуна в експлуатації, а найчастіше - конструкторські роботи з поліпшення пускових характеристик двигуна, визначення пускової подачі палива, оцінку шкідливих викидів і т.д.

Література

1. Denton T. (2006). *Advanced Automotive Fault Diagnosis*. Second edition. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann. 271.
2. Gilles T. (2011). *Automotive Engines: Diagnosis, Repair and Rebuilding*, 6th Edition. Delmar: Cengage Learning. 734.
3. Maurya R.K. (2019). *Reciprocating Engine Combustion Diagnostics In-Cylinder Pressure Measurement and Analysis*. Cham: Springer Nature Switzerland AG. 616.
4. Halderman J.D. (2012). *Automotive Technology. Principles, Diagnosis, and Service*. Fourth edition. New Jersey: Pearson Education Inc. 1652.
5. Garage Lube (n.d.). *Pressure School. Part 2: A Running Diagnosis by Pico Technology*. Retrieved from <https://www.garagelube.com/online-training/pressure-school-part-2-running-diagnosis/>.
6. Garage Lube (n.d.). *Pressure School. Part 1: Introduction to the Pressure Transducer by Pico Technology*. Retrieved from <https://www.garagelube.com/online-training/pressure-school-part-1-introduction-pressure-transducer/>.
7. Burrows J.A. (1998). *An investigation into the cold start performance of automotive diesel engines*. Thesis submitted to the University of Nottingham for the degree of Doctor of Philosophy. Nottingham. 224.
8. Pacaud P., Perrin H., Laget O. (2008). Cold Start on Diesel Engine: Is Low Compression Ratio Compatible with Cold Start Requirements? *SAE International Journal of Engines*. 20. DOI: <https://doi.org/10.4271/2008-01-1310>
9. Roberts A., Brooks R., Shipway Ph. (2014). Internal combustion engine cold-start efficiency: A review of the problem, causes and potential solutions. *Energy Conversion and Management*. 82. 327–350. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2014.03.002>.
10. Kurtyka K., Pielecha J. (2020). Cold start emissions from a gasoline engine in RDE tests at different ambient temperatures. *Combustion Engines*. 181(2). 24-30. DOI: <https://doi.org/10.19206/CE-2020-204>
11. Reißig M. (2012). *Modeling the Cold Start Process of Spark Ignition Engines*. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.) der Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik der Universität Rostock. Lehrstuhl für Technische Thermodynamik, Universität Rostock. 133.
12. Stotsky A.A. (2009). *Automotive Engines. Control, Estimation, Statistical Detection*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg. 215.

ОБЛАДНАННЯ ДІЛЯНКИ НА ПІДПРИЄМСТВІ З ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ДВИГУНАМИ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ НА ГАЗОВОМУ ПАЛИВІ

Халімоненко О. С., магістр гр. А-62-23, ХНАДУ,

e-mail: a2m23kos@stud.khadi.kharkov.ua

Горбик Ю. В., к.т.н., доцент, кафедра технічної експлуатації і сервісу
автомобілів, ХНАДУ,

e-mail: yuragorbik@gmail.com, ORCID: [0000-0001-6876-8428](https://orcid.org/0000-0001-6876-8428)

Постановка проблеми. У зв'язку з тенденцією переобладнання серійних автомобілів з бензиновими і дизельними двигунами на двопаливні системи живлення та виробництва деякими автомобільними компаніями моделей транспорту з газовими двигунами виникає необхідність підприємств для обслуговування систем та агрегатів і обладнання для останніх. З метою збагачення знань за вказаною темою і проведено це дослідження.

Мета дослідження. Метою є рекомендації з комплектування підприємства обслуговування транспорту з встановленим газовим живленням.

Об'єктом дослідження є ділянка підприємства з експлуатації та ремонту транспорту з встановленим газовим живленням.

Предметом дослідження є оцінка процесів вірно обладнаного підприємства, ділянки, що спеціалізується на транспорті з газовим живленням.

Основний матеріал. В роботі наведено алгоритм прийняття рішення щодо модифікації ділянки технічного обслуговування та додання ділянки з ремонту транспортних засобів на живленні природним газом [1].

Належної вентиляції можна досягти механічним способом засобами (вентилятори) або за допомогою конвекції для подачі повітря. Однак рідко лише конвекція може забезпечити достатній або передбачуваний потік повітря. Є декілька причин для вентиляції обслуговуючого приміщення. Вентиляція необхідна для швидкого та ефективного розрідження природного газу, що виділяється, щоб концентрація газу була нижчою за рівень займистості. Однак вентиляція також необхідна для направлення газу до систем виявлення та сигналізації, які сповіщатимуть про безпечну евакуацію з приміщення. Нарешті, вентиляція допомагає запобігти накопиченню газу поблизу потенційних джерел займання.

Системи виявлення газу та сигналізації наполегливо рекомендовані з ряду причин. Це дуже підвищує безпеку персоналу та захист майна. Існує кілька типів детекторів горючих газів, найпоширенішими з яких є каталітичні кулькові та інфрачервоні. Використання каталітичних кулькових детекторів зазвичай знижує капітальні витрати, оскільки потрібна менша кількість детекторів, але не рекомендується, оскільки вони вимагають більш частого калібрування та мають коротший термін служби перед заміною внутрішніх компонентів.

Інфрачервоні сповіщувачі, які найбільш широко використовуються в галузі, доступні як точковий монітор або монітор відкритого контуру. Точкові сповіщувачі визначають рівень LCL у певній точці стелі, тоді як сповіщувачі з відкритим трактом виявляють загальну присутність газу в промені. Сповіщувачі відкритого шляху можуть зменшити капітальні витрати та витрати на технічне обслуговування у великих гаражах, але зазвичай вимагають використання деяких додаткових точкових сповіщувачів. Немає універсального найкращого підходу, і проектування системи має виконуватися зареєстрованим/ліцензованим інженером у співпраці з виробником системи.

Видалення CNG з паливного баку транспортного засобу (викачування палива) є вимогою технічного обслуговування, яку часто нехтують. Викачування палива необхідне кожного разу, коли роботи з паливними баками CNG або неізолюваними компонентами паливної системи виконуються в гаражі для капітального ремонту. Злив пального – це практика, яка виконується нечасто, але необхідна для певних типів ремонту. Для транспортних засобів з паливними системами, які дозволяють повністю ізолювати один або більше баків за допомогою ручних запірних клапанів, решта баків, на які не впливає робота, що виконується, не потребує зливу палива. Злив палива з паливного бака автомобіля не вимагається, якщо паливна система не задіяна в ремонті, немає відкритого вогню або не проводяться зварювальні роботи.

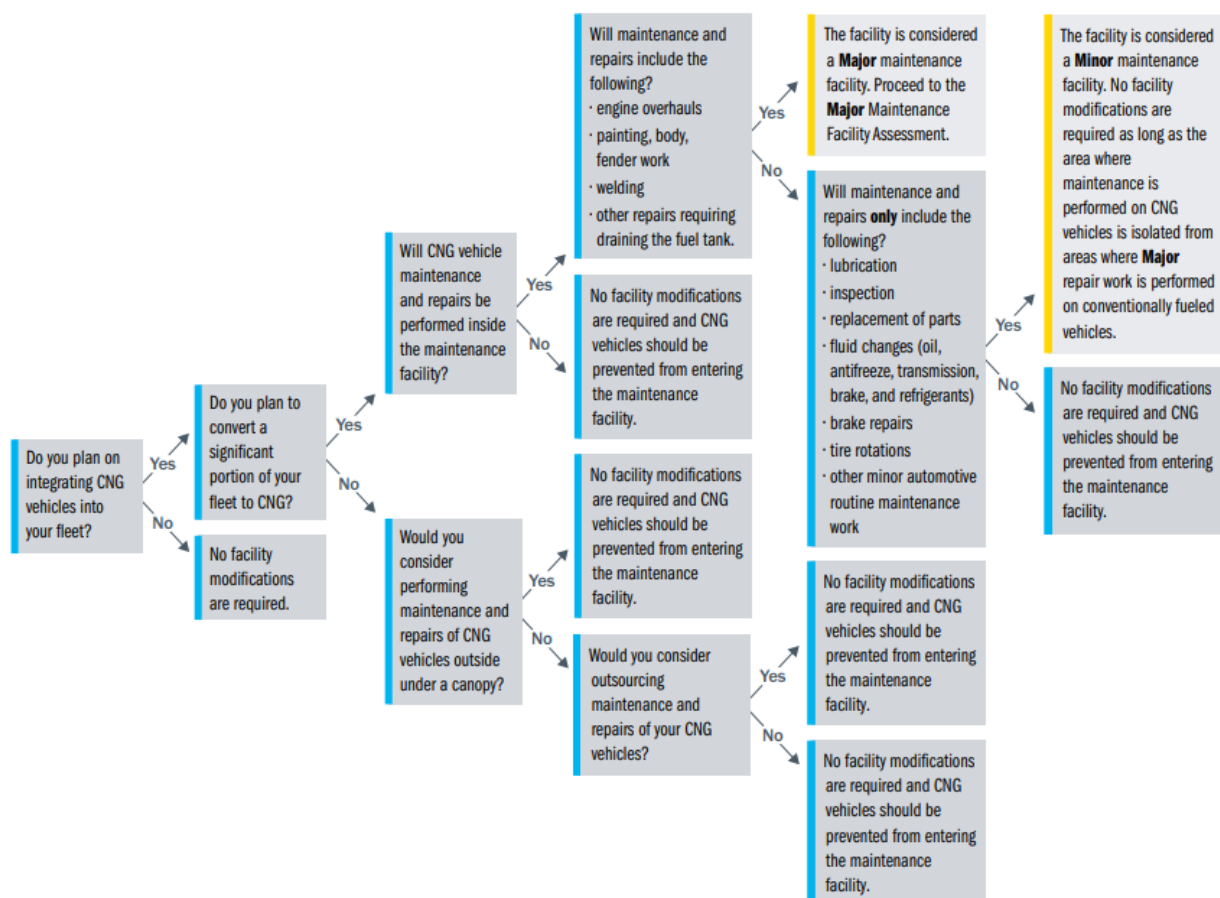


Рисунок 1 – Алгоритм прийняття рішення щодо модифікації ділянки технічного обслуговування та додання ділянки з ремонту транспортних засобів на живленні природним газом

У підприємствах з технічного обслуговування транспортних засобів є звичайною практикою використання відсмоктувачів двигуна, підключених до вихлопної системи автомобіля, коли двигун працює. Це гарантує підтримку здорової та безпечної атмосфери в приміщенні. Вихлопні гази двигуна, що працює на природному газі, гарячіші, ніж вихлопні гази дизельного двигуна, і деякі шланги відсмоктувача вихлопних газів несумісні з вищими температурами двигунів, що працюють на природному газі. У рамках процесу модифікації об'єкта слід оцінити вихлопні екстрактори, щоб визначити сумісність і запобігти плавленню або займанню шланга, стійкого до низьких температур. Несумісні витяжки слід замінити.

Витрати на модифікацію об'єкта, як правило, включатимуть наступні елементи: • Початкова оцінка • Попереднє проектування та схвалення АНІ • Підготовка проекту RFP • Вибір підрядника DB або DBB • Детальний проект об'єкта • Остаточний дозвіл • Закупівля обладнання, включаючи запасні частини • Модифікація існуючих об'єктів і обладнання • Будівництво та встановлення нового обладнання • Пуск і приймальні випробування системи • Навчання.

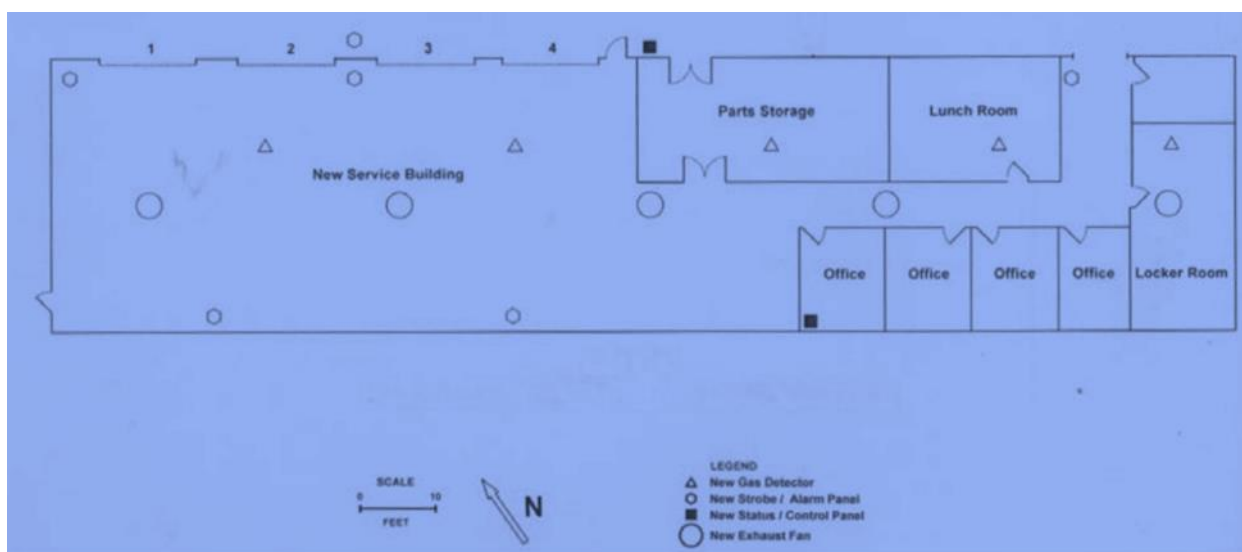


Рисунок 2 – Приклад попереднього плану об'єкта з представленням запропонованого обладнання.[2]

Висновки. Розглянення аспекту комплектування ділянки для транспорту з встановленим газовим живленням охоплює питання безпеки, та дає інформацію з правильних, сучасних типів обладнання.

Література:

1. Compressed Natural Gas Vehicle Maintenance Facility Modification Handbook, Kay Kelly and Margo Melendez, National Renewable Energy Laborator.
2. Gladstein, Neandross & Associates, NREL 44690.

УДК 681.518.5

ФОРМУВАННЯ МОРФОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Худяков Ігор Валентинович, канд. техн. наук, доцент кафедри СТСК,
Херсонська державна морська академія,
e-mail: igor.khudiakov563@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8900-7879

Грицук Ігор Валерійович, проф. техн. наук, професор кафедри СТСК,
Херсонська державна морська академія,
e-mail: gritsuk_iv@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7065-6820

Погорлецький Дмитро Сергійович, канд. техн. наук, доцент кафедри СТСК,
Херсонська державна морська академія,
e-mail: dimon150582@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1256-8053,

Черненко Валентина Володимирівна, старший викл. кафедри СТСК,
Херсонська державна морська академія,
e-mail: v.chernenko18@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2013-7058

Юрець Назарій Юрійович, бакалавр,
Національний університет «Чернігівська політехніка»
e-mail: yurets306@gmail.com

Вступ. Сучасний стан розвитку інформаційно-комунікаційної технології руху транспортних засобів (ТЗ) дозволяє в умовах експлуатації забезпечувати розв'язання задач інформатизації робочих процесів завдяки стрімкому розвитку як інформаційних ресурсів так і засобів комунікацій й інформаційних можливостей самих транспортних засобів [1, 2]. В основу інформаційних задач експлуатації транспорту покладена практична реалізація синергетичного об'єднання комп'ютерних ресурсів усіх учасників дорожнього руху в єдиному інформаційному просторі глобальної мережі Internet – від окремого транспортного засобу до корпоративного рівня транспортної організації.

Аналіз останніх досліджень. Питанням формування інформаційних систем моніторингу транспортних засобів займалися численні дослідники. Фундаментом при розробці сучасних систем моніторингу параметрів технічного стану транспортних засобів, нормування і планування на транспорті за допомогою засобів і способів отримання інформації в умовах ITS є основи теорії експлуатації транспортних засобів [2-3].

У роботах [1-3] представлені конструктивні схеми елементів вимірювального комплексу для автоматичного управління двигуном внутрішнього згорання. У роботі [2] описаний інтелектуальний вимірювальний комплекс для дистанційного автоматизованого або автоматичного керування працездатністю ТЗ в умовах експлуатації. Відомі сучасні системи NaviFleet

(Латвія, Geospars), Dynafleet (Швеція, Volvo Group), ruDi (Німеччина, Fritz Rensmann Maschinenfabrik (Дортмунд)) [1-3], які дозволяють здійснювати моніторинг, контроль і керування транспортними засобами, які пересуваються на всій території, де є мобільний зв'язок GPRS/GSM. Крім цього, відомі програми Torque, GPS-Trace Orange, M2M, СКВП, Teletrack [1-3], що представляють електронні інформаційні системи і технології і в цілому формують абсолютно нові принципи технічної експлуатації ТЗ. Названі системи і більшість менш розповсюджених, мають розвинений інтерфейс і дозволяють працювати з досить великими й складними мережами зв'язку і великими об'ємами даних. Недоліком названих систем і програм є відсутність оцінки спектра сучасних умов експлуатації транспорту, обмеженість функціональних можливостей складових компонентів, неможливість раціонального управління експлуатацією ТЗ з урахуванням дорожніх і експлуатаційних умов в оперативному режимі.

В Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті (ХНАДУ) розроблена загальна експлуатаційна класифікація умов роботи ТЗ [2, 3], що базується на офіційних регламентуючих документах. Для її реалізації спільно з фахівцями Херсонської державної морської академії (ХДМА) розроблений ІПК «IdenMonDiaOperCon «HNADU-16»» для здійснення ідентифікації, моніторингу параметрів технічного стану, діагностування, ідентифікації умов експлуатації транспортних засобів в умовах ITS. Класифікація умов роботи ТЗ адаптована в розроблений ІПК та успішно використовується для експлуатаційних розрахунків та має пряме відношення до технічної експлуатації автомобілів, тому що дозволяє враховувати і визначає навантажувальні, швидкісні і температурні режими роботи вузлів і агрегатів ТЗ [2, 7]. Питання системного формування морфологічної структури інформаційної системи моніторингу транспортних засобів в умовах ITS в межах розробленої класифікації і ІПК не розроблялось і тому висвітлення цього питання при дистанційному визначенні умов експлуатації ТЗ в реальному часі в умовах ITS можливо вважати доцільним.

Постановка задачі. Обґрунтування методу системного аналізу на стадії проектування системи моніторингу ТЗ і формування морфологічної структури інформаційної системи моніторингу транспортних засобів є доцільним для умов експлуатації засобів транспорту. Для цього потрібно урахувати особливості конструкції і оснащення транспортних засобів і забезпечити їх інформаційну взаємодію за допомогою морфологічних ознак складових в межах класифікації умов експлуатації з розробленим ІПК.

Основний матеріал. В НТУ, ХДМА і ХНАДУ проводяться роботи щодо подальшого розвитку інформаційних програмних комплексів моніторингу транспорту для дослідження можливості дистанційного отримання інформації про параметри експлуатації ТЗ в умовах ITS.

Використовуючи метод морфологічного (структурного) аналізу [9,10, 11 - 14], проведений синтез та аналіз, сформовані можливі схеми інформаційної системи моніторингу транспортних засобів (ІС ТЗ) за вказаними

функціональними елементами на різних етапах виконання властивих їй функцій у ЖЦ в умовах їх експлуатації.

Суть наведеного методу полягає в тому, що в досліджуваній технічній системі ІС ТЗ виділяються декілька характерних для неї основних функціональних елементів морфологічних ознак (характеристик), за кожною з яких складений максимально повний перелік різних конкретних варіантів (альтернатив) технічного вираження наведених ознак (характеристик) [9]. Кожна наведена морфологічна ознака характеризує функцію, конструктивний вузол, режим роботи (або стан) технічної системи КСКП, форму взаємодії вузлів (елементів) тощо, від яких залежить вирішення проблеми і досягнення основної мети функціонування системи в умовах експлуатації.

Морфологічні ознаки (характеристики) ІС ТЗ з їх альтернативами на всіх етапах роботи ТЗ, в умовах експлуатації, розташовані у вигляді морфологічної матриці. Для точного виконання морфологічного аналізу були точно сформульовані цілі функціонування ІС ТЗ, як системи. Для ТЗ в цілому такими цілями є визначений підхід до забезпечення безпеки експлуатації в умовах ІТС за показниками і особливостями сучасних технологій експлуатації ТЗ.

Для кожного з функціональних елементів системи, для адаптації за своїми властивостями в частині особливостей кузова і двигуна ТЗ, основні морфологічні ознаки, від яких залежить досягнення поставленої мети, показані в табл. 1. Представлення особливостей кузова і двигуна ТЗ в системних об'єктах дозволяє виділити їх основні функціональні елементи на різних рівнях, як для кузова ТЗ і двигуна.

У досліджуваній системі, для формування основної морфологічної формули інформаційної системи моніторингу автомобілів в умовах експлуатації було виділено декілька характерних для неї основних характеристик функціональних елементів – морфологічних ознак, за кожною з яких було попередньо складено максимально повний перелік різних відповідних варіантів (альтернатив) технічного вираження наведених ознак. Для кожної морфологічної ознаки було наведено характерні властивості класифікацій, особливостей конструкції автомобілю, складових системи моніторингу, умов експлуатації тощо, від яких залежить вирішення задачі дослідження і досягнення основної мети функціонування системи в умовах експлуатації.

Для зручнішого використання морфологічні ознаки інформаційної системи моніторингу автомобілів в умовах експлуатації було розташовано у вигляді морфологічної матриці.

Для кожного з функціональних елементів інформаційної системи моніторингу автомобілів в умовах експлуатації, для адаптації за особливими властивостями до ТЗ основні морфологічні ознаки, від яких залежить досягнення поставленої мети, показані в табл.1.

Морфологічна матриця містить велику кількість несумісних варіантів, що є недоліком методу. Однак велика його перевага - багатоваріантність. Оскільки метод оснований на морфології об'єктів, він дозволяє системно аналізувати різні структури об'єкту.

Так схема легкового ТЗ KIA CEE'D 2.0 5MT2 бензинової ЕУ буде включати такі сполучення виділених ознак:

(X1.1; X2.1; X3.1; X4.1; X6.1.4; X7.1; X8.1; X9.1; X10.1) + (X5.1.1.2; X5.1.2.2; X5.1.3.1; X5.1.5.2) + + (X11.1; X12.1; X13.2; X14.1) + X15.2

Тобто це ТЗ який працює на паливі нафтового походження (X1.1), що зберігається в рідкому стані X2.1) при нормальних умовах (X3.1) відноситься до категорії М1 легковий ТЗ (X4.1) без причепа (X6.1.4), базова модель (X7.1) з колісною формулою 4х2 (X8.1) двоосний (X9.1) та пристосований до роботи в звичайних дорожніх умовах (X10.1). ТЗ має тип кузова хетчбек (X5.1.1.2), літраж двигуна малого класу (X5.1.2.2) з переднім приводом (X5.1.3.1) легковий ТЗ класу В (X5.1.5.2). Також автомобільний двигун оснащений штатними датчиками і ЕБУ (X11.1) та додатковими датчиками адаптованими для встановлення трекера-комунікатора (X12.1), ПЗ ЕБУ не здатне повідомляти VIN-код ТЗ при під'єднанні OBD – сканера (X13.2), системи випуску двигуна оснащена каталітичним нейтралізатором і відповідними для ТЗ датчиками, а саме температури і напруги на датчику O2 (лямбда-датчик) (X14.1). ТЗ не пристосовано до дистанційного діагностування (X15.2).

По аналогії маємо можливість описати ознаки інших ТЗ.

Схема вантажного ТЗ Mercedes-Benz Actros 3 1841 LS:

(X1.1; X2.1; X3.1; X4.5; X6.1.2; X7.1; X9.1; X10.1) +
+ X5.3.1.5 + (X11.1; X12.1; X13.1; X14.1) + X15.3

Схема автобуса Volvo B7R:

(X1.1; X2.1; X3.1; X4.3; X6.1.4; X7.1; X8.3; X9.2; X10.1) +
+ (X5.2.1.4; X5.2.2.2; X5.2.3.2; X5.2.4.3) + (X11.1; X12.1; X13.1; X14.1) +
X15.3

Таким чином, зміна конструктивного вираження конкретного варіанту будь-якої із ознак формує нову схему ТЗ. Розглянутий підхід дозволяє системно досліджувати усі можливі схеми ТЗ, які витікають із закономірностей будови (морфології), тим самим враховуючи, крім відомих, незвичайні варіанти, які при простому переборі могли бути знехтувані. При цьому на відміну від простого перебору виключається пропуск якихось варіантів, що дозволяє розглядати перспективні технічні рішення, які поки ще знаходяться на стадіях конструкторської і технологічної проробки, або тих, які на сьогодні здаються несумісними.

Морфологічна матриця моніторингу ТЗ по кузову і двигуну в умовах експлуатації
Morphological matrix of vehicle monitoring by body and engine under exploitation conditions

Адаптація ТЗ до моніторингу		Можливість ідентифікації ТЗ по кузову або двигуну				Моніторинг окремих параметрів стану ТЗ (не сучасні ТЗ)				Моніторинг технічного стану сучасних ТЗ				
Автомобіль (ТЗ)	5. Тип автомобіля (ТЗ)	1. Джерело енергії (паливо) ТЗ	1.1. Нафтового походження	1.2. Не нафтового походження	1.3. Живлення за рахунок електричної енергії	1.4. Суміші енергії (1.1+1.3)	1.5. Суміші енергії (1.2+1.3)	1.6. Суміші енергії (1.1+1.2)+1.3						
		2. Агрегатний стан палива автомобіля	2.1. Рідкий	2.2. Газоподібний	2.3. Газорідний	2.4. Багатофазний (комбінований)	2.5. Накопичувач електроенергії	2.6. Інші накопичувачі електроенергії						
		3. Спосіб зберігання палива автомобіля	3.1. При нормальних умовах	3.2. При високому тиску	3.3. При низьких температурах	3.4. Електричні батареї і конденсатори	3.5. Сонячні батареї	3.6. Паливний елемент	3.7. Електрохімічний генератор					
		4. Категорія АТЗ	4.1. М1	4.2. М2	4.3. М3	4.4. N1	4.5. N2	4.6. N3	4.7. O1	4.8. O2	4.9. O3	4.10. O4		
	5.1. Легковий М1	5.1.1. Тип кузова	5.1.1.1. Седан	5.1.1.2. Хетчбек	5.1.1.3. Універсал	5.1.1.4. Вагон	5.1.1.5. Лімузин	5.1.1.6. Кабріолет	5.1.1.7. Мінівен	5.1.1.8. Купе	5.1.1.9. Родстер			
		5.1.2. Літраж двигуна	5.1.2.1. Особливо малий клас – до 1,2 л	5.1.2.2. Малий клас – 1,2...1,8 л	5.1.2.3. Середній клас – 1,8...3,5 л	5.1.2.4. Великий клас – більше 3,5 л								
		5.1.3. Механічний тип приводу	5.1.3.1. Передній	5.1.3.2. Задній	5.1.3.3. Повний									
		5.1.4. Електричний, електромеханічний тип приводу	5.1.4.1. Електропривід кожного колеса	5.1.4.2. Передній електропривід, задній – механічний	5.1.4.3. Передній механічний привід, задній – електричний									
		5.1.5. В залежності від габаритних розмірів	5.1.5.1. Клас А + - малогабаритні чотири- та п'ятимісні легкові автомобілі, довжина яких не перевищує 3,7 м, а ширина - 1,6 м.	5.1.5.2. Клас В + - легкові автомобілі довжиною 3,7-4,3 м, шириною до 1,7 м. Найчастіше вони оснащуються кузовом хетчбек (3 або 5 дверей) і переднім приводом.	5.1.5.3. Клас С + - легкові автомобілі довжиною 4,2-4,5 м, шириною 1,7-1,8 м.	5.1.5.4. Клас D + - легкові автомобілі довжиною 4,5-4,8 м, шириною 1,7-1,8 м.	5.1.5.5. Клас E + - легкові автомобілі довжиною 4,8-5 м, шириною більше 1,8 м.	5.1.5.6. Клас F + складається з автомобілів завдовжки понад 5 м, шириною понад 1,8 м.						
		5.2.1. За габаритною довжиною	5.2.1.1. Особливо малий клас (до 5 м.)	5.2.1.2. Малий клас (від 6,0 до 7,5 м.)	5.2.1.3. Середній клас (8,0 до 9,5 м.)	5.2.1.4. Великий клас (10,5 до 12,0 м.)	5.2.1.5. Особливо великий клас (16,5 м. і більше)							
		5.2.2. Максимально технічно допустима маса більше ніж 5 т	5.2.2.1. М2 - транспортний засіб призначений для перевезення пасажирів, у якому кількість місць для сидіння, не враховуючи масу більше ніж 5 т	5.2.2.2. М3 - транспортний засіб призначений для перевезення пасажирів, у якому кількість місць для сидіння, не враховуючи масу більше ніж 5 т										
		5.2.3. ТЗ для перевезення не більше ніж 22 пасажирів, не враховуючи водія	5.2.3.1. Клас А - ТЗ, призначені для перевезення пасажирів, які стоять	5.2.3.2. Клас В - ТЗ, призначені для перевезення пасажирів, які сидять										

Двигун автомобіля (ТЗ)	6. Тип причепа	5.3. Вантажний N	перевезення більше ніж 22 пасажирів, не враховуючи водія	яких передбачені місця для пасажирів, які стоять, за умови забезпечення можливості їх безперешкодного пересування		яких призначена для пасажирів, які переважно сидять, та допускає можливість перевезення пасажирів, які стоять				призначена винятково для перевезення пасажирів, які сидять			
		5.3.1.Тип АТЗ	5.3.1.1. Бортовий	5.3.1.2. Самосвальний	5.3.1.3. Цистерна	5.3.1.4. Фургон	5.3.1.5. Тягач	5.3.1.6. Бортовий тентований	5.3.1.7. Бетон-озмішувач	5.3.1.8. Авторефрижератор	5.3.1.9. Автовоз	5.3.1.10. Контей- неровоз	
	7. Модель автомобіля (ТЗ)	6.1. Типи		6.1.1.1. Причеп		6.1.2. Напівпричеп		6.1.3. Декілька причепів		6.1.4. Без причепа			
		7.1. Базова модель		7.2. Похідна модель		7.3. Модифікація моделі							
		8.1. 4 x 2		8.2. 4 x 4		8.3. 6 x 4		8.4. 6 x 6					
		9.1. Двохосний		9.2. Трихосний		9.3. Чотирьохосний		9.4. П'ятиосний і більше					
	9. За кількістю осей	10.1. Дорожні		10.2. Підвищеної прохідності		10.3. Вєсєдїхосцї		10.4. Позашляховики					
		11.1. Автомобільний двигун оснащений штатними датчиками і ЕБУ		11.2. Автомобільний двигун не оснащений штатними датчиками і ЕБУ									
	12. Оснащення додатковими датчиками, адаптованими для встановлення трекера - комунікатора	12.1. Автомобільний двигун оснащений додатковими датчиками, адаптованими для встановлення трекера - комунікатора		12.2. Автомобільний двигун не оснащений додатковими датчиками, адаптованими для встановлення трекера - комунікатора									
		13.1. ПЗ ЕБУ здатне повідомляти VIN-код ТЗ при під'єднанні OBD - сканера		13.2. ПЗ ЕБУ не здатне повідомляти VIN-код ТЗ при під'єднанні OBD - сканера									
14. Оснащення системи випуску двигуна каталітичним нейтралізатором і відповідними для ТЗ датчиками	14.1. Системи випуску двигуна оснащена каталітичним нейтралізатором і відповідними для ТЗ датчиками, а саме температури і напруги на датчику O2 (лямбда-датчик)		14.2. Системи випуску двигуна не оснащена каталітичним нейтралізатором і (або) не оснащена відповідними для ТЗ датчиками, а саме температури і напруги на датчику O2 (лямбда-датчик)										
	15.1. Пристосовано		15.2. Не пристосовано		15.3. Обладнано спеціальними засобами								

Двигун автомобіля (ТЗ)

Висновки.

1. Обґрунтована концепція інформаційної системи моніторингу ТЗ в умовах ITS, яка об'єднує спостереження, аудит, прогноз експлуатації, та базується на використанні морфологічної матриці.

2. Розроблено модель функціонування системи інформаційної системи моніторингу ТЗ з використанням системних об'єктів, що дозволяє систематизувати можливі схеми побудови кузова ТЗ і двигуна та досліджувати вплив різних конструкцій двигуна і ТЗ на забезпечення моніторингу їх робочих процесів в умовах експлуатації в розробленій моделі функціонування системи.

3. Виконано систематизацію конструктивних схем ТЗ і двигуна, як підсистеми, яка визначає рівень забезпечення їх безпеки в умовах експлуатації. Систематизація схем ТЗ і двигуна проведена за методом морфологічного (структурного) аналізу, сформовані можливі існуючі і перспективні схеми ТЗ і двигуна за вказаними функціональними елементами на різних етапах виконання властивих їм функцій в умовах експлуатації засобами ITS.

Література

1. Волков В.П. Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем / В.П. Волков, В.П. Матейчик, П.Б. Комов, О.Б. Комов, І.В. Грицук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2013. – № 29 (1002). с.138-144.

2. Волков В.П. Особливості формування методики застосування класифікації умов експлуатації транспортних засобів в інформаційних умовах ITS / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Грицук, Г. К. Шурко, Ю.В. Волков // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 14 (1236). – С. 10–20.

3. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта)/ Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.

4. Говорущенко Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей / [Н.Я.Говорущенко]. - Харьков: Вища школа. Изд-во при Харьк. ун-те, 2084. – 312 с.

5. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем: монография / Волков В.П., Матейчик В.П., Никонов О.Я., и др; под. ред. Волкова В.П. – Донецк: Ноулидж, 2013.– 400 с.

6. Матейчик В. П. Особливості моніторингу стану транспортних засобів з використанням бортових діагностичних комплексів / В. П. Матейчик, В. П. Волков, П. Б. та ін.// Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. - 2014. - Вип. 13(1). - С. 125-137.

7. Худяков І.В. Моделі бази даних інформаційної системи моніторингу параметрів технічного стану транспортних засобів // Луцький національний

технічний університет «Наукові нотатки» випуск 67, – Луцьк ЛНТУ, 2019 – с.141-148.

8. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубиняк С.А. Теорія технічних систем. – К.: - Тернопіль. - 1987. – 310 с.

9. Одрин В.М., Картавов С.С. Морфологический анализ систем. Построение морфологических матриц. - К.: Наукова думка. – 1977. – 183с.

10. Худяков І.В. Особливості формування системи дистанційного визначення працездатності та безпеки експлуатації транспортних засобів / Грицук І. В., Волков В. П., Симоненко Р.В., ВолодарецьМ. В. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019. – Вип. 19, т. 4. С 298-310.

11. Матейчик В. П. Системний підхід до аналізу структурних схем енергоустановок транспортних засобів / В. П. Матейчик // Вісник НТУ“ХПІ” №7(т.2). – Харків, НТУ”ХПІ”. –2002. – С.162-167.

12. Худяков І.В. Особливості дистанційної ідентифікації режимів праці та відпочинку водія в системі інформаційного моніторингу транспортних засобів / Худяков І.В., Симоненко Р.В., Грицук І.В., Матейчик В.П., Волков В.П., Білоусова Т.П., Володарець М.В. // Зірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій Серія «Транспортні системи і технології» Київ·ДУІТ·2020 – випуск №35 – с. 146-156.

13. Методи системного аналізу властивостей автомобільної техніки: навч. посіб. / М. Ф. Дмитриченко, В. П. Матейчик, О. К. Гришук, М. П. Цюман // К.: НТУ, 2014. – 168.

14. Грицук І.В. Комплексний комбінований прогрів: системний підхід до формування схем забезпечення оптимального температурного стану ТЗ в умовах експлуатації / І.В. Грицук // Вісник НТУ «ХПІ». 2015. № 10 (1119), с. 95-101.

УДК 658.5

ВДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ SIX SIGMA

Болдовський Володимир Миколайович, к.т.н., доцент кафедри автомобілів та транспортної інфраструктури,
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ»,
e-mail: v.boldovskyi@khai.edu, ORCID: [0009-0008-5069-756X](https://orcid.org/0009-0008-5069-756X)

Актуальність теми роботи пов'язана з дослідженням методів вдосконалення технологічних процесів та організації робіт з випуску якісної продукції, які необхідно впроваджувати на більшості машинобудівних підприємств України.

У сучасних умовах глобальної конкуренції машинобудівні підприємства потребують постійного вдосконалення своїх процесів для зниження витрат і підвищення якості продукції.

Одним із ефективних інструментів для досягнення цих цілей є методологія Six Sigma. Вона спрямована на мінімізацію дефектів та варіацій у виробничих процесах шляхом використання статистичних методів та структурованого підходу до вирішення проблем.

Основним інструментом Six Sigma є цикли DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), які забезпечують послідовний та науково обґрунтований підхід до вдосконалення процесів.

Впровадження Six Sigma на машинобудівному підприємстві дозволяє оптимізувати використання ресурсів, що зменшує витрати на виробництво та сприяє збільшенню прибутковості підприємства, підвищити ефективність виробничих процесів шляхом ідентифікації та усунення втрат, знизити рівень дефектів продукції.

Впровадження на машинобудівному підприємстві методології Six Sigma дозволяє досягти значних покращень у процесах планування та контролю якості.

Також методологія Six Sigma допомагає ідентифікувати основні причини технологічних дефектів і вжити заходів для їх усунення, підвищити точність прогнозування попиту та оптимізації запасів за рахунок аналізу варіацій у виробничих процесах, вдосконалити технологічні процеси за рахунок оптимізації технологічних операцій і зниження циклічних відхилень.

Основні інструменти Six Sigma, які можуть бути застосовані на машинобудівному підприємстві, включають наступне:

- статистичний контроль процесів (SPC) для моніторингу якості продукції в реальному часі;
- аналіз причинно-наслідкових зв'язків (Ishikawa Diagram) для виявлення основних причин дефектів у процесах;
- гістограми і контрольні карти для оцінки стабільності процесів та їх варіативності;
- факторний аналіз для оптимізації параметрів виробничих процесів з метою досягнення максимального результату.

Для успішного впровадження Six Sigma на машинобудівному підприємстві важливо забезпечити підтримку з боку керівництва підприємства (процеси вдосконалення повинні мати стратегічне значення для компанії), підготовку спеціалістів (Green Belt, Black Belt) забезпечує розуміння методології і ефективне використання її інструментів, залучення працівників до пошуку і впровадження покращень у виробничих процесах.

Використання методології Six Sigma у машинобудуванні дозволяє значно підвищити ефективність виробничих процесів, знизити кількість дефектів та втрат, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства на ринку.

Висновки

Впровадження методології Six Sigma є стратегічно важливим кроком для розвитку та підвищення рівня конкурентоспроможності машинобудівних підприємств України.

Література

1. Яковенко І. Е. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 – Прикладна механіка, 133 – Галузеве машинобудування / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, А.В. Фесенко – Харків: НТУ «ХПІ», 2022. – 421с.

2. Бондаренко С. М. Система "Бережливе виробництво плюс шість сигм" як інструмент підвищення якості бізнеспроцесів та сталого розвитку підприємства / Бондаренко С. М. Науково-практичний журнал «Інвестиції: практика та досвід». – Чорноморський національний університет імені Петра Могили : ТОВ «ДКС Центр». 2022. Вип. 17. – С. 62-67.

3. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»; 133 «Галузеве машинобудування» / Ю.М. Малафєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. - Електронні текстові дані (1 файл: 6,68 Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 201 с.

УДК 629.017

РАЦІОНАЛЬНА КІЛЬКІСТЬ ІНСТРУМЕНТУ В УМОВАХ ГАРАЖНОГО РЕМОНТУ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ

Дубінін Євген Олександрович, докт. техн. наук, професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: dubinin-rmn@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-6176-7358

Полянський Олександр Сергійович, докт. техн. наук, професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: khadi.pas@gmail.com,
ORCID: 0000-0003-0407-6435

Молодан Андрій Олександрович, докт. техн. наук, професор кафедри технології машинобудування і ремонту машин, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: and_1979@ukr.net,
ORCID: 0000-0002-0017-740X

Одними з найважливіших напрямків підвищення надійності автотракторної техніки є: інструментальне й технологічне забезпечення процесів технічного обслуговування й ремонту, забезпеченість запасними частинами й впровадження вбудованих засобів діагностування технічного стану агрегатів і систем засобів транспорту. При цьому існуючі показники, що застосовуються для оцінювання рівня пристосованості до ремонту, є функцією конструктивних, технологічних та експлуатаційних факторів [1, 2].

Конструктивні особливості машини й умови її використання обумовлюють кількісні значення показників ремонтпридатності. Конструкції машин значно ускладнилися, підвищилася їхня енергоємність, продуктивність і,

відповідно, витрати на виконання операцій технічного обслуговування й ремонту (ТОР). При цьому ефективність експлуатації неможливо забезпечити при відсутності достовірної оцінки показників ремонтопридатності.

Системний аналіз показників ремонтопридатності автотракторної техніки дозволив установити їхній зв'язок з іншими властивостями надійності й виконати класифікацію цих показників за техніко-економічними критеріями. На цій основі була виділена й досліджена технологічна складова технічного обслуговування й ремонту, яка полягає в забезпеченості запасними частинами, інструментом і засобами контролю технічного стану.

На підставі проведеного аналізу запропонований склад показників, структурна схема яких представлена на рис.1. Пропонований склад показників дозволить найбільш повно й відповідно до сучасних вимог оцінювати й нормувати властивість ремонтопридатності засобів транспорту.

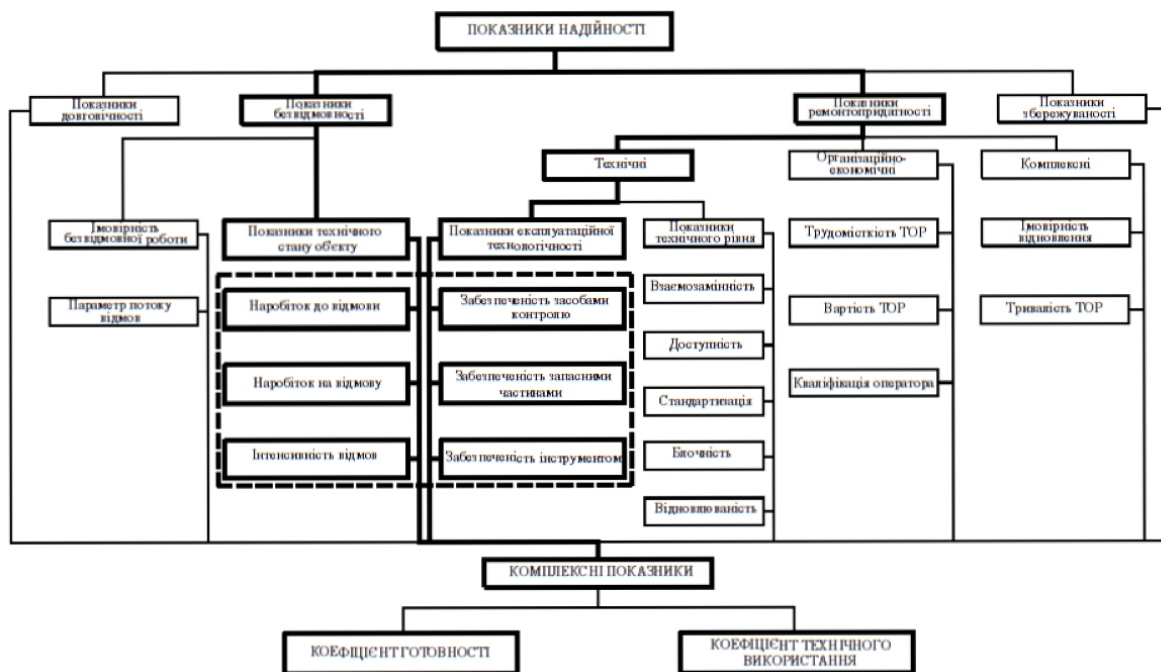


Рисунок 1 – Система показників для оцінки й прогнозування рівня ремонтопридатності

Розглянемо цикл роботи машини, що дорівнює 1000 годин. Відомо, що надійність можна оцінювати комплексним показником – коефіцієнтом готовності K_2

$$K_2 = 1 - e^{-\mu \cdot t} \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot T}), \quad (1)$$

де $\mu = \frac{n}{T^{TO}}$ – інтенсивність обслуговування за цикл, 1/год;

n – кількість операцій обслуговування за цикл;

T^{TO} – сумарна оперативна тривалість обслуговування, год;

t – граничний час обслуговування, год;

λ – інтенсивність відмов, 1/год;

T – час роботи, год.

Необхідну кількість інструмента в комплекті запасних частин, інструмента та пристосувань (ЗІП) можна розрахувати за запропованою залежністю

$$K_i = \sqrt[0,664]{\frac{-\ln\left(\frac{1-K_z}{e^{-\lambda T}-1}\right)}{\mu \cdot t}}. \quad (2)$$

Розрахунки виконано відповідно до запропонованої методики на прикладі трактора ХТЗ-17221. Побудовано залежності K_z від коефіцієнта повноти застосування інструмента при обслуговуванні K_i й граничного часу обслуговування t за час роботи тракторів T при певних значеннях K_i (рис. 2).

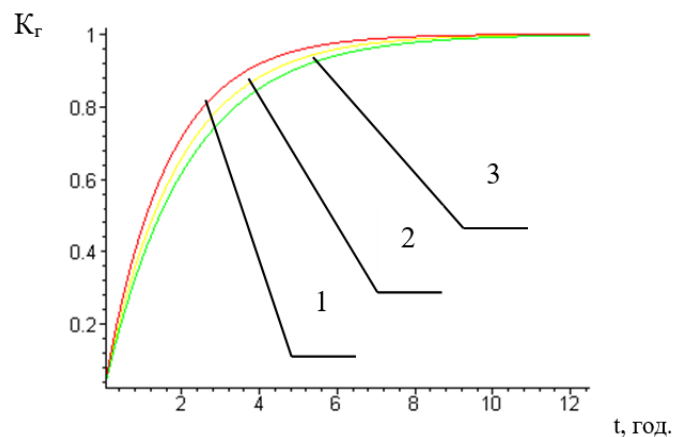


Рисунок 2 – Залежність K_z від K_i і t :

1 – при $K_i = 1$, 2 – при $K_i = 0,78$, 3 – при $K_i = 0,65$

Аналіз рисунка показує, що при існуючій системі обслуговування й рівні надійності тракторів ХТЗ-17221 в умовах реальної експлуатації для забезпечення K_z в межах 0,85...0,95 наявність інструмента в комплекті ЗІП впливає.

Висновки

При збільшенні кількості інструмента в комплекті ЗІП до рівня, регламентованого заводським документом, при збереженні всіх інших параметрів, можливе збільшення коефіцієнта готовності в реальній експлуатації K_z з 0,84 до 0,92 при $t = 4$ год.

Для забезпечення готовності техніки в реальній експлуатації, зменшення часу простою через відсутність необхідного інструмента, зменшення експлуатаційних витрат необхідна наявність комплектів ЗІП. Вони повинні враховувати потребу в інструменті для виконання всіх необхідних операцій з

оперативного відновлення працездатності шасі тракторів як у польових умовах, так і в умовах ремонтних майстерень.

Література

- 1 Система технічного обслуговування та ремонту техніки. Терміни та визначення понять: ДСТУ 9050:2020. – [Чинний від 2021-04-01]. – К.: Технічний комітет стандартизації «Система розробки та постановки продукції на виробництво», 2021. – 25 с. – (Національний стандарт України).
- 2 Дубінін Є. О. Поліпшення ремонтпридатності силових агрегатів засобів транспорту: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Дубінін Євген Олександрович. – Х., 2008. – 169 с.

УДК 629.33:004.94 / 656.21:004.94

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НАЗЕМНИХ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЦИФРОВИХ СТРАТЕГІЙ

Головань Андрій Ігорович, канд. техн. наук, доцент кафедри судноводіння і морської безпеки, Одеський національний морський університет,
e-mail: g.onmu@ukr.net, ORCID: [0000-0001-6589-4381](https://orcid.org/0000-0001-6589-4381)

Актуальність теми роботи пов'язана з реаліями сучасних транспортних систем, які відіграють ключову роль в економіці та інфраструктурі будь-якої країни. Технічне обслуговування колісних транспортних засобів, як автомобільних, так і залізничних, є критичним елементом для забезпечення їх надійної експлуатації [1]. Традиційні підходи до обслуговування не враховують динамічні зміни в умовах експлуатації та потребують адаптації до нових викликів, таких як зростання інтенсивності використання транспортних засобів, мінливість умов довкілля та підвищені вимоги до безпеки [2]. Ці фактори стимулюють необхідність впровадження новітніх цифрових стратегій управління системою технічного обслуговування.

Метою дослідження є аналіз перспектив розроблення науково обґрунтованої методики управління системою технічного обслуговування колісних транспортних засобів, що базується на цифрових стратегіях адаптивізації її параметрів до змінних експлуатаційних умов.

Об'єктом дослідження є системи технічного обслуговування наземних колісних транспортних засобів (автомобільних та залізничних).

Предметом дослідження є цифрові стратегії адаптивізації параметрів системи технічного обслуговування колісних транспортних засобів до змінних експлуатаційних умов.

Основні положення.

Перспективи розроблення науково обґрунтованої методики управління системою технічного обслуговування колісних транспортних засобів, що

базується на цифрових стратегіях адаптивізації її параметрів до змінних експлуатаційних умов зумовлені наступними аспектами:

1. Адаптивізація параметрів системи технічного обслуговування (ТО): Запропонована методика передбачає динамічне налаштування параметрів ТО на основі постійного збору даних з транспортних засобів та експлуатаційного середовища [3, 4]. Це дозволить створити адаптивні алгоритми, які враховують змінні умови експлуатації, такі як погодні умови, якість дорожнього покриття, типи вантажів та інші фактори, що впливають на стан транспортних засобів. Адаптивність полягає в автоматичному коригуванні параметрів ТО в реальному часі, що забезпечує своєчасне виявлення потреб у ремонті або обслуговуванні, попереджуючи аварійні збої.

2. Цифрові стратегії управління ТО: Використання сучасних цифрових технологій, таких як великі дані (Big Data), інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) та машинне навчання, є ключовим елементом методики. Вони дозволяють інтегрувати дані з різних джерел, включаючи бортові системи транспортних засобів, дорожню інфраструктуру та погодні сервіси, для створення комплексної моделі експлуатації [5, 6]. Це відкриває можливості для прогнозування стану обладнання та планування ТО на основі інтелектуальних аналітичних моделей, що сприятиме більш ефективному управлінню ресурсами та зниженню витрат.

3. Прогнозування і превентивне технічне обслуговування: Основним аспектом нової методики є перехід від реактивного до превентивного та прогнозованого обслуговування [7, 8]. Завдяки інтелектуальним прогнозуючим алгоритмам, що базуються на даних з експлуатації та історичних показниках технічного стану транспортних засобів, стає можливим прогнозувати ймовірність виникнення несправностей. Це дає можливість виконувати обслуговування на ранніх етапах зношування компонентів, тим самим мінімізуючи ризик відмов під час експлуатації.

4. Оптимізація витрат і підвищення ефективності ТО: Завдяки інтеграції цифрових рішень, технічне обслуговування стає більш ефективним, що призводить до зниження операційних витрат [9, 10]. Автоматизовані системи збору та аналізу даних дозволяють оперативно оцінювати технічний стан транспортних засобів та планувати ТО з максимальною ефективністю, зменшуючи простої, мінімізуючи необхідність дорогих аварійних ремонтів та підвищуючи загальну продуктивність транспортних систем.

5. Безпека і надійність експлуатації транспортних засобів: Одним з ключових аспектів методики є підвищення рівня безпеки руху. Завдяки використанню цифрових стратегій прогнозування стану технічного обладнання, знижується ймовірність аварійних ситуацій, пов'язаних із відмовами транспортних засобів під час руху [11]. Це особливо важливо для громадського транспорту та вантажоперевезень, де безпека пасажирів і вантажів є критичним фактором.

6. Інтеграція у вже існуючі системи управління: Методика передбачає можливість інтеграції з існуючими системами управління транспортними парками та підприємствами за допомогою сучасних протоколів зв'язку та стандартів обміну даними [12]. Це дозволить підприємствам не лише модернізувати свою систему ТО без значних капіталовкладень, але й зберегти взаємодію з іншими управлінськими системами, включаючи логістичні платформи та системи управління запасами.

Практична значущість. Методика дозволить вирішити важливу прикладну проблему підвищення ефективності систем технічного обслуговування наземних колісних транспортних засобів, що матиме суттєвий вплив на транспортну інфраструктуру, підвищення безпеки перевезень та економічну вигоду для операторів транспортних систем.

Висновки

Впровадження науково-обґрунтованої методики управління технічним обслуговуванням на основі цифрових стратегій адаптивізації стане важливим кроком у напрямку інноваційного розвитку транспортних систем. Це дозволить ефективно вирішувати проблеми надійності та безпеки експлуатації колісних транспортних засобів в умовах мінливого середовища.

Література

1. Головань А.І. (2024). Дослідження впливу комплексної прескриптивної системи та цифрових стратегій на ефективність системи технічного обслуговування вантажних суден. *Водний транспорт*, 1(39), 112-123. <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2024.1.39.11>
2. Головань, А. (2023). Формування оптимальних параметрів системи технічного обслуговування вантажних суден за рахунок цифрових стратегій. *Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки*, (47), 297–305. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.47.2023.300116>
3. Anderl, R. "Industrie 4.0 – Advanced Engineering of Smart Products and Smart Production," IFAC PapersOnLine, vol. 48, no. 3, pp. 581-588, 2015.
4. Lee, J., Lapira, E., Bagheri, B., & Kao, H.-A. "Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment," *Manufacturing Letters*, vol. 1, pp. 38-41, 2013.
5. Kusiak, A. "Smart manufacturing," *International Journal of Production Research*, vol. 56, no. 1-2, pp. 508-517, 2018.
6. Xu, L. D., He, W., & Li, S. "Internet of Things in Industries: A Survey," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 10, no. 4, pp. 2233-2243, 2014.
7. Heng, A., Zhang, S., Tan, A. C., & Mathew, J. "Rotating machinery prognostics: State of the art, challenges and opportunities," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 23, no. 3, pp. 724-739, 2009.

8. Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. "A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 20, no. 7, pp. 1483-1510, 2006.
9. Macchi, M., Roda, I., & Fumagalli, L. "Maintenance Management of Railway Infrastructures Based on Predictive Analytics: A Case Study," *Proceedings of the 2018 IEEE 14th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)*, pp. 1-6, 2018.
10. Grall, A., Bérenguer, C., & Dieulle, L. "A condition-based maintenance policy for stochastically deteriorating systems," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 76, no. 2, pp. 167-180, 2002.
11. Zio, E. "Reliability engineering: Old problems and new challenges," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 94, no. 2, pp. 125-141, 2009.
12. Головань А.І. (2023). Перспективні напрямки та інноваційні підходи управління системою технічного обслуговування вантажних суден. *Розвиток транспорту*, 2(17), 42-55. <https://doi.org/10.33082/td.2023.2-17.04>

УДК 656.13

АДАПТОВАНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ЇХ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Головащенко Олексій Володимирович, аспірант, кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна
e-mail: venger.a79@gmail.com, ORCID ID: 0009–0005–7729–5462

Актуальність теми роботи пов'язана з удосконаленням матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення працездатності транспортних засобів для забезпечення технічної готовності

Метою дослідження є формування підходу до моделювання забезпечення технічної готовності транспортних засобів шляхом удосконалення матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності.

Об'єктом дослідження є системна взаємодія складових частин і компонентів в процесах відновлення працездатності транспортних засобів в умовах інфраструктурного середовища транспорту.

Предметом дослідження є інформаційна модель забезпечення технічної готовності транспортних засобів шляхом удосконалення матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності.

В роботі наведені особливості формування адаптованого підходу до моделювання забезпечення технічної готовності транспортних засобів шляхом удосконалення матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності.

Питання матеріально-технічного забезпечення включають безперебійне постачання і ефективне використання матеріальних ресурсів, оптимізацію запасів матеріалів, змінних частин і устаткування на транспорті, вдосконалення методів нормування, планування, обліку, зберігання і доставки постачання до місця його використання. Для забезпечення роботи ТЗ, виконання ТО і ремонту необхідні матеріали, інвентар, змінні і запасні частини, обмінний фонд обладнання. При недостатніх запасах можливі непродуктивні простої ТЗ. Надлишкові запаси матеріалів і устаткування приводять до невиправданого стримування засобів і завищення оборотних фондів підприємств. У зв'язку з цим оптимізація запасів матеріальних ресурсів є однією з найважливіших проблем технічної експлуатації і ремонту ТЗ [1].

Вирішення науково-прикладної задачі забезпечення технічної готовності транспортних засобів, удосконаленням матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності, у змінних умовах експлуатації засобами оперативного контролю на основі інтелектуальних транспортних систем вирішено проводити на поєднанні прикладних підходів.

Перша частина підходу – це здійснення оперативного контролю забезпечення технічної готовності транспортних засобів, шляхом моніторингу, саме в частині оптимальності витрат палива і підтримання оптимальних викидів ВГ. Дослідження в частині витрати палива, екологічності і засобів інтелектуальних транспортних систем плануємо здійснювати на основі загальноприйнятої методології проведення наукових досліджень на транспорті [2-6].

Друга частина підходу – це удосконаленням матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності у змінних умовах експлуатації засобами оперативного контролю на основі інтелектуальних транспортних систем на основі здійснення оперативного контролю забезпечення технічної готовності транспортних засобів.

Для реалізації спільного підходу потрібно інтелектуально поєднати ці два підходу в одне органічне ціле. Для вирішення поставлених завдань у якості методологічної основи дослідження використовується системний підхід. Системністю за різними джерелами прийняти називати сукупність взаємопов'язаних елементів, які взаємодіють між собою для досягнення поставленої мети [1-6]. Планується на різних етапах дослідження в частині теоретичних досліджень використовувати наступні методи і положення, а саме: теорії автомобіля, теорії автомобільних двигунів, методи теоретичних досліджень динаміки автомобілів, розрахунку нормативної витрати палива, методи морфологічного аналізу, теорії множин, математичної статистики, теорії інформації, методи математичного аналізу; математичної статистики та теорії ймовірностей; теорії масового обслуговування; логістики; системного аналізу; теорії управління; імітаційного та математичного моделювання; теорії масового обслуговування та управління запасами. Експериментальні дослідження планується виконувати із застосуванням методів планування експерименту і статистичної обробки отриманих результатів, що базуються на теорії похибок та невизначеності вимірювань, дорожніх випробувань ТЗ в умовах експлуатації.

Цільовим функціоналом дослідження, а саме – процесу підвищення технічної готовності автотранспортних засобів удосконаленням матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності саме через дослідження паливної економічності ТЗ в умовах експлуатації ($Q(G_{\text{пт}})$), є поєднання об'єктивних і суб'єктивних факторів експлуатації ТЗ, що забезпечують роботоздатність ТЗ саме через мінімальну витрату палива. Об'єктивні фактори залежать від особливостей нормування витрати палива на маршруті (M_{i1}), повної маси (M_{i2}) ТЗ і умов експлуатації (M_{i3}) ТЗ зі складовими: дорожніми (M_{13}), транспортними (M_{23}), природно-кліматичними (M_{33}) і культурою праці (M_{43}). Суб'єктивні фактори залежать від технічного стану ТЗ ($T_{\text{стз}}$) і режимів управління ТЗ ($P_{\text{ду}}$). Крім цього функціонал повинен забезпечувати поєднання з іншими частинами підходу. Обов'язково повинні бути враховані заходи матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення працездатності ТЗ: в частині приймання в ТО / ремонт ($\text{Pr}(t)$) і процесів реалізації ТО / ремонту, які залежать в більшості від культури праці (M_{43}) і часу на виконання вказаних операцій (t); в частині реалізації матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення працездатності ТЗ саме через роботу складу і замовлення запчастин ($S_{\text{за}}(t)$), що є функціями від культури праці (M_{43}), часу на виконання вказаних операцій (t), і кількості запчастин (N_z) на реалізацію цього відновлення.

Запропонований функціонал можливо представити у такому вигляді:

$$\begin{cases} Q(G_{\text{пт}}) = F_t\left(\left(M_{i_1}, M_{i_2}, M_{i_3} (M_{13}, M_{23}, M_{33}, M_{43})\right); (T_{\text{стз}}, P_{\text{ду}})\right) \rightarrow \max \\ G_{\text{пт}} \rightarrow \max \\ \text{Pr}(t) = F(t, M_{43}) \rightarrow \min \\ S_{\text{за}}(t) = F(t, N_z, M_{43}) \rightarrow \min \end{cases} \quad (1)$$

Особливістю показаного функціоналу є те, що одночасно вирішується мінімаксна задача, а саме: паливна економічність ТЗ категорії N3 в умовах експлуатації ($Q(G_{\text{пт}})$) прагне досягти максимуму, при тому, що $G_{\text{пт}}$ прагне досягти мінімальних значень. При урахуванні факторів, що впливають на досягнення вказаних параметрів, можливо виділити конструкційні фактори і особливості ТЗ, його технічний стан, умови експлуатації і режими управління. Кожен з основних, впливаючих факторів має суттєві особливості у своєму складі. Заходи матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення працездатності ТЗ по-завершенні повинні також мінімізовані у часі і витраті (зберіганні) запчастин на відновлення ТЗ.

Для забезпечення в роботі методів дистанційного моніторингу потрібно виконати також аналіз особливостей моніторингу та дистанційного контролю параметрів їх технічного стану й визначення критеріїв покращення реалізації поставлених завдань щодо ТЗ у змінних умовах експлуатації засобами оперативного контролю на основі інтелектуальних транспортних систем (ITS). Провести експериментальні дослідження вантажних транспортних засобів при

здійсненні транспортування вантажів у змінних умовах експлуатації засобами ITS. Проаналізувати та узагальнити отримані результати дистанційного моніторингу в частині забезпечення оптимального технічного стану і паливної економічності вантажних транспортних засобів в умовах експлуатації засобами ITS. Провести дослідження в частині роботи ремонтного виробництва і складу засобами імітаційного моделювання. Розробити рекомендації щодо впровадження результатів дослідження у практику експлуатації засобів транспорту в умовах діючих підприємств.

Висновки

Особливістю показаного функціоналу є те, що одночасно вирішується мінімаксна задача, а саме: паливна економічність ТЗ категорії N3 в умовах експлуатації ($Q(G_{пт})$) прагне досягти максимуму, при тому, що $G_{пт}$ прагне досягти мінімальних значень. При урахуванні факторів, що впливають на досягнення вказаних параметрів, можливо виділити конструкційні фактори і особливості ТЗ, його технічний стан, умови експлуатації і режими управління. Кожен з основних, впливаючих факторів має суттєві особливості у своєму складі. Заходи матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення працездатності ТЗ по-завершенні повинні також мінімізовані у часі і витраті (зберіганні) запчастин на відновлення ТЗ.

Література

1. Gritsuk, I.V., Volkov, V., Mateichyk, V., Grytsuk, Y., Nikitchenko, Y., Klets, D., Smieszek, M., Volkov, Y., Symonenko, R., Grytsuk, A., 2018. Information model of V2I system of the vehicle technical condition remote monitoring and control in Operation Conditions. *SAE Technical Paper Series*. doi:10.4271/2018-01-0024
2. Govorushchenko, N.Y., System engineering of motor transport (calculation methods of research): monograph, Kharkov: KhNAHU, 2011, 292.
3. Troitskiy-Markov T.Y. and Sennovskiy, D.V., Principles for energy efficiency monitoring system, *Monitoring Science and safety*, 2011, № 4, 34-39.
4. Almobarek, M., Mendibil, K., Alrashdan, A., 2022. Predictive maintenance 4.0 for chilled water system at commercial buildings: A systematic literature review. *Buildings* 12, 1229. doi:10.3390/buildings12081229
5. Kuric, I., Gorobchenko, O., Litikova, O., Gritsuk, I., Mateichyk, V., Bulgakov, M., Klackova, I., 2020. Research of vehicle control informative functioning capacity. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 776, 012036. doi:10.1088/1757-899x/776/1/012036

АДАПТАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СТАНУ ДИЗЕЛЬ-ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ У КРИТИЧНОМУ ОБ'ЄКТІ ІНФРАСТРУКТУРИ ТРАНСПОРТУ

Грицук Ігор Валерійович, докт. техн. наук, професор, кафедра суднових технічних систем і комплексів, Херсонська державна морська академія,
e-mail: gritsuk_iv@ukr.net, ORCID ID: 0000-0001-7065-6820

Горобченко Олександр Миколайович, докт. техн. наук, професор, кафедра електромеханіки та рухомого складу залізниць, Державний університет інфраструктури та технологій,
e-mail: gorobchenko.a.n@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9868-3852

Мацюк Вячеслав Іванович, докт. техн. наук, професор, кафедра транспортних технологій і засобів у АПК, Національний університет біоресурсів і природокористування України,
e-mail: vimatsiuk@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-2355-2564

Дудник Юрій Павлович, канд. пед. наук, доцент, кафедра менеджменту, публічного управління та адміністрування, Державний університет інфраструктури та технологій,
e-mail: yu.dudnyk@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-0701-3835

Актуальність теми роботи пов'язана з комплексним підвищенням безпеки, ефективності експлуатації та управління критичними об'єктами транспорту в умовах повоєнного розвитку України

Метою дослідження є формування інформаційної моделі моніторингу та прогнозування параметрів стану дизель-електростанції для застосування у критичному об'єкті інфраструктури транспорту.

Об'єктом дослідження є системна взаємодія складових частин і компонентів в процесах моніторингу у критичному об'єкті інфраструктури транспорту.

Предметом дослідження є інформаційна модель моніторингу, управління та прогнозування параметрів технічного стану дизель-електростанції.

В роботі наведені особливості формування інформаційної моделі моніторингу та прогнозування параметрів стану дизель-електростанції для застосування у критичному об'єкті інфраструктури транспорту.

Постійний розвиток науки і техніки, використання сучасних інформаційних технологій, автоматизація процесів експлуатації та управління об'єктами залізничного транспорту вимагають суттєвого вдосконалення організаційних, технологічних і технічних заходів, що забезпечують їх підтримку в робочому стані в життєвому циклі [1-3]. Актуальність дослідження визначається тим, що моніторинг та управління складними системами, пов'язаними з використанням різноманітного обладнання, яке базується на різноманітних фізичних основах, обробці та прогнозуванні параметрів технічного стану окремих елементів систем і обладнання, ураховуючи фізичний стан операторів, є складною

технічною задачею і доцільно у застосуванні автоматизованих систем управління, особливо критичного призначення [4, 5].

Розробка інформаційної моделі моніторингу, управління та прогнозування параметрів технічного стану була показана для дизель-електростанції (ДЕ), як типового елемента критичного об'єкту інфраструктури залізничного транспорту. У передбачуваному рішенні розглядається застосування контролерів, який відстежує та прогнозують контрольовані параметри ДЕ як у вигляді бортового варіанту, так і у вигляді програмного інформаційного модуля стаціонарного обладнання. У зв'язку з цим модель предметної області ДЕ була представлена:

$$M_{np.o.} = \langle F, H, P, O, V_{ex}, V_{vix}, R \rangle,$$

де: $F = \{f_i / i=1, I\}$ - автоматизовані функції, що виконуються системою моніторингу та прогнозування параметрів ДЕ, $H = \{h_j / j=1, J\}$ - завдання обробки даних, необхідне системі для моніторингу та прогнозування параметрів ДЕ, $P = \{p_k / k=1, k\}$ - сукупність систем, що характеризує кількість, особливості та склад співробітників, які працюють із системою моніторингу та прогнозування параметрів ДЕ, $O = \{o_m / m=1, M\}$ - об'єкти автоматики ДЕ, які можуть бути представлені як незалежні частини в частині двигуна, генератора та складальної частини, $V = \{v_l / l=1, L\}$ - інформаційні елементи ДЕ (вхідні та вихідні параметри самої системи), а $R = \{r_y / y=1, Y\}$ - множини відносин (взаємозв'язків) між компонентами ДЕ.

При формуванні системи моніторингу і з метою забезпечення аналітичного опису семантики системи компоненти описувались за допомогою булевих матриць суміжності, що характеризують відповідні відносини R між компонентами і складовими предметної області. Види відносин між розглянутими множинами показані в складових функціях через $\{F, H, P, O, V^{in}, V^{out}, R\}$: $FH = \|fh_{ij}\|$, $FP = \|fp_{ik}\|$, $FO = \|fo_{im}\|$, $FV = \|fv_{il}\|$, $HP = \|hp_{jk}\|$, $HO = \|ho_{jm}\|$, $HV = \|hv_{il}\|$, $OV = \|ov_{ml}\|$. Це дозволяє проводити аналіз та формувати множинну модель предметної області ДЕА. Ця модель виявляє повноту і несуперечність компонентів по відношенню до всіх множин предметної області, а також відносини між ними.

Графи інформаційних структур для моделі системи моніторингу та прогнозування контрольованих параметрів ДЕ вимагали побудови набору структурних елементів та компонентів на основі моделі її предметної області, створення матриці семантичної суміжності на основі набору структурних елементів та побудова орієнтованого графа її інформаційної структури та матриці семантичних досягнень та групових елементів її структурної множини, упорядкування груп структурних елементів за рівнями власної ієрархії, вибір та реалізація множини релевантних ключів та атрибутів у групах даних її системи моніторингу, а також побудова канонічної моделі бази даних системи моніторингу ДЕ. Основними структурними елементами моделі системи контролю та прогнозування параметрів ДЕ на базі дизеля стаціонарної дезель-електростанції критичного об'єкту інфраструктури є елементи зазначених

наборів: $D = \{d_l \mid l = 1, 66\}$, $P(D) = 66$.

Множини старшинства та досяжності розраховувалися для кожного структурного елемента. Загальний інформаційний елемент всіх інформаційних груп - це елемент d_{56} («Час збирання системної інформації»). Цей елемент також є ключовим через смислову залежність отриманих даних при зборі інформації. Отже, набір ключів $W_1 = \{d_{56}\}$, набір атрибутів $W_2 = \{d_i \mid i = 1, \dots, 55\}$.

Для реалізації прогностичних алгоритмів оцінки параметрів дизель-електричного агрегату розроблено набір відповідних алгоритмів однопараметричного та групового багатопараметричного прогнозування. Процес прогнозування був виконаний як операторне перетворення (P) вихідної (отриманої) інформації про об'єкт дослідження у вигляді її відображення на майбутнє, яке обмежене глибиною прогнозу $P: \{D_i, T\} \rightarrow I$, де P - оператор прогнозування; D_i - інформація про початковий стан об'єкта (у нашому випадку це тимчасовий ряд); T - горизонт прогнозу; I - результат прогнозу. Середня абсолютна помилка у відсотках використовувалася у роботі для оцінки точності моделей прогнозування.

При моделюванні параметрів дизель-електричного агрегату були використані принципи, які орієнтовані на конкретні завдання обробки, аналізу даних та функціональні потреби та особливості роботи обслуговуючого персоналу.

Робота виконана за підтримки Національного фонду досліджень України в рамках розробки проекту 2022.01/0224 за темою «Розробка наукових основ комплексного підвищення безпеки, ефективності експлуатації та управління критичними об'єктами залізничного транспорту в умовах повоєнного розвитку України».

Висновки

При моделюванні параметрів дизель-електричного агрегату були використані принципи, які орієнтовані на конкретні завдання обробки, аналізу даних та функціональні потреби та особливості роботи обслуговуючого персоналу.

Література

1. Gritsuk, I.V., Volkov, V., Mateichyk, V., Grytsuk, Y., Nikitchenko, Y., Klets, D., Smieszek, M., Volkov, Y., Symonenko, R., Grytsuk, A., 2018. Information model of V2I system of the vehicle technical condition remote monitoring and control in Operation Conditions. *SAE Technical Paper Series*. doi:10.4271/2018-01-0024
2. Govorushchenko, N.Y., System engineering of motor transport (calculation methods of research): monograph, Kharkov: KhNAHU, 2011, 292.
3. Troitskiy-Markov T.Y. and Sennovskiy, D.V., Principles for energy efficiency monitoring system, *Monitoring Science and safety*, 2011, № 4, 34-39.
4. Almobarek, M., Mendibil, K., Alrashdan, A., 2022. Predictive maintenance 4.0 for chilled water system at commercial buildings: A systematic literature review. *Buildings* 12, 1229. doi:10.3390/buildings12081229
5. Kuric, I., Gorobchenko, O., Litikova, O., Gritsuk, I., Mateichyk, V., Bulgakov, M., Klackova, I., 2020. Research of vehicle control informative functioning capacity. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 776, 012036. doi:10.1088/1757-899x/776/1/012036

ОСОБЛИВОСТІ ЗАГАЛЬНОГО ПІДХОДУ ДО СИСТЕМАТИЗАЦІЇ СХЕМ АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Навроцький Андрій Вікторович, аспірант, кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний транспортний університет,
e-mail: andrewnav888@gmail.com, ORCID ID: 0009-0009-0188-4630

Актуальність теми роботи пов'язана із забезпеченням ефективної експлуатації транспортного засобу (ТЗ) в умовах навколишнього середовища на основі системного отримання інформації про технічний стан його вузлів і агрегатів.

Метою дослідження є систематизація схем апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу експлуатації ТЗ за допомогою морфологічної матриці.

Об'єктом дослідження є системна взаємодія складових частин і компонентів апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу експлуатації ТЗ в умовах інфраструктурного середовища транспорту.

Предметом дослідження є систематизація схем апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу експлуатації ТЗ за допомогою морфологічної матриці.

В роботі наведені особливості загального підходу до систематизації схем апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу експлуатації транспортного засобу.

За допомогою методу морфологічного аналізу, що дозволяє досліджувати структуру об'єктів і систем [1-6], було виконано структурний аналіз та синтез можливих схем апаратного забезпечення інформаційної системи моніторингу (ИСМ) ТЗ у взаємодії з інфраструктурним середовищем (технічна система «Транспортний Засіб - Інфраструктура»). Дослідження проводилось за видами апаратних засобів, використовуваних для отримання інформації як про ТЗ, так і про інфраструктурне середовище, саме на різних етапах виконання властивих їм функцій в умовах експлуатації. Причому для зручності аналізу і синтезу ІСМ експлуатації ТЗ в заданих умовах інфраструктурного середовища доцільно розглядати засоби отримання інформації про стан операторів, ТЗ і об'єктів перевезень (вантаж чи пасажери) як окремі функціональні елементи ІСМ.

Особливість наведених результатів дослідження полягає в тому, що в досліджуваній ІСМ технічної системи „Транспортний Засіб - Інфраструктура” виділено 5 функціональних елементів як множини спеціалізованих апаратних засобів, які забезпечують отримання, передачу, аналіз та використання отриманої інформації з метою підвищення ефективності експлуатації ТЗ у визначених умовах інфраструктурного середовища. Для кожного з функціональних елементів ІСМ виділено основні морфологічні ознаки, які характеризують вид інформації, способи її отримання, обробки, передачі, аналізу та використання для вирішення визначених завдань експлуатації ТЗ. За

кжною з морфологічних ознак складений максимально повний перелік різних конкретних варіантів технічного забезпечення реалізації виділених морфологічних ознак, поєднання яких і визначає структуру і функціональні можливості сформованої ІСМ для вирішення поставлених задач і досягнення основної мети функціонування ІСМ у визначених умовах експлуатації.

Морфологічні елементи (ознаки, варіанти) апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ розташовані у вигляді морфологічної матриці. Для коректного виконання морфологічного аналізу були точно сформульовані цілі функціонування технічної системи „Транспортний Засіб - Інфраструктура”. Для ТЗ в умовах експлуатації такими цілями є сформований підхід для гарантування отримання повноцінної інформації про транспортний засіб в інфраструктурному середовищі в залежності від конфігурації і технічних можливостей апаратного забезпечення ІСМ і особливостей інфраструктурного середовища. Крім особливостей апаратного забезпечення інформаційних систем моніторингу ІСМ експлуатації ТЗ цілі реалізуються за поєднанням рівня використання вказаного обладнання для отримання інформації споживачем, в тому числі і за значеннями комбінованих (інтегрованих) показників.

Для кожного з функціональних елементів системи, саме для адаптації за особливими властивостями, характерні морфологічні ознаки, від яких залежить досягнення поставленої мети показані в табл. 1 [7]. Представлення системи і варіацію схем апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ в системних об’єктах дозволяє виділити їх основні функціональні елементи на різних рівнях системної взаємодії в частині засобів отримання і передачі інформації: для операторів функціонування системи (водій ТЗ, оператор системи моніторингу тощо); для отримання інформації про технічний стан ТЗ; для моніторингу стану об’єктів перевезення на ТЗ; для отримання інформації про параметри інфраструктурного середовища; для отримання інформації про засоби аналізу і використання інформації споживачем.

Для формування морфологічних формул досліджуваних варіантів (позначення відповідно x_{11} (перший варіант першої морфологічної ознаки), x_{21} , x_{31} тощо) включаємо окремі схеми усіх ознак відповідно до досліджуваного варіанту із властивими їм характеристиками і особливостями. Сформовані морфологічні матриці містять певну кількість можливих варіантів на подальших етапах розвитку ІСМ. Такий підхід дозволяє системно аналізувати різні структури ІСМ, що впливають із можливого поєднання різних варіантів реалізації окремих морфологічних ознак усіх функціональних елементів.

Так, схема структури апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ при моніторингу оператора (водія) і самого ТЗ сканером-комунікатором через CAN-шину включає такі сполучення визначених ознак:

$$\left[\begin{array}{l} (x_{14}; x_{23}; x_{32}) + (x_{41}; x_{51}; x_{61}; x_{72}; x_{82}) + \\ + (x_{91}; x_{10\ 1}; x_{111}; x_{12\ 1}) + (x_{13\ 2}; x_{14\ 3}; x_{15\ 4}; x_{16\ 3}) \\ + (x_{17\ 2}; x_{18\ 2}; x_{19\ 3}; x_{20\ 2}) \end{array} \right] \quad (1)$$

тобто це система моніторингу, в основу якої покладений збір спеціальної інформації про операторів (водія, тощо) (x_{14}), що отримується за допомогою спеціального обладнання в інфраструктурному середовищі (x_{23}) і передається споживачу інформацію при застосуванні зовнішніх мереж (x_{32}); яка працює на основі статистичної інформації (x_{42}), як різновиду сформованої / отриманої інформації про технічний стан ТЗ, що отримується від штатних датчиків і систем (x_{51}) і передається у вигляді статистичної інформації (x_{61}), яка обробляється на зовнішньому носії в інфраструктурному середовищі (x_{72}) і передається із застосуванням зовнішніх мереж комунікацій (x_{82}); у якій відсутня інформація про стан об'єктів перевезення на ТЗ (x_{91}), як різновид інформації про стан об'єктів перевезення на ТЗ, яка не передається (x_{101}) і не отримується ззовні ТЗ (x_{111}) та не передається за межі ТЗ (x_{121}); у якій інформація про параметри інфраструктурного середовища отримується на основі інформації саме про параметри інфраструктурного середовища (x_{132}), яка передається від інфраструктури (x_{143}) за допомогою спеціального обладнання в інфраструктурному середовищі (x_{154}) та передається із застосуванням зовнішніх мереж комунікацій (x_{163}); інформація про параметри інфраструктурного середовища (x_{132}), яка передається від інфраструктури (x_{143}) за допомогою спеціального обладнання в інфраструктурному середовищі (x_{154}), що передається із застосуванням зовнішніх мереж комунікацій (x_{163}); що базується на основі використання засобів аналізу і інформації споживачем і зберігається на зовнішньому носії в інфраструктурному середовищі (x_{172}) на протязі тривалого часу (x_{182}), при чому рівень обробки інформації для формування відповідної бази - структурована і неструктурована інформація, адаптована до використання комп'ютерними системами (x_{193}), що використовується для контролю в цілому та(або) за окремими параметрами ТЗ (x_{202}).

Для здійснення аналізу і використання інформації споживачем крім показаного варіанту в частині способу зберігання інформації можуть використовуватись варіанти зберігання на транспортному засобі (x_{171}) або в хмарному середовищі з використанням відповідних технологій (x_{173}), або можуть застосовуватись комбіновані варіанти (x_{174}) зберігання інформації. При цьому рівень обробки інформації для формування відповідної бази може бути неструктурований (x_{191}) або структурований (x_{192}), або систематизований (x_{194}) за допомогою відповідного програмного забезпечення. Рівень використання інформації в системі моніторингу передбачений також у варіанті до відома (x_{201}) або для реалізації задач діагностування (x_{203}), або для планування ТО і Р (x_{204}), визначення показників експлуатаційної ефективності (x_{205}), для виконання прогнозування параметрів стану (x_{206}) або ж формування комбінованих (інтегрованих) показників ТЗ (x_{207}).

Сформований підхід до формування структури апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ дозволяє системно досліджувати можливості використання різних методів і засобів моніторингу для функціонування системи „Транспортний Засіб - Інфраструктура” Можливі варіанти складових системи витікають із закономірностей (морфології) будови розробленої матриці (табл.1). Підхід до формування морфологічної матриці дозволяє враховувати крім вже

відомих для використання варіантів ще й нетрадиційні варіанти, які при звичайному переборі могли залишитись не поміченими. Завдяки цьому підходу унеможливорюється варіант пропуску якихось поєднань складових. Крім цього не втрачається можливість розглядати перспективні технологічні рішення, які поки ще знаходяться на стадіях функціональної розробки автовиробниками (наприклад, поєднання варіантів x_{51} і x_{71} або x_{207}), або тих варіантів, що на сьогодні здаються взагалі несумісними в дослідженні процесів моніторингу експлуатації ТЗ.

Виходячи із поставлених задач дослідження в представленому матеріалі показаний процес дослідження можливих схем структури апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ з різною компоновкою, складена морфологічна формула. Отриману схему структури апаратного забезпечення ІСМ експлуатації ТЗ з варіантами компоновки складових можливо розглядати як дієвий спосіб забезпечення моніторингу ТЗ в умовах експлуатації, які на сьогодні складають основу діючого парку легкових і вантажних ТЗ.

Висновки

Дистанційний контроль експлуатації ТЗ може бути раціонально сформований на основі систематизації схем апаратного забезпечення ІСМ. Виконано структурний аналіз та синтез можливих схем апаратного забезпечення ІСМ ТЗ у взаємодії з інфраструктурним середовищем на основі технічної системи «Транспортний засіб - Інфраструктура».

Література

1. Інтелектуальні системи моніторингу транспорту: монографія / В. П. Волков та ін. Харків : Вид-во НТМТ, 2015. 246 с.
2. The complex application of monitoring and express diagnosing for searching failures on common rail system units / I. Gritsuk et al. SAE Technical Paper. 2018-01-1773. 2018. DOI: <https://doi.org/10.4271/2018-01-1773>.
3. Information security risk management of vehicles / D. Klets et al. SAE Technical Paper. 2018-01-0015. 2018. DOI: <https://doi.org/10.4271/2018-01-0015>.
4. Матейчик В. П. Системний підхід до аналізу структурних схем енергоустановок транспортних засобів. Вісник НТУ «ХПІ». 2002. № 7. Т. 2. С. 162-167.
5. Методи системного аналізу властивостей автомобільної техніки: навч. посіб. / Дмитриченко М. Ф., Матейчик В. П., Грищук О. К., Цюман М. П. Київ : НТУ, 2014. 168 с.
6. Катренко А. В. Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації: Навчальний посібник. Львів : «Новий світ – 2000», 2003. 424 с.
7. Матейчик В.П., Навроцький А.В. 2024. Систематизація схем апаратного забезпечення систем моніторингу експлуатації транспортних засобів. *Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки*. 48 (Чер 2024), 184–192. DOI:<https://doi.org/10.31498/2225-6733.48.2024.310711>.

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ «ВОДІЙ-АВТОМОБІЛЬ-ДОРОГА-СЕРЕДОВИЩЕ» МЕТОДАМИ CREAM і FRAM

Сакно Ольга Петрівна, канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, к.т.н., доцент, НТУ "Дніпровська політехніка"
e-mail: sakno-olga@ukr.net, ORCID: 0000-0003-4672-6651

Суханов Артем Сергійович, студент групи 274-23-2,
НТУ "Дніпровська політехніка", м. Дніпро
e-mail: sukhانov.a.s@nmu.one

Старік Владислав Сергійович, студент групи 274-24ск-2,
НТУ "Дніпровська політехніка", м. Дніпро,
e-mail: starik.vl.s@nmu.one

Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM) - метод аналізу когнітивної надійності та помилок («пізнання людини»). Людська праця може характеризуватися масштабом, що переходить від «виконання» до «мислення». Деякі завдання, такі як ручні навички та дотримання процедури, вимагають багато «робити» та мало «думати», а інші, такі як діагностика, планування та вирішення проблем, потребують багато «мислення» та мало «виконання». Розвиток сучасних технологій змінив характер роботи людини від переважно ручних навичок до функціонування в основному знань (зазвичай їх називають когнітивними завданнями). У сучасних промислових умовах кількість «мислення» збільшується, а кількість «діючих» зменшується. Такий стан справ має наслідки як для проектування системи, так і для аналізу надійності. Наприклад, у дизайні системи звичайні ергономічні аспекти повинні бути замінені когнітивною ергономікою.

Аналогічно, при оцінці ризиків та аналізі надійності аналіз людської надійності першого покоління (Human Reliability Analysis - HRA) повинен бути замінений аналізом когнітивної (від лат. *cognitio* — пізнання, вивчення) надійності другого покоління, що залежить від контексту.

CREAM (метод когнітивної надійності та аналізу помилок) - це спеціальна пропозиція щодо HRA другого покоління. CREAM дозволить аналітику досягти наступного:

1. Визначити ті частини роботи як завдання і дії, які вимагають або залежать від пізнання людини, і тому можуть впливати зміни в когнітивній надійності.
2. Визначити умови, за яких надійність пізнання може бути знижена, і, отже, ці завдання і дії можуть становити джерело ризику.
3. Забезпечити оцінку наслідків людської діяльності для безпеки системи, яка може бути використана в PRA/PSA.
4. Розробка та уточнення модифікацій, що покращують ці умови, отже служать для підвищення надійності пізнання та зниження ризику.

Етапи 1-3 є основою CREAM. Крок 4 служить для забезпечення того, щоб під час аналізу було зроблено належні висновки та правильно вказано необхідні

зміни в системі [1].

CREAM можна використовувати декількома різними способами:

- як самостійний метод аналізу, як для ретроспективного, так і для перспективного аналізу, використовуючи послідовну таксономію для режимів помилок та причин помилок.

- як частина більш широкого методу проектування складних інтерактивних систем

- як HRA в контексті інтегрованого аналізу безпеки (Integrated Safety Analysis - ISA) або ймовірнісного аналізу безпеки (Probabilistic Safety Analysis - PSA).

Functional Resonance Analysis Method (FRAM) - метод аналізу функціонального резонансу [2] підтримує процес системного аналізу, що спрямований на виявлення взаємозалежностей та системних поведінок, що потенційно є важливими для інструмента, який зосереджується на взаємозалежності процесу та їх динаміці. Метод FRAM – це метод моделювання складних організаційно-технічних систем триманий з теорії стійкої забезпечення здоров'я [3], яка стосується того, як досягти успіху роботи технічної системи за допомогою адаптації її у складних умовах [4]. Останні документи показали використання FRAM для розуміння імплементації керівних принципів та для керування зусиллями з управління безпекою. FRAM передбачає виявлення функцій (технологічної, людської і організаційної діяльності) у повсякденній роботі функціонування технічної системи.

Висновки

Метод аналізу когнітивної надійності та помилок («пізнання людини») дозволяє аналізувати безпеку руху автомобіля. Виявляти причини виникнення несправностей. Метод аналізу функціонального резонансу дозволяє виявити взаємозалежності та системну поведінку технічної системи в процесі експлуатації.

Література

1. Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM). – Режим доступу:

[https://www.skybrary.aero/index.php/Cognitive_Reliability_and_Error_Analysis_Method_\(CREAM\)](https://www.skybrary.aero/index.php/Cognitive_Reliability_and_Error_Analysis_Method_(CREAM)) - Назва з екрану

2. Сакно О.П. Моделювання системи технології технічний впливів на автомобіль / Сакно О.П., Колеснікова Т.М., Олло В.П. - Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпро: ПДАБА, 2019. – Вип. 1 (249-250). – С. 102-109.

3. Geels Frank W. Multi-Level Perspective on System Innovation: Relevance for Industrial Transformation. In book: Understanding Industrial Transformation. 2006. pp. 163-186. DOI: 10.1007/1-4020-4418-6_9.

4. Попенко Н. Оцінка функціонування технічних систем автомобілів в соціотехнічній системі різними методами. Магістерська робота, 2020.

КОМБІНОВАНИЙ СПОСІБ МОДИФІКАЦІЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ БОРУВАННЯ І ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ

Чернета Олег Георгійович, канд. техн. наук, доцент кафедра автомобілів та транспортно-логістичних систем, Дніпровський державний технічний університет, e-mail: OCherneta@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3871-6923

Очеретяний Микола Анатолійович, аспірант, Дніпровський державний технічний університет, e-mail: Kolo4eret@gmail.com

Скороход Максим Вікторович, аспірант, Дніпровський державний технічний університет, ORCID: 0000-0008-4801-8177, maksymskrhd@gmail.com

Бондюк Денис Миколайович, аспірант, Дніпровський державний технічний університет, e-mail: dbondyuk@gmail.com

Суслов Іван Вікторович, аспірант, Дніпровський державний технічний університет, ORCID: 0009-0008-1759-8930, e-mail: Malina280081991 @gmail.com

Актуальність дослідження пов'язана з технологіями відновлення та ремонту газорозподільного механізму двигунів внутрішнього згорання. Ці технології застосовані на сучасних методах зміцнення поверхневого шару деталей ГРМ двигунів внутрішнього згорання.

Метою дослідження є визначення оптимальних способів зміцнення робочих поверхонь пар тертя деталей двигуна.

Об'єктом дослідження є зміцнені поверхні.

Експериментально доведено, що при обробці боридних шарів електронним пучком у вакуумі здійснюється зміна морфології боридів. Крім того, боридні шари стають гетерогенними – мають тверді і м'які структурні складові, що призводить до зниження крихкості борованого шару. Гетерогенність борованого шару забезпечується завдяки наявності суттєвого признаку винаходу, а саме наступною обробкою електронним пучком у вакуумі за наданими режимами борованого шару, що сформований трьохфазним боруванням. Недоліком даного способу є неконтрольований процес структуроутворення і неможливість забезпечити однорідний поверхневий шар з наданими фізико-механічними характеристиками.

Відмінністю дослідного комбінованого способу обробки є режими, складові боровміщуючих компонентів і речовин, обладнання, способи і послідовність проведення обробки зміцнення [1, 2].

В основу технології поставлена задача вдосконалення комбінованого способу модифікації поверхні деталі шляхом об'єднання двох послідовних операцій – насичення поверхневого шару бором в печі з утворенням надміцних фаз FeB, Fe₂B з мікротвердістю H_{μ50}=16000 МПа на сталі 45 на глибині 25 мкм. Недоліком надтвердої структури є її крихкість і схильність до тріщино утворення. Для усунення цих вад запропоновано другий цикл обробки з використанням лазера попередньо борованих поверхней деталі. Голчаста

мікроструктура поверхневого борованого шару під дією лазерного опромінювання руйнується. Кристалічні голки мікроструктури подрібнюються і виникають нові структури гарту в поверхневих шарах типу карбоборидів $\text{Fe}(\text{CB})$, $\text{Fe}_2(\text{CB})$. Знижуються на 20% над високі напруження кристалічної решітки і мікротвердість $H_{\mu 50}=14000$ МПа в поверхневому шару.

Режими лазерної обробки розроблений з наступними параметрами при: енергія накопичення $E=28$ кДж, $\varnothing=8$ мм – діаметром лазерного пучка з коефіцієнтом перекриття зон обробки 15%, з тривалістю імпульсу $1 \cdot 10^{-3}$ - $2 \cdot 10^{-3}$ с і з відстанню до мішені 70 мм. У запропонованому комбінованому способі при боруванні в печі відбувається насичення поверхневого шару бором на глибину 25 мкм. Наступний етап при модифікації поверхні – це обробка імпульсним лазером однорідної насиченої бором поверхні з зберіганням геометричних параметрів [3].

Реалізація комбінованого способу за прототипом призводить до часткової перекристалізації мікроструктур борованого шару. Надтвердий голкоподібний борований шар після лазерної обробки перетворюється на більш менші утворення, а накопичення боридів FeB , Fe_2B трансформуються у карбобориди типу $\text{Fe}(\text{CB})$, $\text{Fe}_2(\text{CB})$ із зменшенням твердості поверхневого шару на 15-20%. При цьому пропорційно підвищується пластичність матеріалу, що позитивно впливає на загальні характеристики міцності і зносостійкості. Коливання величин накопичення енергій менше ніж $E=28$ кДж призводить до неповної перекристалізації структур поверхневого шару, наявності зон без впливу лазерного випромінювання. При використанні енергій більше $E=28$ кДж призводить до неконтрольованого оплавлення локальних зон, порушенню і руйнацію мікрогеометрії поверхневого шару, виникнення кратерів і інших дефектів поверхневого шару. При коливанні коефіцієнту перекриття менш ніж 10% окремі локальні зони не попадають під зону лазерного впливу, а більш ніж 30% до порушенню балансу складових компонентів і борованому шарі і неконтрольованих процесів гарту і подвійного гартування.

На рис.1 надана принципова схема здійснення запропонованого комбінованого способу зміцнення поверхневого шару. Розподільний вал 1 двигуна внутрішнього згорання розміщують в камері печі 2 для борування.

Електричний нагрівальний прилад 3 забезпечує підтримку температури в печі $T=850^{\circ}$ з витримкою 7 годин в середовищі бороваміслючих речовин. Другий етап процесу зміцнення пов'язаний з лазерною обробкою (твердотільний імпульсний лазер 3 ГОС- 1001) борованого шару за наданими режимами при енергії накопичення $E=28$ кДж, $\varnothing=8$ мм – діаметром лазерного пучка з коефіцієнтом перекриття зон обробки 15%, з тривалістю імпульсу $1 \cdot 10^{-3}$ - $2 \cdot 10^{-3}$ с і з відстанню до мішені 70 мм. Після закінчення комбінованого способу зміцнення поверхня деталі очищується від продуктів нагару та окислення. В результаті борування і лазерної обробки 4 на поверхні формується зносостійкий шар товщиною 25 мкм з боридами FeB , Fe_2B і карбоборидами $\text{Fe}(\text{CB})$, $\text{Fe}_2(\text{CB})$ (рис.2а,б.) [3].

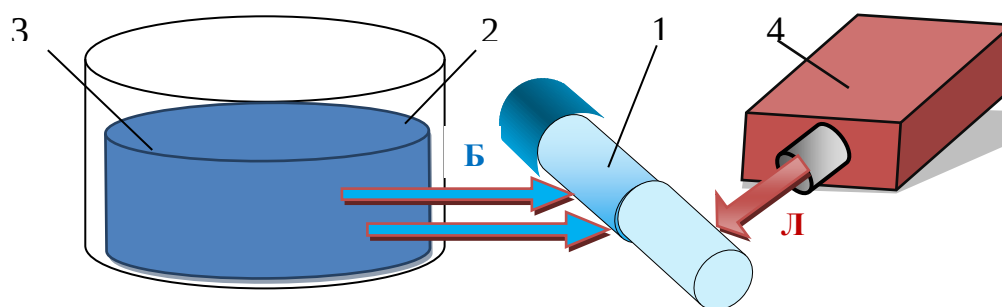


Рис.1 Схема комбінованого способу зміцнення – борування + ЛО

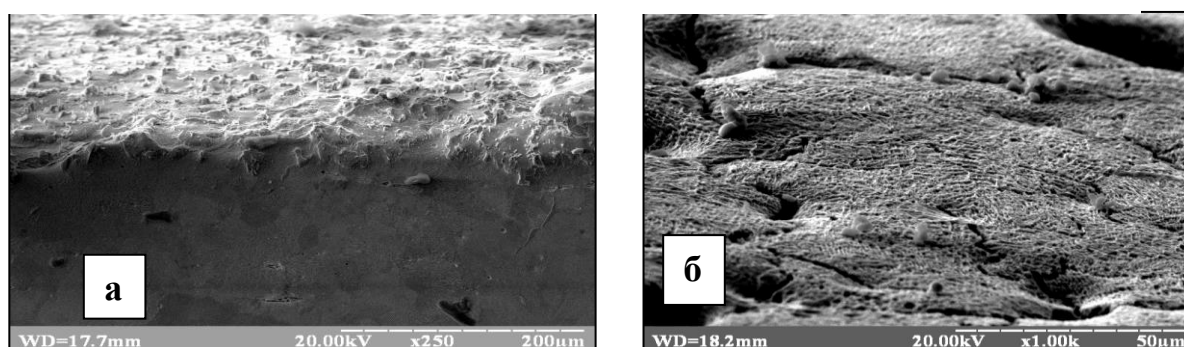


Рис.2 Мікроструктури поверхні із сталі 45 а- борованого шару ; б - борованого шару з лазерною обробкою поверхні імпульсним лазером ГОС-1001

Висновки

Запропонований комбінований спосіб зміцнення на основі борування з наступною лазерною обробкою, дозволяє одержати більш технологічні надміцні структури з широким спектром фізико-механічних характеристик.

Література

1. Чернета О. Г. Зміцнення деталей автомобільного транспорту комбінованою лазерною обробкою : монографія. – Кам'янське : ДДТУ, 2024. –147 с.
2. Чернета О.Г. Ефективні матеріали і покриття при виготовленні і відновленні деталей автомобілів. О.Г. Чернета, О.М. Коробочка. Навчальний посібник– Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2008 – 143с.
3. Спосіб комбінованої модифікації поверхні деталі. Патент України на корисну модель №151554, 10.08.2022р., Бюл. № 32. Чернета О.Г., Авер'янов В. С., Сасов О.О., Серeda Б.П., Лисенко О.Б.

СУЧАСНІ МЕТОДИ УДОСКОНАЛЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ФОРСОВАНИХ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Афонін Валентин Миколайович, генеральний директор,

Приватна фірма «ПРОМЕНЕРГО»,

e-mail: prn187@ukr.net, ORCID: 0009-0006-5695-4796

Воробйов Дмитро Володимирович, аспірант,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

e-mail: vorobiovdmityro@ua.fm, ORCID: 0009-0003-4383-2923

Підвищення вимог до техніко-економічних показників та ресурсу сучасних форсованих дизельних двигунів потребує пошуку шляхів та підходів по вдосконаленню їх конструкції та систем, зокрема – систем повітропостачання та паливоподачі [1-2].

Збільшення коефіцієнту наповнення циліндра, шляхом удосконалення фаз газорозподілу, використання хвильових явищ у впускному колекторі та використання і удосконалення турбонаддуву – є пріоритетним напрямком по доведенню сучасних форсованих дизелів [3-5].

Використання двофазного та багатофазного упорскування палива, оптимізація конфігурації камери згоряння та конструкції розпилювача паливної форсунки, використання систем рециркуляції відпрацьованих газів (EGR) і підвищення тиску упорскування палива – є ефективним підходом до поліпшення показників форсованих дизелів, зокрема – для зменшення швидкості зростання тиску при згорянні, поліпшення екологічних показників та збільшення моторесурсу двигуна [5-6].

На сьогодні, існує декілька шляхів по поліпшенню умов роботи форсованих дизельних двигунів, до яких можна віднести наступні:

- використання двофазного упорскування палива;
- використання багатофазного упорскування палива;
- збільшення кута та тиску упорскування палива;
- вбір закону паливоподачі та швидкості упорскування;
- оптимізація конструкції розпилювача паливної форсунки;
- та використання системи EGR.

Більш детально, приклад реалізації стратегії багатофазного упорскування палива розглянемо нижче. Стратегія багатофазного упорскування палива, яку реалізує компанія MTU на своїх дизельних двигунах у вигляді графіків наведена на рисунку 1 [3, 4].

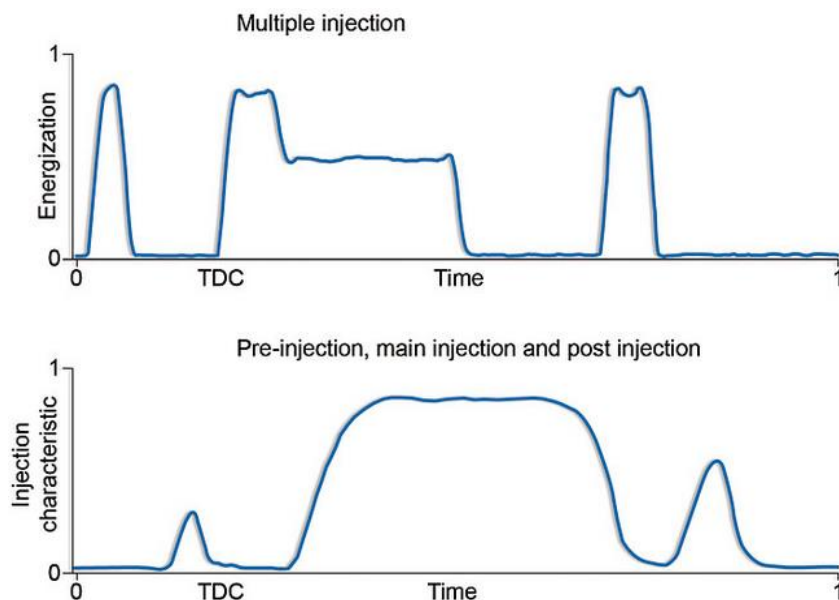


Рисунок 1 – Стратегія багатозфазного упрскування палива в дизельних двигунах фірми MTU

Швидкість упрскування визначає, коли і скільки палива упрскується в циліндр. Для зменшення викидів шкідливих речовин та зниження рівня споживання палива, стратегія розвитку системи упрскування палива для двигунів MTU розділяє послідовність упрскування палива на три окремі фази (рисунок 1). Час початку упрскування, тривалість і амплітуда визначаються відповідно до карти продуктивності двигуна.

Основна фаза упрскування подає паливо для забезпечення вихідної потужності двигуна. Фаза попереднього упрскування ініціює попереднє згоряння, щоб забезпечити контрольоване згоряння палива на фазі основного упрскування. Це зменшує викиди оксидів азоту, оскільки різке спалювання запобігає високим піковим температурам. Наступна фаза, після фази основного упрскування зменшує викиди твердих часточок. Це покращує процес змішування палива та повітря під час пізньої фази згоряння, для підвищення температури в камері згоряння, що також сприяє окисленню сажі [4].

Приклад дослідження з оптимізації конструкції розпилювача паливної форсунки наведено нижче.

Зміна конструктивних параметрів розпилювача паливної форсунки дозволяє впливати на умови упрскування палива, його розпилювання у камері згоряння та ефективність роботи двигуна [3-5].

Кількість та взаємне розташування соплових отворів розпилювача паливної форсунки, їх діаметр та спосіб їх виконання - виробники обирають виходячи з конструктивних особливостей двигуна, зокрема конфігурації камери згоряння, та умов наповнення циліндра свіжим повітрям [4, 5].

В роботі авторів [5] з використанням чисельних методів проведено порівняльне розрахункове дослідження з оцінки форми соплових отворів на умови упрскування та розпилювання та виникнення гідродинамічної кавітації.

Схема завдання граничних умов для чисельного моделювання та

зовнішній вигляд варіантів виконання соплових отворів розпилювача наведено на рисунку 2.

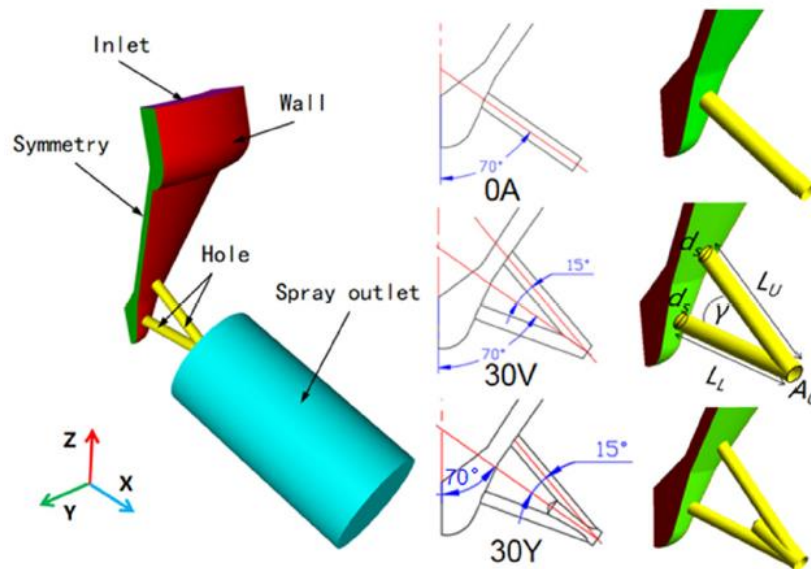


Рисунок 2 - Схема завдання граничних умов для чисельного моделювання та зовнішній вигляд варіантів виконання соплових отворів розпилювача

Висновки

- використання двофазного упорскування палива для форсованих дизельних двигунів дозволяє ефективно впливати на перебіг робочого процесу, зокрема, знижувати швидкість зростання тиску при згорянні до 50%, зменшувати максимальний тиск згоряння на 5-10%, змінювати характер кривої тепловиділення і поліпшувати екологічні показники та умови роботи двигуна (реалізується шляхом використання двох секцій паливного насоса на одну форсунку, використанням форсунок з двома пружинами та реалізацією хвильових явищ у паливній системі – тупикових каналів) при пілотній дозі палива в межах 15-25% від основної циклової подачі;

- використання багатофазного упорскування палива для форсованих дизельних двигунів також дозволяє ефективно впливати на перебіг робочого процесу (можлива кількість упорскувань досягає 9 за цикл), при цьому системи типу Common-Rail мають обмежене застосування у двигунах наземних транспортних машин, що пояснюється можливими проблемами з електронікою при впливі електромагнітних хвиль та високими вимогами до якості палива та технічного обслуговування;

- збільшення кута та тиску упорскування палива дозволяє підвищити ефективний ККД дизеля, відповідно, зменшити питому ефективну витрату палива та знизити масовий викид твердих часточок, але сприяє збільшенню максимальної температури та тиску циклу і знижує ресурс двигуна;

- вбір закону паливоподачі та швидкості упорскування дозволяє значно поліпшити експлуатаційні показники дизеля, зокрема, використання трикутного закону паливоподачі зі збільшеною швидкістю упорскування палива дозволяє при менших кутах випередження упорскування палива

(менших на 5 – 10 град. п.к.в. до ВМТ) скоротити час згоряння та підвищити ефективний ККД двигуна на 2-5%, але такий метод потребує використання систем типу Common-Rail;

- оптимізація конструкції розпилювача паливної форсунки дозволяє поліпшити умови упорскування та розпилювання палива, підвищити ресурс розпилювача, збільшити швидкість подачі палива у циліндр та сприяє поліпшенню експлуатаційних показників дизеля, зокрема, використання V та Y подібних соплових отворів дозволяє майже виключити умови для виникнення гідродинамічної кавітації у соплових отворах розпилювача та сприяє підвищенню паливної економічності на 2 - 4% за рахунок скорочення фази згоряння;

- використання системи EGR (зі ступенем рециркуляції в межах 0,1 – 0,15) дозволяє ефективно впливати на фази згоряння у дизелі, завдяки збільшеній теплоємності очищених від сажі та охолоджених відпрацьованих газів при зовнішній рециркуляції, при цьому поліпшуються екологічні показники дизеля (викиди NO_x знижуються майже на 50%, а викиди твердих часточок на 20%) і зменшується швидкість зростання тиску при згорянні (на 1-5%) при підвищенні питомої ефективної витрати палива в межах 1 - 1,5 %.

Література

1. Experimental diesel spray characterization of the medium-duty injector with single- and multi-hole nozzle configurations under non-reacting, non-vaporizing conditions / J.-W. Park et al. *Frontiers in Mechanical Engineering*. 2022. Vol. 8., <https://doi.org/10.3389/fmech.2022.931377>.
2. Prediction formula of Aerodynamic Drag Reduction in Multiple-Vehicle Platooning Based on Wake Analysis and On-Road Experiments / K. Tadakuma et al. *SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems*. 2016. Vol. 9, no. 2. P. 645–656. <https://doi.org/10.4271/2016-01-1596>
3. Battistoni M., Som S., Powell C. F. Highly resolved Eulerian simulations of fuel spray transients in single and multi-hole injectors: Nozzle flow and near-exit dynamics. *Fuel*. 2019. Vol. 251. P. 709–729. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.04.076>
4. Spray and flame characteristics of wall-impinging diesel fuel spray at different wall temperatures and ambient pressures in a constant volume combustion vessel / B. Chen et al. *Fuel*. 2019. Vol. 235. P. 416–425 <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.07.154>
5. A numerical study on the in-nozzle cavitating flow and near-field atomization of cylindrical, V-type, and Y-type intersecting hole nozzles using the LES-VOF method / Y. Deng et al. *Green Processing and Synthesis*. 2022. Vol. 11, no. 1. P. 129–142. <https://doi.org/10.1515/gps-2022-0015>
6. Effects of Multiple Injection Strategies on Heavy-Duty Diesel Energy Distributions and Emissions Under High Peak Combustion Pressures / Z. Zhang et al. *Frontiers in Energy Research*. 2022. Vol. 10. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.857077>

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗРІДЖЕНОГО НАФТОВОГО ГАЗУ У ДВИГУНАХ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Бердецький Іван Андрійович, здобувач бакалаврського рівня вищої освіти,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
e-mail: berdetskyi_ia-2022@knuba.edu.ua

Лисак Сергій Іванович, викладач, ВСП Миколаївський будівельний фаховий
коледж Київського національного університету будівництва і архітектури,
e-mail: roterdam85as@gmail.com, ORCID: [0009-0009-8695-8925](https://orcid.org/0009-0009-8695-8925)

Кривошия Дмитро Олександрович, здобувач бакалаврського рівня вищої
освіти, Київський національний університет будівництва і архітектури,
e-mail: kryvoshyia_do-2022@knuba.edu.ua

Балака Максим Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедри будівельних
машин, Київський національний університет будівництва і архітектури,
e-mail: balaka.mm@knuba.edu.ua, ORCID: [0000-0003-4142-9703](https://orcid.org/0000-0003-4142-9703)

На сьогодні застосування палива з альтернативних енергетичних ресурсів дозволяє поліпшити екологічні та експлуатаційні властивості автомобільного транспорту. Зокрема зріджений нафтовий (вуглеводневий) газ розглядається як основне альтернативне джерело енергії [1–4], що має більш низькі викиди шкідливих речовин у порівнянні з іншими рідкими паливами. Проаналізуємо особливості його використання у двигунах внутрішнього згоряння.

Основними компонентами зрідженого нафтового газу є пропан (C_3H_8) та бутан (C_4H_{10}), вміст яких в пропан-бутані залежить від його призначення і марки. Критична температура пропану дорівнює $97\text{ }^{\circ}\text{C}$, а бутану – $126\text{ }^{\circ}\text{C}$. При тиску відповідно $0,716$ та $0,103$ МПа і температурі, яка є нижчою за критичні значення, ці вуглеводні легко зріджуються, стаючи бензиноподібною рідиною. Густина зрідженого нафтового газу становить близько 600 кг/м^3 , октанові числа пропану та бутану за моторним методом дорівнюють відповідно 105 й 94 [5, 6], що забезпечує форсування двигунів вантажних автомобілів зі ступенем стиску до $8,5\ldots 9,0$ та дає можливість збільшити їхню потужність.

Джерелами виробництва зрідженого нафтового палива є:

- переробка природного газу з газових і газоконденсатних родовищ, а також супутніх газів розвіданих нафтових родовищ;
- різні процеси переробки нафти на нафтопереробних заводах;
- різні процеси органічного синтезу, реалізовані на нафтопереробних заводах і нафтохімічних комбінатах.

Приміром у Польщі зріджений нафтовий газ для двигунів внутрішнього згоряння містить влітку $40\text{ }\%$ мас. пропану та $60\text{ }\%$ мас. бутану, а взимку дана пропорція протилежна. Це пов'язано з тим, що тиск насиченої пари бутану за температури $37,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ дорівнює $0,26$ МПа, пропану – $1,2$ МПа [2], що впливає на здатність переходу цих складових палива в газоподібний стан. Для виявлення

можливого витоку зрідженого нафтового газу, він повинен мати характерний запах одоранту, оскільки не всі гази мають запах і колір, через що виявити їх виток з паливної системи буває досить важко. Концентрація одоранту у повітрі у кількості 20 % від нижньої межі займання повинна чітко розпізнаватися. Так найчастіше використовують етилмеркоптан як одорант до зрідженого газу, що має температуру кипіння 37 °С і різкий неприємний запах у повітрі.

При використанні зрідженого газу як палива для автомобільного транспорту його якість в Україні з 2018 року регламентується за ДСТУ EN589:2017, який повністю відповідає європейському стандарту EN 589. Так із запровадженням нового стандарту вимоги до пропану стали суворішими. Особливу увагу тепер приділено відповідності встановленим нормам частки сірки, що міститься в суміші, відсутності вільної води, зменшенню суми ненасичених вуглеводнів, а також корозії мідної пластинки. Співвідношення пропану та бутану, відповідно до нового стандарту, вимірюватиметься тиском насиченої пари в суміші [6].

Експлуатаційні показники автотранспорту, двигуни яких працюють на зрідженому нафтовому газі порівняно з бензином [5–8], оцінюються так:

- у випадку правильного регулювання та нормального режиму роботи системи подачі зрідженого газу знижується токсичність відпрацьованих газів, а саме за показниками оксидів вуглецю в 3...4 рази, оксидів азоту в 1,2...2,0 рази, а неспалених вуглеводнів в 1,2...1,4 рази і більше;

- внаслідок високого октанового числа зрідженого нафтового газу можливо підвищити ступінь стиску двигуна внутрішнього згорання, потужність і паливну економічність – у протилежному випадку, знижується потужність на міжміських магістралях на 7...15 % і збільшується об'ємна витрата палива на 15...20 % через більш низьку густину палива;

- термін заміни моторної оливи збільшується в 2,0...2,5 рази;

- трудомісткість технічного обслуговування і ремонту двигунів зростає в середньому на 3...5 %, але їх витрати покриваються за рахунок збільшення міжремонтного пробігу в 1,2...1,4 рази.

Так промисловість випускає газобалонний автомобільний транспорт для роботи на зрідженому нафтовому газі зі спеціальними двигунами внутрішнього згорання, які розраховано для роботи на газі з резервною системою живлення для термінової роботи на бензині, а також з універсальними двигунами, що допускають тривалу роботу як на бензині, так і на зрідженому газі.

Незважаючи на високі експлуатаційні властивості зрідженого нафтового газу та його екологічну ефективність, частка автомобільного транспорту за кордоном, яка працює на цьому виді палива невелика і складає приблизно: 0,03 % у Німеччині, 0,23 % у Франції, 0,25 % у США, 0,70 % в Японії, 1,73 % у Бельгії, 2,20 % у Данії та 7,50 % у Нідерландах. В Україні триває процес збільшення кількості автомобільного транспорту, який працює на зрідженому нафтовому газі, зокрема і шляхом переобладнання автомобілів, які живляться рідким паливом традиційного походження. До того ж автомобілі на зрідженому нафтовому газі потребують встановлення спеціального паливного бака, який експлуатується в значеннях надлишкового тиску до 20 кг/см², що набагато менше, ніж для зрідженого природного газу – до 200 кг/см² [2].

Висновки

Двигуни внутрішнього згоряння, що працюють на зрідженому нафтовому газі, є аналогічними бензиновим двигунам і забезпечують практично однакову продуктивність та високі характеристики згоряння паливної суміші. Водночас для виробництва та широкого використання зрідженого нафтового газу як альтернативного палива з поліпшеними екологічними й експлуатаційними показниками необхідно законодавче регулювання державними відомствами паливно-енергетичного комплексу та екологічної безпеки.

Література

1. Балака М. М., Лисак С. І., Міщук Д. О., Рєпін В. Ю. Проблеми та перспективи застосування альтернативних видів палива на автотранспорті. Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. до Дня автомобіліста та дорожника, 23–25 жовт. 2023 р. Харків: ХНАДУ, 2023. С. 93–96.
2. Соломаха А. С., Сірий О. А., Петренко В. Г., Голик А. В., Чирка Т. В. Екологічні аспекти використання зрідженого газу у двигунах внутрішнього згоряння. Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: технічні науки. Т. 29 (68). Ч. 3 № 5. 2018. С. 62–67.
3. Тетерятник О., Балака М. Аналіз шляхів забезпечення енергонезалежності будівельної техніки з використанням відновлювальних джерел енергії. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. 2021. Вип. 97. С. 24–35. <https://doi.org/10.32347/gbdmm2021.97.0301>.
4. Балака М., Тетерятник О., Санкін І. Комплексна оцінка застосування моторних палив. Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: матеріали 14-ї Міжнар. наук.-практ. конф., 16–18 берез. 2023 р. Херсон: ХДМА, 2023. С. 194–196.
5. Слободчиков В. В., Балака М. М. Моторні палива з альтернативних енергетичних ресурсів. Сучасні інноваційні технології підготовки інженерних кадрів для гірничої промисловості і транспорту 2015: матеріали Міжнар. наук.-техн. конф., 21–22 трав. 2015. Дніпропетровськ: НГУ, 2015. С. 250–254.
6. Що таке зріджений газ (LPG). Властивості. Особливості. Використання [Електронний ресурс]. <https://gazballon.com.ua/uk/blog-uk/shho-take-zridzhenij-gaz-lpg-vlastivosti-os.html> (дата звернення: 10.10.2024).
7. Балака М. Н., Слободчиков В. В., Аржаев Г. А. Выброс вредных веществ с отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания. Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы Междунар. науч.-техн. конф., 16 апр. 2014. Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. С. 18–22.
8. Балака М., Ходневич М., Тетерятник О. Проблеми використання паливно-мастильних матеріалів у двигунах внутрішнього згоряння. Актуальні проблеми, пріоритетні напрямки та стратегії розвитку України: матеріали I Міжнар. наук.-практ. онлайн-конф., 15 берез. 2021. Київ: AGGR University, Міжнар. асоціація трансферу технологій, 2021. С. 657–659.

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ АВТОНОМНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ДВИГУНІВ НАЗЕМНИХ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Воронков Олександр Іванович, професор,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

e-mail: dralexadi@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8389-2459

Авраменко Андрій Миколайович, пров. наук. співр.¹, професор²,

1 - Інститут енергетичних машин і систем ім. А.М. Підгорного НАН України, 2

- Харківський національний автомобільно-дорожній університет

e-mail: an0100@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8130-1881

Ведення бойових дій високої інтенсивності призводить до пошкоджень бронетехніки, зокрема двигунів, та робить їх діагностику та ремонт вкрай складним завданням.

Розвиток та використання сучасних систем впливу на електронні блоки керування під час ведення бойових дій знижує надійність роботи двигунів з мікропроцесорною системою керування [1].

Розробка та використання сучасних автономних систем незалежного комп'ютерного діагностування технічних параметрів двигуна бронемашини дозволить зменшити витрати часу на оцінку пошкоджень, зробить їх більш точною та інформативною та, в подальшому, сприятиме зменшенню витрат часу на ремонт бронетехніки [2].

Використання сучасних датчиків, систем збору, обробки та передачі інформації через певні інтерфейси дозволить виводити узагальнену інформацію про параметри роботи двигуна навіть на смартфони з використанням технології Bluetooth [3].

Мета роботи – огляд існуючих підходів по реалізації концепції автономної системи комп'ютерного діагностування для контролю поточного стану двигуна наземної транспортної машини за допомогою сучасних систем збору, обробки та обміну даними.

Система комп'ютерного діагностування двигуна бронемашини має включати:

- 1) Блок збору, обробки та передачі інформації (автономний електронний блок керування - ЕБК);
- 2) Датчики (температури охолоджуючої рідини, мастила, тиску надувочного повітря, тиску палива та мастила, температури відпрацьованих газів, вмісту кисню у відпрацьованих газах (широкополосний л-зонд), частоти обертання колінчастого валу двигуна та інш.;
- 3) Шини передачі даних;
- 4) Діагностичного роз'єму для встановлення діагностичного адаптера для передачі даних на ПК або смартфон.

Результат реалізації концепції – зменшення часу на оцінку пошкоджень двигуна та вибору раціональної схеми відновлення. Загальний вигляд дизельного двигуна наземної транспортної машини наведено на рисунку 1.



Рисунок 1 – Загальний вигляд двигуна 5ТДФМА – виробник ДП «Завод імені Малишева»

Загальний вид обладнання для комп'ютерного діагностування дизельних двигунів наведено на рисунку 2, а стисла технічна характеристика – в таблиці 1.



Рисунок 2 – Загальний вид обладнання для комп'ютерного діагностування дизельних двигунів [3]

Таблиця 1 - Стисла технічна характеристика обладнання для комп'ютерного діагностування дизельних двигунів [3]

№	Параметр
1	Захищений планшет 0,1 дюйма
2	Операційна система Android
3	4-ядерний процесор 2,0 ГГц
4	Обмін даними -Wi-Fi і Bluetooth
5	128 ГБ пам'яті / 4 ГБ оперативної пам'яті
6	Задня 8-мегапіксельна камера
7	Акумулятор 60000 mah / 7,6 В
8	Яскравість до 500 ніт для зовнішнього використання
9	Включає кабелі (OBDII, 6- та 9-контактний)

Для боротьби з труднощами, пов'язаними з обслуговуванням танків Abrams - Науково-дослідна лабораторія армії США (ARL) і центр боєприпасів армії США (OS&S) об'єднали технології штучного інтелекту з доктриною технічного обслуговування танків, щоб розробити експертну діагностичну систему для допомоги механікам-водіям. Система, відома як діагностика турбінного двигуна, націлена на підвищення можливостей механіка-водія ефективно та результативно діагностувати та ремонтувати двигун і трансмісію танку Abram [3].

Висновки

- Використання сучасних малогабаритних датчиків дозволяє вимірювати поточні параметри роботи двигуна з високим ступенем інформативності;
- Застосування мікропроцесорних систем для комп'ютерного діагностування технічного стану двигунів наземних транспортних машин має багато переваг (в першу чергу інформативність і швидкість отримання даних), які дозволяють скоротити час на оцінку ступеня пошкодження двигуна та обрести раціональні шляхи з його відновлення;
- Розробці систем комп'ютерного діагностування зі штучним інтелектом приділяється багато уваги у країнах НАТО.

Література

1. Gao G.Q., Lu M., Yang Z.P. Electromagnetic interference analysis of magnetic resistance sensors inside a projectile under complex electromagnetic environments. Journal of Physics: Conference Series, (2013). <https://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/418/1/012082>
2. Опенько П.В., Поліщук В.В., Миронюк М.Ю., Козир А.Г. Досвід застосування адаптивних стратегій технічного обслуговування і ремонту озброєння та військової техніки в державах-членах НАТО. Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. 2021. Вип. № 2(8), С. 101-111. <https://dx.doi.org/10.37701/dndivsovt.8.2021.11>
3. Інтернет-ресурс. Режим доступу: <https://www.dpfpartsdirect.com/products/diesel-tablet-commercial-truck-diagnostic-system-by-diesel-laptops>
4. Edmond Baur, John Dumer, Timothy Hanratty, Richard Helfman, Holly Ingham, Technology and tank maintenance: An AI-based diagnostic system for the Abrams tank, Expert Systems with Applications, Volume 11, Issue 2, 1996, P. 99-107. [https://doi.org/10.1016/0957-4174\(96\)00031-0](https://doi.org/10.1016/0957-4174(96)00031-0).

ПОШУК ПЕРСПЕКТИВНИХ ШЛЯХІВ ПОКРАЩЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ВІТЧИЗНЯНОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ДИЗЕЛЯ 6ЧН 8,8/8,2

Грицюк Олександр Васильович, докт.техн.наук, проф., професор каф. ДВЗ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail:
dthkbbd@ukr.net , <http://orcid.org/0000-0002-5596-6254>

Дробязко Владислав Андрійович, здобувач магістратури каф.ДВЗ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail:
drobyazko2002@gmail.com

Існує багато шляхів покращення показників автомобільних дизелів, але ефективними є тільки ті, які покращення енергетичних показників ув'язують з одночасним збільшенням вигод щодо показників паливної економічності та екології. Отже, натеper настав час до базових засад двигунобудування ввести принцип еквівалентності чотирьох Е, а саме:

$$E_4 \sim E_1 + E_2 + E_3 , \quad (1)$$

Де E_4 – безрозмірний аналог ефективності будь якого заходу покращення експлуатаційної якості ДВЗ;

E_1 – безрозмірний аналог покращення енергетичних показників ДВЗ;

E_2 – безрозмірний аналог покращення паливно-економічних показників ДВЗ;

E_3 – безрозмірний аналог покращення екологічних показників ДВЗ.

Із багатьох заходів, що впливають на експлуатаційні показники автомобільного дизеля, до раціонального співвідношення усіх чотирьох Е може привести подальше вдосконалення сумішоутворення і згоряння палива у циліндрі двигуна. Отже, організація ефективного сумішоутворення для забезпечення якісного робочого процесу є актуальною задачею, і тому пошук шляхів її реалізації за рахунок удосконалення повітропостачання вдосконалюємого вітчизняного автомобільного дизеля 6ЧН 8,8/8, і став метою подальшої роботи авторів.

Двигун 6ЧН 8,8/8,2 є рядним, шестициліндровим, чотирикатним дизелем рідинного охолодження з вертикальним розташуванням циліндрів, з безпосереднім упорскуванням палива в камеру згоряння і регульованим газотурбінним наддувом з охолодженням повітря для наддуву. Натеper це одна із останніх розробок вітчизняного двигунобудування, яка ще мало відома читачам і потребує розповсюдження технічної інформації щодо цієї конструкції. Повне уявлення щодо складових частин цього двигуна дає креслення поперечного перерізу (рис.1).

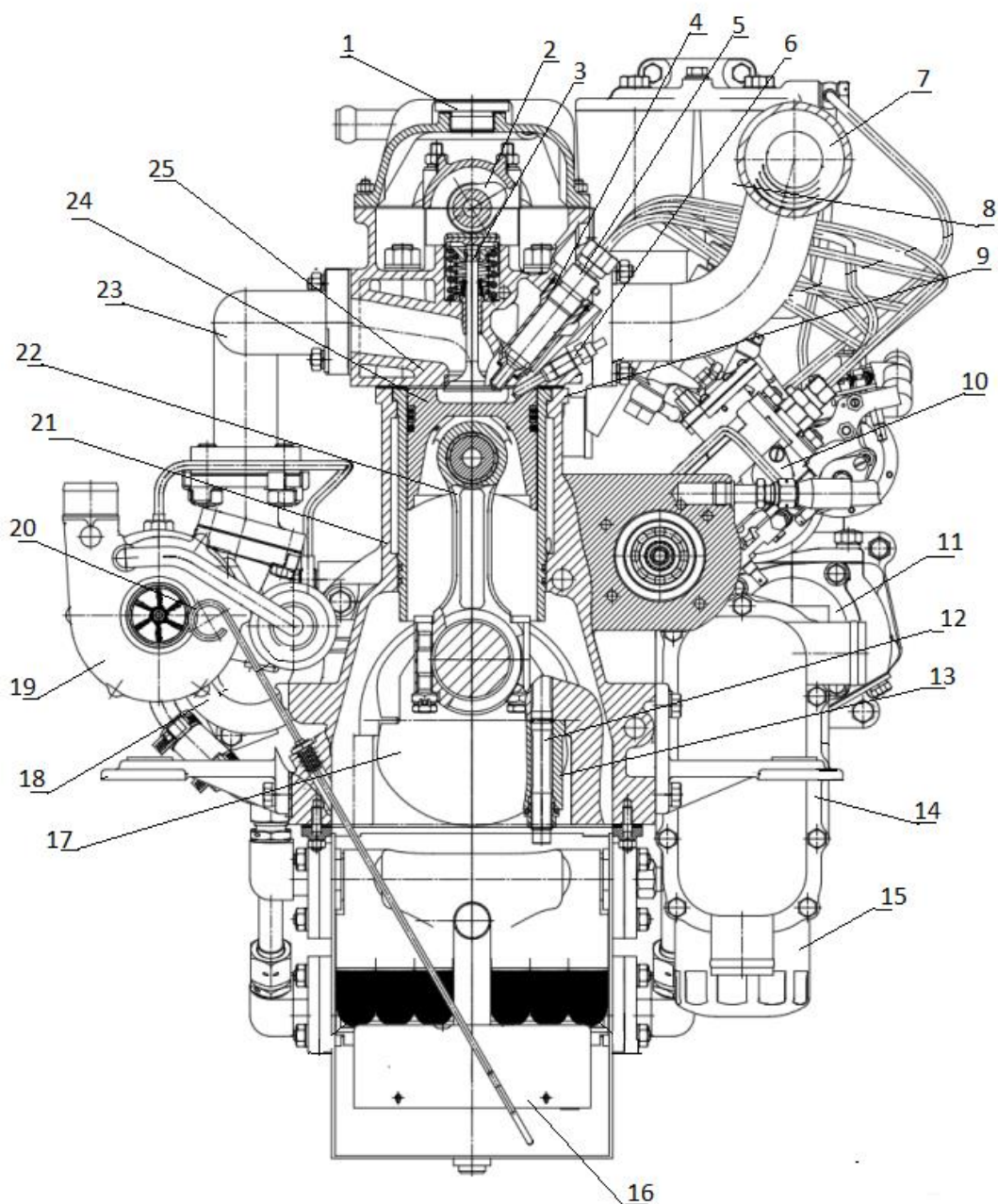


Рисунок 1 – Поперечний переріз дизеля 6ЧН 8,8/8,2:

1 – пробка маслозаливної горловини; 2 – розподільний вал; 3 – клапан; 4 – адаптер форсунки; 5 – форсунка; 6 – свічка розжарювання; 7 – колектор впускний; 8 – фільтр паливний; 9 – гільза; 10 – паливний насос; 11 – повітряний компресор; 12 – шпилька силова; 13 – підвіска корінної опори з підігрівачем; 14 – охолоджувач масла; 15 – фільтр масляний; 16 – маслозбірний відсік з підігрівом; 17 – вал колінчастий; 18 – стартер; 19 – турбокомпресор; 20 – масляний щуп; 21 – блок; 22 – шатун; 23 – колектор випускний; 24 – поршень; 25 – головка циліндрів

Перспективним кроком просування подальшої роботи авторів повинна стати кількісна оцінка показників виразу (1). Відповідним сучасним методичним забезпеченням, яке є доступним і вже використовується

здобувачами всіх рівнів освіти кафедри ДВЗ ХНАДУ, можна вважати програмні пакети WP.exe [1] та Simcenter Amesim [2]. Але жоден з них виявився не в змозі дати комплексну оцінку перспективним заходам з удосконалення конструкції саме повітряного тракту і саме для збільшення закручення повітряного заряду відносно осі циліндра. Тому на початковому етапі для попередньої оцінки ефективності будь-яких таких заходів автори були вимушені скористатися добре відомими наборами рівнянь з вирішення задач газу – та термодинаміки ДВЗ з виходом на спрощений розрахунок параметрів робочого процесу для побудови та подальшої обробки індикаторних діаграм.

Проте вже попередні результати показали необхідність цієї публікації виключно для засвідчення актуальності пошуку можливості подальшого вдосконалення програмних продуктів як авторами цього матеріалу, так і його читачами. В цьому сенсі вже обговорена можливість майбутньої співпраці з автором сучасного програмного продукту Blitz-PRO [3] Мінчевим Д.С. – професором кафедри «Суднові енергетичні установки і технічна експлуатація» Одеського національного морського університету.

Висновки.

Подальший розвиток вітчизняних автомобільних дизелів повинен передбачати одночасне поліпшення усіх трьох складових ефективності вдосконалення експлуатаційної якості ДВЗ, а саме:

- покращення енергетичних показників;
- покращення паливно-економічних показників;
- покращення екологічних показників.

Подальше покращення показників вітчизняного автомобільного дизеля 6ЧН 8,8/8,2 потребує подальшого удосконалення програмних продуктів розрахункових досліджень ДВЗ.

Література

1. Прохоренко А.О. Методичні вказівки для виконання дипломних проєктів та випускних кваліфікаційних робіт бакалаврів "Розрахунок робочого процесу чотиритактного дизеля за допомогою ЕОМ" / А.О. Прохоренко. – Харків: НТУ "ХПІ", 2002. – 20с

2. Компанія Siemens. // Офіційний сайт. – 2019 р. – Режим доступу до сайту: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/ru/products/simcenter/simcenter-amesim.html>

3. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №82786 Україна. Комп'ютерна програма «Комп'ютерна програма для розрахунку робочих процесів двигунів внутрішнього згоряння, з інтерфейсом у вигляді веб-сайту Blitz-PRO» / Мінчев Д.С.; заявл. 11.09.2018 р., опубл. 30.11.2018 р., дата реєстрації 12.11.2018 р.

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПАЛИВНОГО СТРУМЕНЯ НА
ІНТЕНСИВНІСТЬ ПЕРЕБІГУ ПРОЦЕСІВ ВНУТРІШНЬОГО
СУМІШОУТВОРЕННЯ В ДВИГУНІ 1Д 8,2/8,7
З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ**

Корогодський Володимир Анатолійович, докт. техн. наук, професор каф.
ДВЗ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: korohodskiy@ukr.net , ORCID: [0000-0002-1605-4631](https://orcid.org/0000-0002-1605-4631)

Манойло Володимир Максимович, докт. техн. наук, професор кафедра ДВЗ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: volodimir.m.manoylo@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2208-4404

Мовчан Олексій Петрович, студент, Харківський національний автомобільно-
дорожній університет, e-mail: ad1m23mop@stud.khadi.kharkov.ua

Матиско Олексій Олександрович, аспірант, Харківський національний
автомобільно-дорожній університет, e-mail: nebitnekrashen2017@gmail.com,
ORCID: [0000-0003-0376-1836](https://orcid.org/0000-0003-0376-1836)

Хомутов Максим Анатолійович, аспірант, Харківський національний
автомобільно-дорожній університет, e-mail: m.a.homutov@gmail.com ,
ORCID: [0009-0006-9184-7646](https://orcid.org/0009-0006-9184-7646)

Ефективним способом підвищення техніко-економічних та екологічних показників [1] двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) з примусовим запалюванням є застосування внутрішнього сумішоутворення при безпосередньому впорскуванні палива [2].

Організація внутрішнього сумішоутворення при застосуванні безпосереднього впорскування палива дозволяє більш ніж в 2 рази знизити витрату палива в результаті підвищення індикаторного ККД й до 30 % [3] за рахунок виключення втрати палива у випускну систему при перебігу процесів газообміну [4]. Крім того, згоряння збідненої паливо-повітряної суміші з розшаруванням сприяє зменшенню кількості шкідливих речовин у відпрацьованих газах [5].

Тому дослідження процесів впливу параметрів паливного струменя на інтенсивність перебігу процесів внутрішнього сумішоутворення в двотактному двигуні 1Д 8,2/8,7 з іскровим запалюванням є актуальним.

Мета досліджень – зменшення часу випаровування палива при організації об'ємно-плівкового сумішоутворення.

Завдання дослідження: визначити раціональні кути розкриття паливного струменя з периферійним розташуванням частинок палива та розміщенням повітря в його середині при цикловій подачі, яка відповідає максимальній потужності двигуна.

Безпосереднє впорскування палива у циліндр двотактного двигуна 1Д 8,2/8,7 з іскровим запалюванням забезпечується паливним механічним насосом високого тиску з манжетним ущільненням плунжера за допомогою

паливної форсунки з клапанним розпилювачем (рис. 1), який формує структуру паливного струменя з периферійним розташуванням частинок палива та розміщенням повітря в його середині (рис. 2).

Розрахункове дослідження процесів випаровування палива при внутрішнього сумішоутворення [6] проводилося за методиками [7] та [8] при частоті обертання колінчастого валу двигуна та паливного насоса $n = 3000 \text{ хв}^{-1}$.

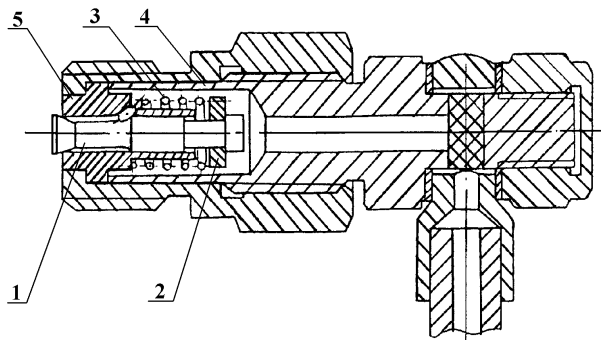


Рисунок 1 – Форсунка з клапанним розпилювачем:

- 1 – клапан; 2 – замок;
- 3 – пружина клапана; 4 – стакан;
- 5 – розпилювач (сідло клапана)

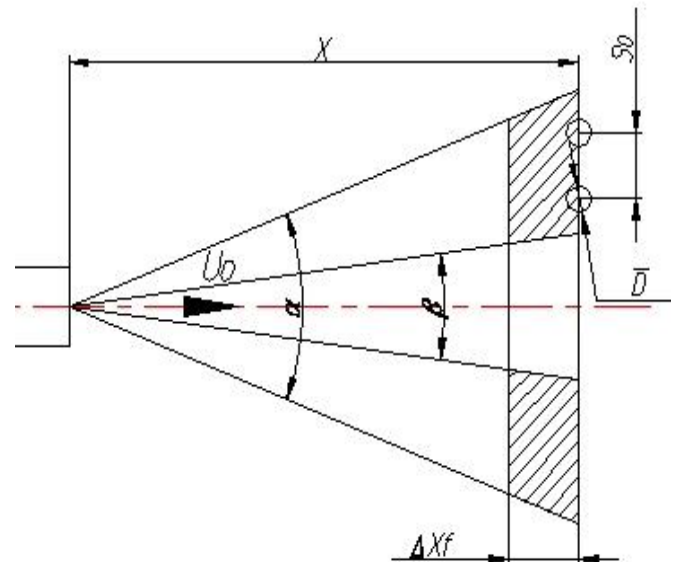


Рисунок 2 – Схема паливного струменя

В якості палива використано бензину А-92. Попередньо визначений раціональний рівень тиску впорскування палива склав $P_{впр} = 50 \text{ бар}$, циклова подача палива при максимальній потужності двигуна $V_{ц} = 22,97 \text{ мг/цикл}$.

При розрахунках процесів випаровування палива враховується сумарна швидкість руху повітряного заряду в камері згоряння (КЗ) з площею витискувача, яка складає $S_{вит} = 0,65 \cdot S_{порш}$ та зазором між днищем поршня та витискувачем $\delta = 4 \text{ мм}$ [9]. На ділянці перебігу процесу сумішоутворення (200÷280 гр. п.к.в.) на такті стиску сумарна швидкість підвищується від 10 до 15 м/с.

Дослідження процесів сумішоутворення проводилося при різних значеннях зовнішнього (α) та внутрішнього (β) кутів розкриття паливного струменя:

$\alpha = 36^\circ$, $\beta = 10^\circ$ (рис. 3); $\alpha = 39^\circ$, $\beta = 11^\circ$ (рис. 4); $\alpha = 41^\circ$, $\beta = 11^\circ$ (рис. 5); $\alpha = 44^\circ$, $\beta = 12^\circ$ (рис. 6).

Збільшення розкриття зовнішнього кута паливного струменя α від 36 до 44° сприяє скороченню часу випаровування палива в процесі внутрішнього сумішоутворення з 276 до 260 гр. п.к.в. (рис. 3–6). При цьому, частка палива, яка випаровувалася в паливному струмені під час його руху в об'ємі КЗ збільшилась з 25 до 47%. Максимальне значення товщини паливної плівки

зменшилась від 93 до 51 мкм (244 гр. п.к.в.). Але збільшення розкриття зовнішнього кута паливного струменя α до 44° сприяє досягненню частинок палива стінок циліндра, що є небажаним, оскільки повного випаровування палива не відбувається та це призводить до інтенсифікації процесу зносу робочого циліндра.

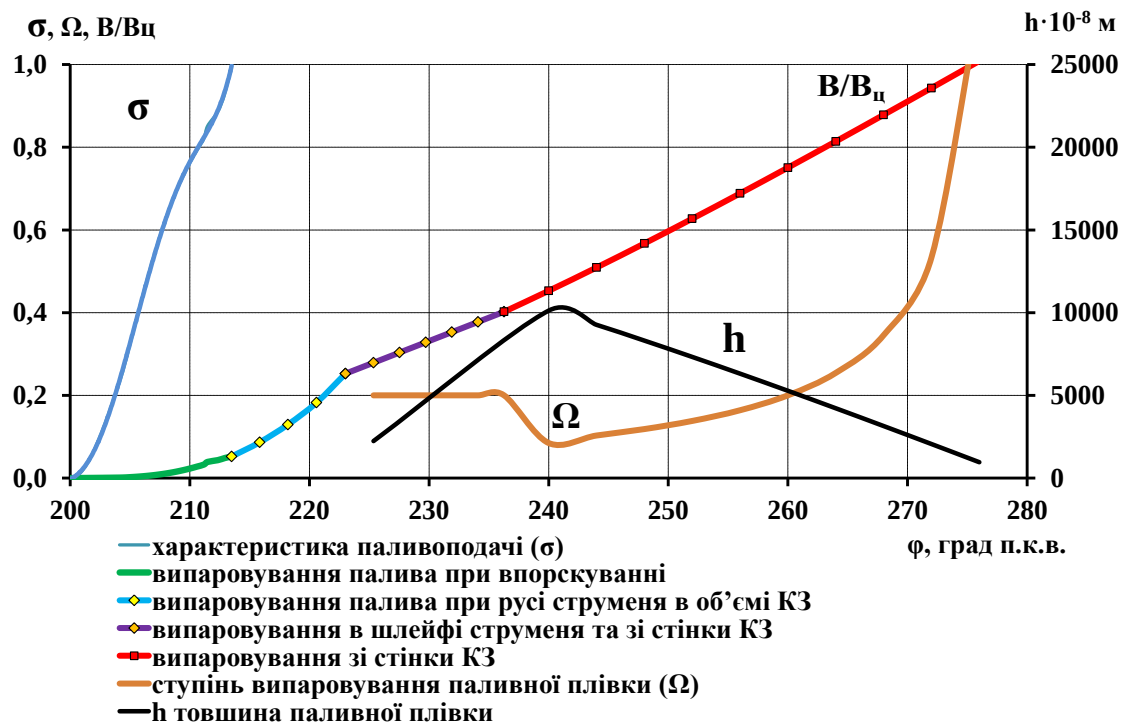


Рисунок 3 – Процеси випаровування палива при значеннях зовнішнього ($\alpha = 36^\circ$) та внутрішнього ($\beta = 10^\circ$) кутів розкриття паливного струменя

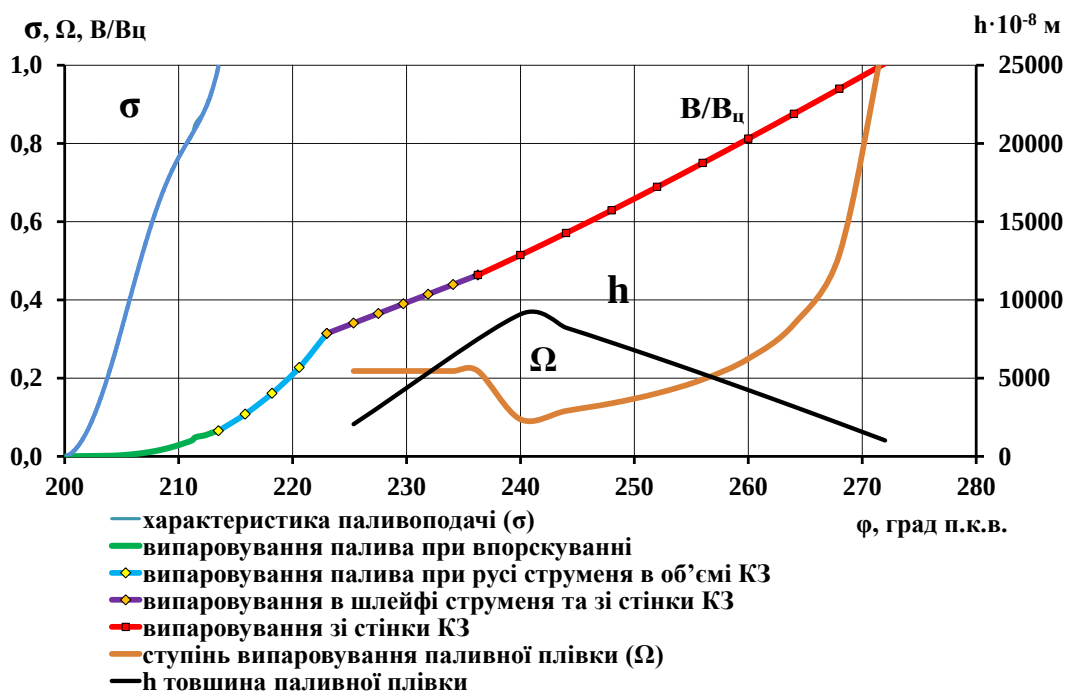


Рисунок 4 – Процеси випаровування палива при значеннях зовнішнього ($\alpha = 39^\circ$) та внутрішнього ($\beta = 11^\circ$) кутів розкриття паливного струменя

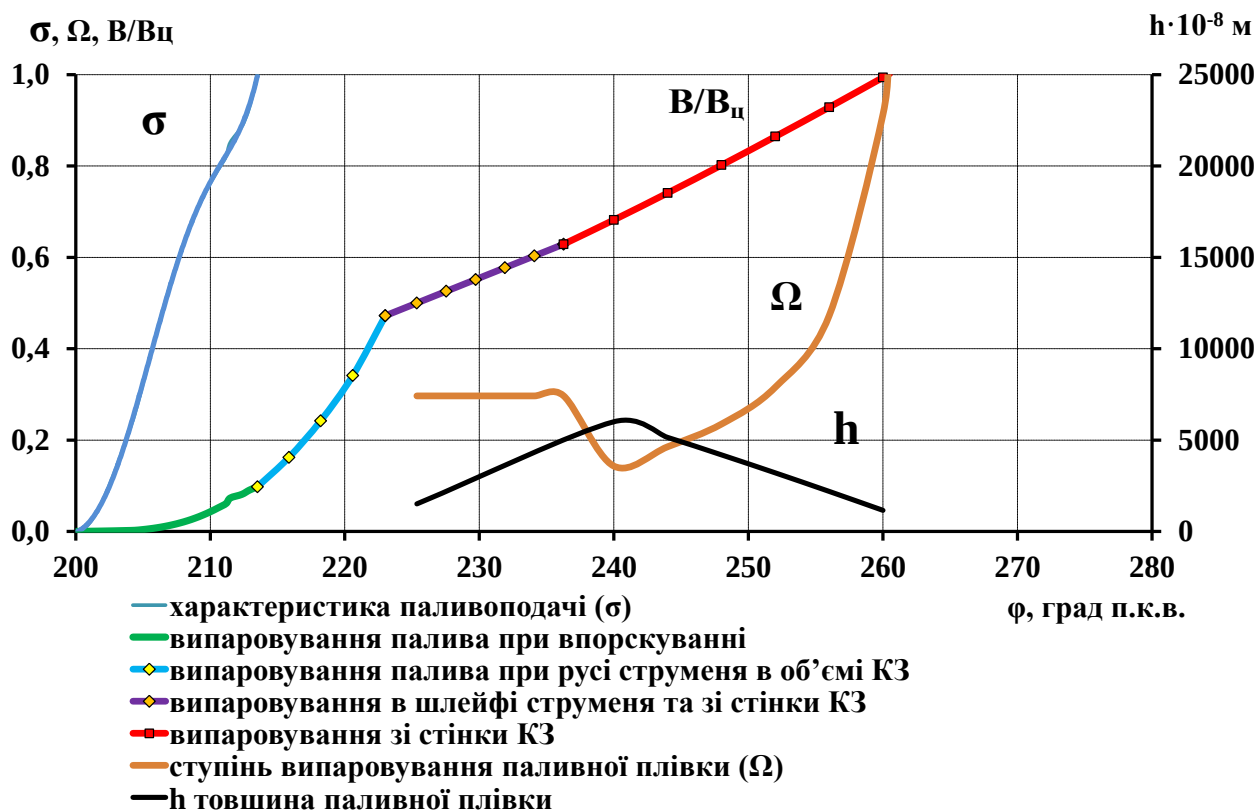


Рисунок 5 – Процеси випаровування палива при значеннях зовнішнього ($\alpha = 41^\circ$) та внутрішнього ($\beta = 11^\circ$) кутів розкриття паливного струменя

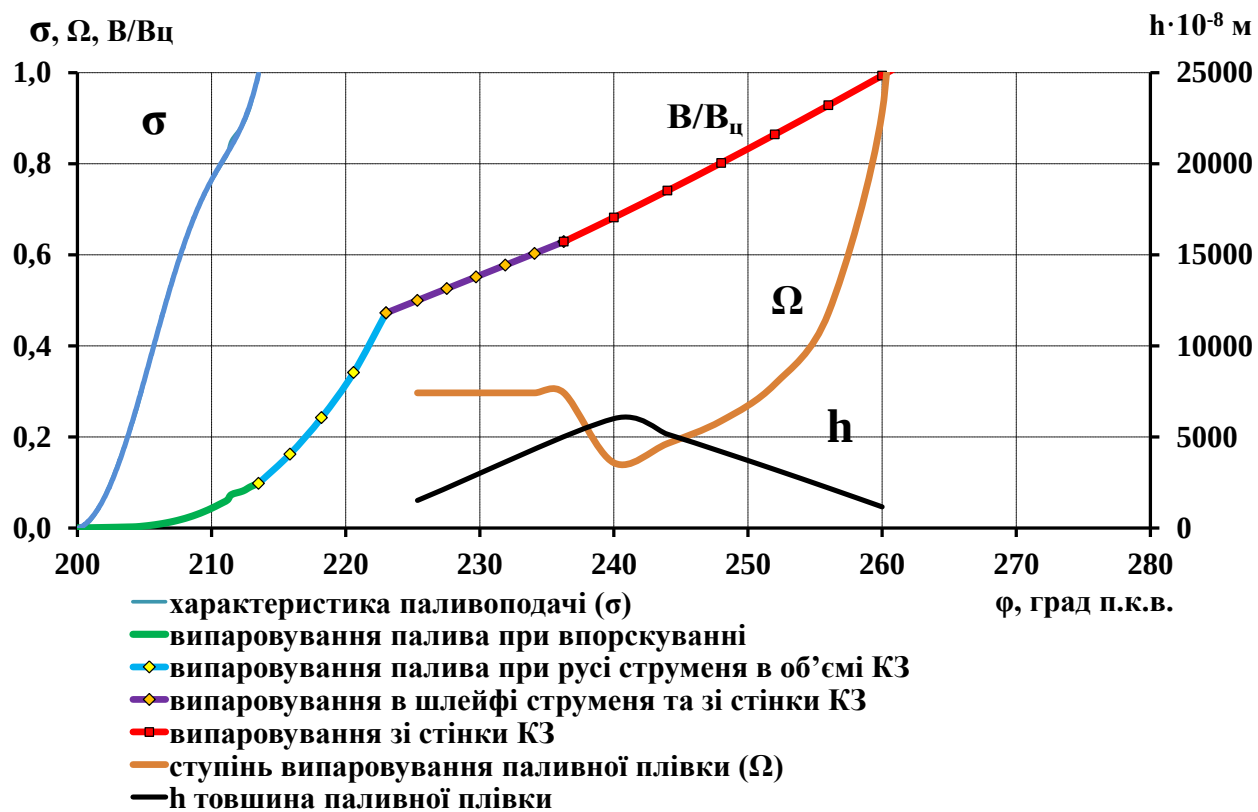


Рисунок 6 – Процеси випаровування палива при значеннях зовнішнього ($\alpha = 44^\circ$) та внутрішнього ($\beta = 12^\circ$) кутів розкриття паливного струменя

Забезпечення розкриття зовнішнього кута паливного струменя до $\alpha = 41^\circ$ та внутрішнього до $\beta = 11^\circ$ практично не змінює час перебігу процесів сумішоутворення (60 гр. п.к.в.) та дозволяє формувати паливну плівку виключно на $(\alpha = 44^\circ)$ та внутрішнього $(\beta = 12^\circ)$ кутів розкриття паливного струменя поверхнях КЗ, що спряє повному випаровуванню палива, прийманню його участі в перебігу процесів згоряння й фактично виключає його втрати. При цьому значення $\alpha = 41^\circ$ та $\beta = 11^\circ$ відповідають експериментальним дослідженням, які проведені на паливній форсунці з клапаном розпилювачем, що застосовувався при моторних дослідженнях двигуна.

Висновки

В результаті аналітичних досліджень процесів внутрішнього сумішоутворення на двотактному двигуні 1Д 8,2/8,7 з іскровим запалюванням та безпосереднім впорскуванням палива визначені раціональні кути розкриття паливного струменя з периферійним розташуванням частинок палива та розміщенням повітря в його середині при цикловій подачі, яка відповідає максимальній потужності двигуна. Значення раціонального зовнішнього кута розкриття паливного струменя склало $\alpha = 41^\circ$ та раціонального внутрішнього кута – $\beta = 11^\circ$, що підтверджується експериментальними дослідженнями на двигуні.

Література

1. ISO 8178-1: 2020 Reciprocating internal combustion engines – Exhaust emission measurement – Part 1: Test-bed measurement systems of gaseous and particulate emissions [Electronic resource] / 4th ed., available at: <https://www.iso.org/standard/79330.html>.
2. Korohodskyi, V., Voronkov, A., Migal, V., Nikitchenko, I., Zenkin, E., Rublov, V. and Rudenko, N. (2020). Determining the criteria and the degree of the stratification of the air-fuel charge in a cylinder of a spark-ignition engine during injecting fuel. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **977** 012002. doi: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/977/1/012002>
3. Korohodskyi, V., Voronkov, A., Rogovyi, A., Kryshtopa, S., Lysytsia, O., Fesenko, K., Bezridnyi, V., Rudenko, N. (2021). Influence of the stratified fuel-air charge pattern on economic and environmental indicators of a two-stroke engine with spark ignition. *AIP Conf. Proc.: Transport, Ecology - Sustainable Development EKO Varna*, 2021. No. 2439 (2021) 020011, doi: <https://doi.org/10.1063/5.0068466>
4. Корогодський В.А. Визначення раціонального циклу та способу організації робочого процесу двигуна за навантажувальною характеристикою. *Вісник ХНАДУ*, 2020. Вип. 90. С. 80–94, doi: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2020.90.0.80>
5. Корогодский В.А. Повышение топливно-экологических показателей двухтактного ДВС с искровым зажиганием за счет совершенствования процессов внутреннего смесеобразования. *Двигуни внутрішнього згорання*. – Харків: НТУ "ХП". – 2013. – №2. – С. 22–26.

6. Korohodskyi, V., Leontiev, D., Rogovyi, A., Kryshtopa, S. et al. Research of Spark Ignition Engine and Internal Mixture Formation Using Single-Zone, Two-Zone and Three-Zone Calculation Model of It Working Process. *SAE Technical Paper* 2022-01-1000, 2022, doi: <https://doi.org/10.4271/2022-01-1000>

7. Корогодський В.А. Дослідження процесів масо – і теплообміну у паливному струмені з периферійним розподіленням палива / В.А. Корогодський, А.А. Хандримайлов, Є.С. Грайворонський. *Двигуни внутрішнього згорання*. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2010. – №2. – С. 22–27. <http://dvs.khpi.edu.ua/article/view/61358>

8. Корогодський В.А. Уточнення математичної моделі процесів масо – і теплообміну у паливному струмені з периферійним розподіленням палива зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 117. – С. 64-72.

9. Корогодський В.А. Визначення впливу конструктивних особливостей надпоршевого об'єму двотактного двигуна на інтенсивність руху робочого тіла в камері згорання / В.А. Корогодський, О.О. Усов, О.О. Матиско, М.А. Хомутов, О.А. Журавель // Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців: Міжнар. наук.-практ. конф., 23-25 жовтня 2023 р.: наук. праці. – Харків: ХНАДУ, 2023. – С. 122–128.

УДК 641.43

ТЕПЛООБМІН У ДВИГУНІ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

Нікітченко Ігор Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедри двигунів внутрішнього згорання, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: igor.nikitchenko@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9481-4296

Трофіменко Дмитро Олександрович, бакалавр,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: dimatrof59@gmail.com

Теплопередача є одним із головних факторів у двигунобудуванні, який може впливати на коефіцієнт корисної дії, на знос деталей та їх надійність. Головною метою дослідження теплопередачі в двигунобудуванні є покращення процесів теплообміну між деталями та середовищами у двигуні, а також зниження теплових втрат.

У двигуні внутрішнього згорання виникає тепло внаслідок згорання паливо-повітряної суміші [1]. Робоча суміш, що згоріла, набуває форми газу, омиває стінки, які обмежують внутрішній об'єм циліндра і тепло передається від внутрішньої поверхні до зовнішньої. Зовнішня поверхня циліндра омивається охолоджувальною рідиною. Це і є основою охолодження двигуна.

Теплообмін у двигуні тісно пов'язаний з конвективним теплообміном, оскільки газ завжди нагріватиме стінки циліндра, які охолоджуватимуться ззовні [2]. У цьому і загальна риса рідинної та повітряної систем охолодження,

бо гаряча зовнішня поверхня циліндра в першому випадку охолоджується рідиною, яка рухається завдяки рідинному насосу, а в другому випадку – повітрям, яке спрямовується на циліндр.

У разі охолодження повітрям добре відомі додаткові ребра на поверхні циліндра. Вони очевидні, потрібно розуміти фізичний контекст їх застосування. Для розрахунку густини теплового потоку при конвективному теплообміні використовується Закон Ньютона-Ріхманна. У ньому, густина теплового потоку дорівнює коефіцієнту тепловіддачі та різниці температур. Для того, щоб отримати з формули, яка описує цей закон, розрахунок кількості теплоти, необхідно всі її складові помножити на площу циліндра. При збільшенні площі циліндра збільшується кількість теплоти, яку поверхня циліндра може віддати зовнішньому середовищу, тобто повітрю. Повітря має нижчу теплопровідність у порівнянні з водою, а саме тому перевага надається саме рідинній системі охолодження.

Кількість теплоти, що передається в стінки деталей камери згоряння, можна визначити за Законом Ньютона-Ріхмана [2]:

$$Q = \alpha_{\Sigma} \cdot F \cdot (T_{\Gamma} - T_{CT}) \cdot \Delta \tau, \quad (1)$$

де: α_{Σ} – сумарний коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м²·К;
 F – сумарна площа поверхонь деталей камери згоряння, м²:

$$F = F_{\Pi} + F_{\Gamma} + F_{Ц}, \quad (2)$$

де: F_{Π} – площа поверхні поршня, м²;
 F_{Γ} – площа поверхні головки, м²;
 $F_{Ц}$ – площа поверхні гільзи циліндра, м²;
 T_{Γ} – середня термодинамічна температура газів, К;
 T_{CT} – середня температура стінки, К;
 $\Delta \tau$ – час, с:

$$\Delta \tau = \frac{\Delta \varphi_i}{(6 \cdot n)}, \quad (3)$$

де: n – частота обертання колінчастого валу, хв⁻¹;
 $\Delta \varphi_i$ – розрахунковий кутовий крок, °ПКВ.

Однак на внутрішній поверхні циліндра з'являється граничний шар газу, який створює перешкоду (опір) для теплообміну між газом від згорілої суміші та стінкою циліндра. Як правило, ближче до стінки циліндра знаходиться статичніший шар газу.

Г. Вошні довів за допомогою експерименту, що за значного підвищення температури всередині циліндра граничний шар звужується. Таким чином покращується процес теплопередачі від газів до охолоджуючої рідини через

збільшення кількості теплоти, яка може передаватися через стінку циліндра [2,3].

Також, для розрахунків Вошні не виділяє теплообмін випромінюванням як окремий спосіб теплопередачі. Він враховує складний взаємозв'язок між теплообміном конвекцією та випромінюванням.

Унікальність формули Г. Вошні полягає в тому, що для неї він використав теорію подібності. В якості вихідного рівняння Вошні використав критеріальний вираз Нуссельта:

$$Nu = C \cdot Re^m \cdot Pr^n, \quad (4)$$

де: C – сталий коефіцієнт;

Re – критерій Рейнольдса, який описує рух в'язкості газу/рідини;

Pr – критерій Прандтля, який визначає вплив фізичних властивостей на процес конвективного теплообміну.

Також використана формула для розрахунку швидкості робочого тіла в циліндрі складається із двох складових, м/с:

$$W = C_1 \cdot C_m + C_2 \cdot \Delta p \quad (5)$$

де: C_1 і C_2 – сталі коефіцієнти;

Δp – різниця тисків, бар:

$$\Delta p = p - p_0 \quad (6)$$

де: p – тиск в циліндрі під час процесу згоряння, бар;

p_0 – тиск в циліндрі без процесу згоряння, бар.

Взагалі, найбільш складним для визначення в теплопередачі є коефіцієнт тепловіддачі α , який є функцією розмірів, температури поверхні, швидкості руху газу, температури газу, коефіцієнта теплопровідності, теплоємності, густини та інших факторів. Тому визначення кількості теплоти, що передається в стінки деталей камери згоряння, зводиться до визначення сумарного коефіцієнту тепловіддачі α_Σ .

Формула Вошні може втрачати точність при екстремальних режимах роботи двигуна, таких як дуже високі або дуже низькі показники температури та тиск. Це пов'язано із тим, що вона не враховує всіх фізичних ефектів, таких як нерівномірність розподілу температури в камері згоряння та складні процеси теплопередачі при перехідних режимах.

При дослідженні тихохідних двигунів, які мають частоту обертання колінчастого валу до 1000 хв^{-1} можна обмежитися вищенаведеними залежностями. Але при роботі ДВЗ з частотою обертання колінчастого валу

більше 1000 хв⁻¹ для розрахунків більш доцільно застосовувати формулу В. Аннанда [2,3], Вт/м²·К:

$$\alpha_{\Sigma} = C_1 \cdot \lambda \cdot \frac{\rho^{0,7} \cdot C_m^{0,7}}{\eta^{0,7} \cdot D^{0,3}} + C_2 \cdot (T_{\Gamma}^4 - T_{CT}^4) \quad (7)$$

де: C_1, C_2 – коефіцієнти емпіричності, які відрізняються для кожного двигуна;

λ – теплопровідність пристінкового шару газу при середній температурі, Вт/м·К;

$$\lambda = 0,000361 \cdot T_{CP}^{0,75} \quad (8)$$

де: T_{CP} – середня температура, К:

$$T_{CP} = \frac{T_{\Gamma} + T_{CT}}{2} \quad (9)$$

ρ – густина робочого тіла, кг/м³;

η – динамічна в'язкість робочого тіла визначена при середній температурі, Па·с:

$$\eta = 0,56 \cdot 10^{-6} \cdot T_{CP}^{0,62} \quad (10)$$

C_m – середня швидкість поршня, м/с;

D – діаметр циліндра, м.

Фізично, сумарний сумарний коефіцієнт тепловіддачі можна записати як суму цих складових, Вт/м²·К:

$$\alpha_{\Sigma} = \alpha_K + \alpha_B \quad (11)$$

де α_K – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією;

α_B – коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням.

Формула Аннанда досить проста, бо включає невелику кількість вихідних даних ($\rho, C_m, \eta, D, \lambda, T_{\Gamma}, T_{CT}$). Це робить її придатною для розрахунків за умов, коли детальні дані про потік газу відсутні. Вона була розроблена спеціально для умов, характерних для двигунів внутрішнього згоряння, враховуючи високі

температури в камері згоряння, а також вплив конвективних та радіаційних процесів.

Але недоліком її використання є те, що використовуються емпіричні дані для конкретних умов роботи двигуна. Це означає, що її точність залежить від коректності підбору коефіцієнтів C_1 і C_2 , які можуть змінюватися в залежності від типу двигуна та умов його експлуатації. Ці коефіцієнти можуть вимагати додаткового підбору в залежності від конкретної конструкції двигуна та вживаного палива, що обмежує її універсальність.

Спираючись на результати проведених раніше численних експериментів існує можливість провести порівняльну оцінку формул Аннанда та Вошні через відсутність інформації про похибки розрахунку кількості тепла, що було передано до стінок циліндру [3]. Це порівняння є важливим напрямком подальших досліджень.

1. Schechter M. (1999). New cycles for automobile engines, SAE Technical Paper 1999-01-0623.

2. Kawtaradse R.S. (1988). Zur Berechnung der Temperaturfelder fur Bauteile des Dieselmotor, Schniffbauforschung.

3. Кабанов О.М. Вибір методики розрахунку процесу тепловіддачі в газовому двигуні з іскровим запалюванням / О.М. Кабанов // Автомобільний транспорт: зб. наук. пр. – 2012. – Вип. 30. – С. 96–102.

УДК 621.43

ВИГОТОВЛЕННЯ ВИПУСКНОГО КОЛЕКТОРУ ДО ДВИГУНА БМВ М54В30, ДЛЯ ПІДВОДУ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДО ТУРБІННОГО КОЛЕСА

Пашков Вадим Геннадійович, студент,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: motocrosspart@gmail.com, ORCID: 0009-0007-4113-6798

Авраменко Андрій Миколайович, пров. наук. співр.¹, професор²,

1 - Інститут енергетичних машин і систем ім. А.М. Підгорного НАН України,

2 - Харківський національний автомобільно-дорожній університет
e-mail: an0100@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8130-1881,

Круговий Андрій Олегович, аспірант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: zrt@ukr.net, ORCID: ORCID 0009-0007-4114-5771

Розглянуто шляхи форсування двигуна з індексом М54, який вироблявся концерном BMW з 2000-2006 рік.

Проведене форсування рядного шестициліндрового двигуна, встановлений турбокомпресор, посилені шатуни, ковані поршні, доопрацьовані канали головки блока циліндрів, встановлені розподільні вали нової

конструкції з розширеними фазами, інтеркулер надувного повітря, форсунки збільшеної продуктивності, сучасна система керування двигуном з можливостями змінювати параметри та налаштування будь яких показників в реальному часі.

Стисла технічна характеристика базового (атмосферного двигуна M54B30) наведена – в таблиці.

Таблиця - Стисла технічна характеристика базового двигуна

№	Параметр	Значення	Од. вим.
1	Робочий об'єм	2979	см ³
2	Номінальна потужність	170	кВт
3	Літрова потужність	57,06	кВт/л
4	Частота обертання колінчастого валу (на номінальному режимі)	5900	хв ⁻¹
5	Максимальний крутний момент	300	Нм
6	Частота обертання колінчастого валу (на режимі максимального крутного моменту)	3500	хв ⁻¹

Для підвищення потужності на досліджуваний двигун було встановлено турбокомпресор Garrett gtx3071r gen 2.

При проектуванні двигуна з індексом M54 (потужністю 231 к.с.) конструкторами було закладено можливість подальшого збільшення його потужності.

Як приклад, це обумовлюється кованим колінчастим валом з противагами, що в сучасному автомобілебудуванні є дуже великою рідкістю.

Такий колінчастий вал витримує навантаження на режимі з потужністю в 1000 к.с., що було доведено різними світовими тюнінг-ательє. Цей рядний шестициліндровий двигун є одним з найкращих продуктів концерну BMW, про що свідчить список 10 найкращих двигунів AutoWorld та Ward's протягом 2001—2003 років.

При нормальному своєчасному обслуговуванні цей двигун має ресурс до 400 тис. км пробігу без капітального ремонту.

Мета роботи – розглянути шляхи по збільшенню потужності двигуна до рівня 600 к.с за допомогою турбонагнітача. Виготовлення випускного колектору оригінальної конструкції, вибір компонентів двигуна для забезпечення зазначеної потужності.

Викладення основного матеріалу

Для наочної демонстрації запропонованого підходу було розглянуто автомобіль BMW 3-ї серії 2002 року випуску, з індексом E46 (купе) з двигуном M54B30.

Для встановлення турбонагнітача на двигун M54B30, потрібно побудувати випускний колектор, для підводу відпрацьованих газів до турбінного колеса.

Першим пунктом поставленої задачі був вибір місця, та розташування турбокомпресора в моторному відсіку.

Для даної моделі турбонагнітача GARETT GTX 3076, було вибране місце з верху мотору, в правій частині від клапанної кришки.

Для виготовлення колектору були виготовлені фланці для головки циліндрів, та фланець, який стикується з гарячою частиною турбіни.

Відводи мають кут 90 градусів і зовнішній діаметр 42 мм, товщину стінки 2 мм з нержавіючої сталі AISI 304.

Наступним етапам було закріплення та примірка турбіни відносно головки циліндрів, та закріплення фланців в моторному відсіку.

На базі отриманих розмірів (під час натурального геометричного моделювання) був виготовлений кондуктор, в якому жорстко закріплювалася конструкція, яка була перенесена для подальшої роботи. Етапи виготовлення випускного колектора наведено на рисунку 1.

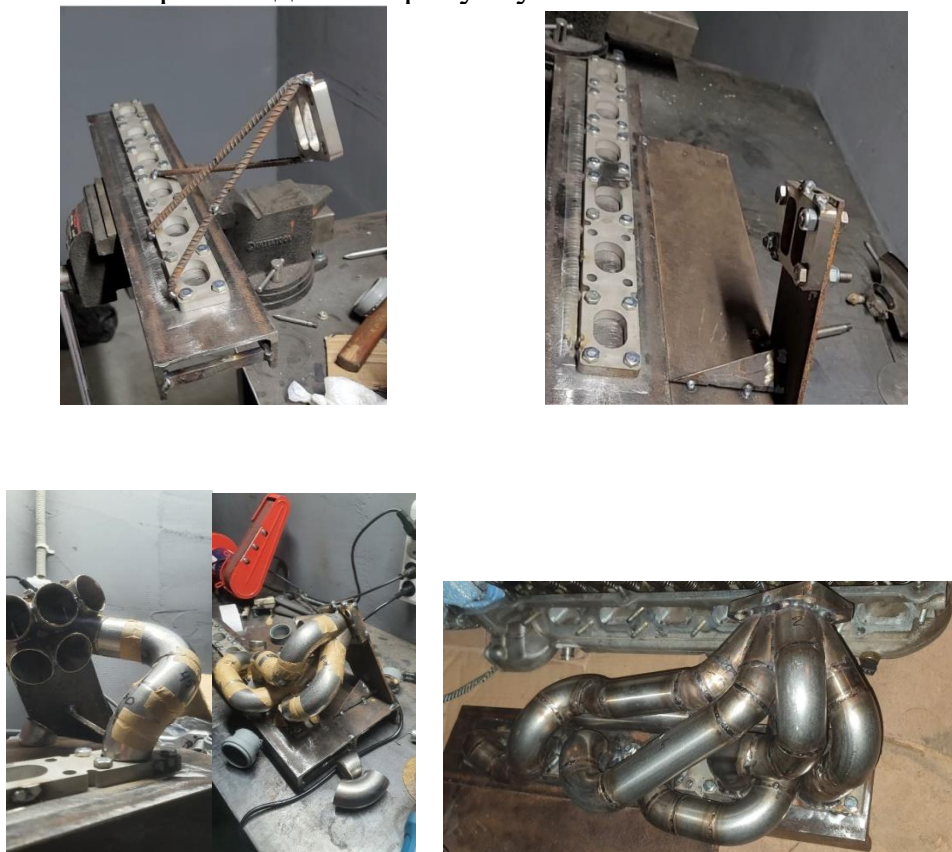


Рисунок 1 - Етапи виготовлення випускного колектора

Для виконання подальшого процесу зведення 6 труб в один канал, були виготовлені сегменти з кутами нахилу 15, 30 та 45 градусів, після чого було виконано фізичне моделювання геометрії випускного колектору.

Після збірки колектору, всі стики зварювалися аргано-дуговою сваркою.

Після завершення зварювання фланці під впливом великої температури зазнали деформації.

Для того щоб відновити привалочну поверхню фланців, колектор було закріплено в шліфувальний станок для обробки поверхонь (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Привалочна поверхня випускного колектора

Додатково в колектор були змонтовані 6 термодатчиків, для подальшого вимірювання температури відпрацьованих газів на різних режимах навантаження.

Вигляд передньої частини автомобіля, після встановлення випускного колектору та турбонагнітача наведено на рисунку 3.



Рисунок 3 - Вигляд передньої частини автомобіля, після встановлення випускного колектору та турбонагнітача

Однією з ключових проблем після збільшення літрової потужності двигуна є забезпечення певного моторесурсу при суттєвому збільшенні рівня теплового та механічного навантаження на деталі та вузли двигуна. Як відомо, зі зростанням рівня форсування – зростає максимальний тиск згоряння, внутріциліндрова температура та, відповідно температура відпрацьованих газів

Рівень температур деталей камери згоряння, в першу чергу поршня на випускних клапанів, теж збільшується, по майже лінійній залежності, що

потребує впровадження конструктивних та технологічних рішень з поліпшення умов їх роботи.

Висновки

- Найпоширеніший спосіб форсування атмосферного двигуна відбувається шляхом встановлення турбонагнітача, після чого автомобіль може відповідати сучасним стандартам потужності.
- Виготовлений випускний колектор оригінальної конструкції, який вмонтований в моторний відсік автомобіля BMW E46.
- Ремонтопридатність розглянутого двигуна є найбільшою перевагою, порівняно з сучасними моделями двигунів, таких як, наприклад, двигун БМВ B58B30 де поршнева група є одноразовим компонентом - немає можливості механічного відновлення.

УДК 502/504:712.4:711.435

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЗЕЛЕНИХ НАСАДЖЕНЬ МІСТА

Прокопенко Наталія Вікторівна, канд.. біол.. наук, доцент кафедри
Екології

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
e-mail: natvikpro08@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2783-2777

Свашенко Антон Андрійович, здобувач третього рівня
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Актуальність дослідження зумовлена постійною необхідністю вдосконалення видового складу зелених насаджень міста, що пов'язано зі змінами клімату, появою нових видів рослин, підвищенням вимог до характеристик вітрозахисту та декоративності зелених насаджень.

Метою роботи є дослідження структури та асортименту зелених насаджень міської території.

Об'єктом дослідження є зміни асортименту видів рослин в зелених насадженнях.

Предметом дослідження є оптимізація асортименту звидів рослин, що входять до складу зелених насаджень території міст.

В роботі наведено можливі комбінації видів дерев та чагарників, що формують зелені насадження міст.

Створення зелених насаджень має важливе місце в системі заходів щодо поліпшення характеристик навколишнього середовища в місті. В населених місцях ці насадження здійснюють багато функцій: захисну, розділювальну, декоративну. Будучи бар'єром між проїжджою частиною і тротуарами, деревостани захищають пішоходів від дії вітру, прямої сонячної інсоляції; знижують рівень шуму, газоподібних забруднювачів.

Значення смуг, які мають виражену вітрозахисну функцію, дуже велике. Вони послаблюють або запобігають негативному впливу посух, суховіїв, холодних і хуртовинних вітрів і поліпшують мікроклімат. Спостереженнями встановлено, що на завітреному узліссі швидкість вітру менша, ніж на відкритому полі.

Вітрозахисні деревні насадження в міських умовах створюють за конструкціями та з асортиментом, де здебільшого використовують місцеві лісоутворювальні породи: тополь, вербу, клен, ясен тощо. Однак, згідно з сучасними науковими дослідженнями, не змінюючи конструкції захисних смуг, можна розширити асортимент порід дерев та чагарників для цих насаджень.

Вітрозахисні смуги в міському середовищі використовують для зниження швидкості вітру в житлових мікрорайонах, що покращує мікроклімат, навколо водойм - для зниження випаровування і запобігання водної та вітрової ерозії, уздовж автомобільних магістралей - для зменшення бічного вітрового потоку тощо.

Основні вітрозахисні смуги розташовують поперек дії шкідливих вітрів. Вітрозахисна ефективність залежить від конструкції смуг, ступеня вітропроникності, швидкості вітру, кута підходу вітрового потоку до смуги, висоти насадження, густоти розміщення смуг на території та розташування за елементами рельєфу.

Під конструкцією розуміється формування зеленої смуги, яка характеризується розмірами і розподілом просвітів за вертикальним профілем. Конструкція залежить від ширини смуги та її ярусності. Зазвичай виділяють такі основні конструкції: непродувні (щільні), продувні, ажурні. Між ними можуть бути проміжні конструкції: ажурно-продувні, ажурно-непродувні тощо.

Непродувна конструкція вирізняється майже повною відсутністю просвітів на бічній поверхні зеленої смуги. Ширина таких смуг понад 20 м, насадження багаторушне, але може бути і простим. Основна маса потоку вітру обтікає таку смугу зверху; крізь неї проходить не більше 25-30 % вітрового потоку. Щільні зелені смуги діють за типом непроникних екранів. Сумарна швидкість вітру в середньому знижується на 30-35 %. Для щільної конструкції застосовують дерева й чагарники зі щільною кроною, великим листям.

Ажурна конструкція характеризується рівномірним розміщенням просвітів на бічній поверхні лісової смуги. Площа просвітів становить 25-35 % площі стіни насаджень. Ширина таких смуг 15-20 м; насадження складні. Основна частина потоку повітря проходить крізь ажурну стіну, втрачаючи швидкість, а решта обтікає її зверху. Ефективними є ажурні лісові смуги, які діють на вітровий потік за типом ґратчастих екранів. Загальна дальність їхнього впливу становить 35-40 Н. У цій зоні швидкість вітру знижується на 35-40 %.

Продувна конструкція відрізняється від ажурної більшою щільністю вгорі та середині бічного профілю і більшими просвітами внизу. Площа просвітів сягає 60-70 %. Ширина таких зелених смуг 5-15 м, насадження двоярусне, без підліска або з низьким чагарником. Основна частина потоку повітря проходить крізь нижню частину такої смуги, а решта обтікає її зверху. Дальність

ефективного впливу цих смуг становить 35-40 Н при зниженні швидкості вітру на 35-40 %.

Відстань між зеленими смугами визначають, виходячи з розрахункової висоти деревних порід, дальності їхнього ефективного впливу. Найчастіше вони багаторядні. Для першого ряду, який приймає на себе основний шквал вітру, підходять міцні, стійкі чагарники, що легко переносять обрізання, і які можуть бути сформовані стрижкою для здійснення цієї мети. Це можуть бути такі рослини як: глід, ірга. Для другого ряду вибирають основні лісоутворювальні породи дерев, такі, як, наприклад, сосна, дуб, клен, верба, що добре виконують вітрозахисну функцію. Третій ряд формують із квітучих листопадних чагарників. Підійдуть спірея, бузок, барбарис, дерен.

Вітрозахисні властивості смуг визначаються їхньою багатоярусністю, а декоративність цвітінням листяних дерев і забарвленням листя чагарників. В запропонованій структурі представлені рослини різної висоти та з різною формою крони. Усі рослини в пропонованих групах мають високі екологічні якості: пристосованість до міських умов, невибагливість до ґрунту, зимостійкість. Вони відрізняються високими декоративними якостями: красивою формою крони, різноманітним забарвленням суцвіть, приємним ароматом у весняний період, забарвленням листя і яскравими плодами в осінній період. За умови гарного догляду за ними можна домогтися тривалого функціонування вітрозахисного «зеленого бар'єру».

Однак породи дерев та чагарників, які представлені в смугах можуть бути як суто місцевими, так і інтродукованими.

Щільна конструкція зеленої вітрозахисної смуги може бути використана для придорожніх, прибалочних, приоражних посадок. Така вітрозахисна смуга складається з 6 ярусів із деревами та чагарниками зі щільною кроною. Рослини розподіляються по ярусах таким чином: 1 ярус - спірея японська; 2 ярус - пухироплідник калинолистий, калина городовина; 3 ярус - горобина проміжна; 4 ярус - клен псевдоплатановий; 5 ярус - каштан кінський звичайний; 6 ярус - платан кленолистий.

У цьому насадженні використовуються деревні рослини інтродуценти 1-ї (платан, каштан кінський звичайний), 2-ї (клен), 3-ї (горобина) величини. Вони мають красиву широкоовальну щільну крону. Дерева та чагарники в даному насадженні мають тривале рясне цвітіння. Декоративний ефект мають листя і плоди рослин (платан, каштан кінський звичайний, клен, горобина).

Приводоемні щільні захисні смуги використовуються навколо водойм для захисту від випаровування та ерозії, санітарної охорони водних об'єктів, підвищення якості води. При цьому проєктують три смуги: берегоукріплювальну, відтіняльно-дренажну, санітарно-гігієнічну [2, с. 22].

Для берегоукріплювальної смуги пропонуються 3-5 рядів чагарників із кронами щільними і середньої щільності: верба Шверіна, верба чорніюча, верба пурпурова, верба попеляста, верба вухата. У цьому насадженні використовуються деревні чагарники, що витримують затоплення. Вони декоративні своїм листям і цвітінням.

До складу відтіняльно-дренажної смуги входять види дерев зі щільною кроною: 1 ряд - вільха чорна, 2 ряд - черемха звичайна, 3 ряд - оксамит амурський. При створенні смуги використовуються красиво квітучі вологолюбні деревні рослини з листям яскравого осіннього забарвлення.

Санітарно-гігієнічна смуга складається з наступних видів деревних порід з щільною і середньої щільності кроною: 1 ряд - форзиція європейська, чубушник вінцевий; 2 ряд - клен сріблястий, ясен зелений; 3 ряд - маакія звичайна; 4 ряд - айлант найвищий; 5 ряд - сосна італійська. До складу цієї смуги включено хвойні дерева з фітонцидною активністю, а також дерева з декоративним стовбуром (маакія) і красиво квітучі чагарники (форзиція, бузок).

Продувна смуга складається з 2-х ярусів, використовуються дерева з високо піднятою кроною середньої щільності: сосна звичайна, сосна кримська, софора японська, робінія клейка, клен Гіннала. Як низький чагарник рекомендується перстач чагарниковий, спірея дібровколиста, спірея Бумальда. Смуга, що продувається, застосовується як захисна смуга по периферійних кордонах парків, скверів, деревних насаджень житлових мікрорайонів. Декоративні якості захисної смуги - це гарна форма крони (сосна), гарна форма листя (клен), тривале і рясне цвітіння (софора, робінія, перстач, спірея).

Ажурна конструкція складається з деревних порід дерев і чагарників із кронами легкої пористої структури (ажурної). Захисна смуга складається з 3-х ярусів. Для створення цієї смуги пропонуються такі рослини: 1-й чагарниковий ярус складається з аморфи чагарникової, тамариксу гіллястого, ірги канадської, калини звичайної, 2-й ярус - лох вузьколистий, горобина звичайна, кельрейтерія волотиста, 3-й ярус - модрина звичайної, модрина японської, робінія псевдоакація. Ажурні конструкції використовуються як садово-захисні, придорожні, стокорегулювальні насадження. Декоративні якості смуги - це ажурне листя (листіквінція, горобина, кельрейтерія, аморфа, тамарикс), тривале цвітіння (горобина, кельрейтерія, аморфа, ірга), яскраво забарвлені плоди (горобина, ірга).

Ажурно-непродувна конструкція використовується як придорожня вітрозахисна смуга. До її складу входять дерева і чагарники: 1 ярус - чагарники з щільною кроною, а саме, калина городовина, глід однопестичний; 2 ярус - гледичія триколючкова, 3 ярус - айлант найвищий. Смуга декоративна формою листя (глід, гледичія, айлант), рясним цвітінням (глід), красивою формою плодів (калина, гледичія, айлант).

Використання різних типів вітрозахисних смуг дасть змогу поліпшити екологічну ситуацію в урбанізованому середовищі, а багатий асортимент дерев і чагарників, що використовуються у створенні захисних смуг, підвищать декоративну та естетичну цінність міської території.

APPLICATION OF METHODS OF EXPERIMENT PLANNING THEORY FOR ASSESSING THE ECONOMY OF A PNEUMO-ENGINE

Anna E. Filatova, D.Sc., prof., Department of Computer Engineering and Programming,
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (NTU "KhPI")

Ihor M. Nikitchenko, Ph.D., Assoc. Prof., Department of Internal Combustion
Engines, Kharkiv National Automobile and Highway University
dvs@khadi.kharkov.ua, ORCID: 0000-0002-9481-4296.

Eduard V. Teslenko, assistant, Department of Internal Combustion Engines,
Kharkiv National Automobile and Highway University
dvs@khadi.kharkov.ua, ORCID: 0000-0001-8833-1733

Maksym V. Strilets, graduate student of the Department of Internal Combustion
Engines, Kharkiv National Automobile and Highway University
dvs@khadi.kharkov.ua, ORCID: 0009-0004-1041-6285

Dmytro V. Savych, graduate student of the Department of Internal Combustion
Engines, Kharkiv National Automobile and Highway University
dvs@khadi.kharkov.ua, ORCID: 0009-0002-7548-4831

The relevance of the work is to optimize the workflow of a pneumatic engine by conducting a full factorial experiment (FFE).

The impact of independent parameters (valve opening-closing angles) on its indicator air consumption was evaluated.

The purpose of the work is to conduct a full factorial experiment (FFE). Tasks: on the basis analysis of the literature, taking into account various factors to choose the experiment plan to construct graphical dependences of the factors influence (intake valves opening - closing angles) on the specific effective compressed air consumption in the pneumatic engine and determine their influence on the indicator air consumption.

The research object is the workflow of a piston pneumatic engine with valve air distribution.

The research subject is the workflow patterns and parameters of the car combined power plant pneumatic engine with valve air distribution.

This work using the central composite rotatable plan of a different order, offers Box and Behnken [1].

Previously, to reduce the number of experiments using the Placketts method and Burman [2] screening of insignificant factors was carried out. The factors varied on three levels.

Each of the experiments was conducted strictly for the combination of selected variables X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , factors given by the plan at three levels $(-1, 0, +1)$:

$$y=f(X_1, X_2, X_3, X_4) \quad (1)$$

where:

- X_1 - intake valve opening moment (-10, 0, 10);
- X_2 - intake valve closing moment (160, 170, 180);
- X_3 - exhaust valve opening moment (170, 180, 190);
- X_4 - exhaust valve closing moment (260, 270, 280).

When setting up an experiment to study the mutual influence of three factors, 18 experiments will be required. At the same time, except there will be even ones taken into account and everything and other types of correlations. Exit function of this FFE has probability minimization of compressed air effective consumption, which takes into account its quality change in the pneumatic engine workflow [3].

The main requirement for the model is the ability to predict the direction of further research and to predict with the necessary accuracy. In this, the experiment itself can be carried out both in a real object and with its mathematical models [4,5,6]. In the theory of experiment planning, requirements and conditions are formulated that must be taken into account when choosing dependent variables (feedback, outputs, objective functions) and independent variables. Dependable variable must be single, unambiguous, have a clear physical meaning, and be characterized by a number. Thus, it is necessary with the help of an experiment, which will be carried out with incomplete knowledge or unknown mechanisms phenomenon, build mathematical model, which is specific air consumption g_i defined by expression (2), with all the variables (factors) on which it depends.

According to the chosen plan, it was done, in randomized 18 studies. Each experience was repeated 3 times, for this a simulation mathematical model of the pneumatic engine operation was used, taking into account the constancy of the compressed air quality parameters, implemented in the MATLAB software product.

The mathematical model after the implementation of FFE experiments looks like this:

$$y = b_0 + b_1 x_1^2 + b_2 x_2^2 + b_3 x_3^2 + b_4 x_4^2 + b_{11} x_1 - b_{22} x_2 - b_{33} x_3 - b_{44} x_4 + b_{12} x_1 x_2 - b_{14} x_1 x_3 - b_{14} x_1 x_4 + b_{23} x_2 x_3 + b_{24} x_2 x_4 - b_{34} x_3 x_4 \quad (2)$$

where y is a output function; $x_i, x_j, \dots, x_n$ – driving factors ; $b_i, b_{i,j}, \dots, b_n$ - regressions coefficients.

To calculate the coefficients of this model, an extended matrix of planning and experimental results was built (Table 1).

Studying the obtained polynomial model (3), it is possible, on the basis of some mathematical assessment criteria, to fairly clearly judge their adequacy or inadequacy to its processes that are actually occurring.

Table 1 – Expanded matrix of 18 studies plan and results

Series tests	Factors				air cons. g_i , kg/(kW·h)		
	φ_{in_o}	φ_{in_cl}	φ_{ex_o}	φ_{ex_cl}	Repeated tests		Average value
	x_1	x_2	x_3	x_4	1	2	g_{icp}
1	0	0	0	0	41.09	41.46	41.83
2	-1	-1	-1	-1	98.30	99.01	99.72
3	-1	+1	+1	+1	58.58	58.63	58.68
4	+1	-1	+1	+1	57.87	57.32	56.77
5	+1	+1	-1	+1	122.53	121.86	121.19
6	+1	+1	+1	-1	142.58	142.37	142.16
7	0	+1	-1	-1	72.76	71.88	71.00
8	0	-1	+1	-1	83.33	82.85	82.37
9	0	-1	-1	+1	64.59	63.30	62.01
10	+1	0	-1	-1	120.54	120.50	120.46
11	-1	0	+1	-1	72.43	71.11	69.79
12	-1	0	-1	+1	50.85	51.08	51.31
13	+1	-1	0	-1	101.98	101.85	101.72
14	-1	+1	0	-1	40.68	41.48	42.28
15	-1	-1	0	+1	104.16	103.99	103.82
16	+1	-1	-1	0	95.60	94.77	93.94
17	-1	+1	-1	0	34.36	33.92	33.48
18	-1	-1	+1	0	117.11	116.46	115.81

Such a model allows us to talk about the influence of individual factors on the system, as well as their mutual influence. The regression coefficients were calculated according to the following formula:

$$b_0 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \bar{y}_j; \quad b_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ji} \bar{y}_j. \quad (3)$$

As a result of the implementation of the three-level four-factor model of FFE and definition statistical significance all of 15 coefficients, the regression equation (4) became next form:

$$y = 9399,8871 + 0,26 + 0,18 + 0,057 + 0,03 + 2,6014x_1 - 62,9937x_2 - 19,9586x_3 - 15,9027x_4 + 0,2512x_1x_2 - 0,1x_1x_3 - 0,1x_1x_4 + 0,0044x_2x_3 + 0,002x_2x_4 - 0,0048x_3x_4 \quad (4)$$

Audit reproducibility experiment was conducted using Cochran's criterion, and the degree significance coefficients determined by Student's criterion on the basis of parallel experiments, showed significance everyone coefficients received equation.

At the same time adequacy hypothesis mathematical model by criterion Fisher's is not contradicted by Eq 5% significance.

We gave and obtained graphical dependences of the influence of varying factors on the compressed air specific effective consumption (Fig. 1).

Figure 1 presents the pneumatic engine characteristics of the specific indicator consumption as a function of the intake and exhaust valves opening-closing angles.

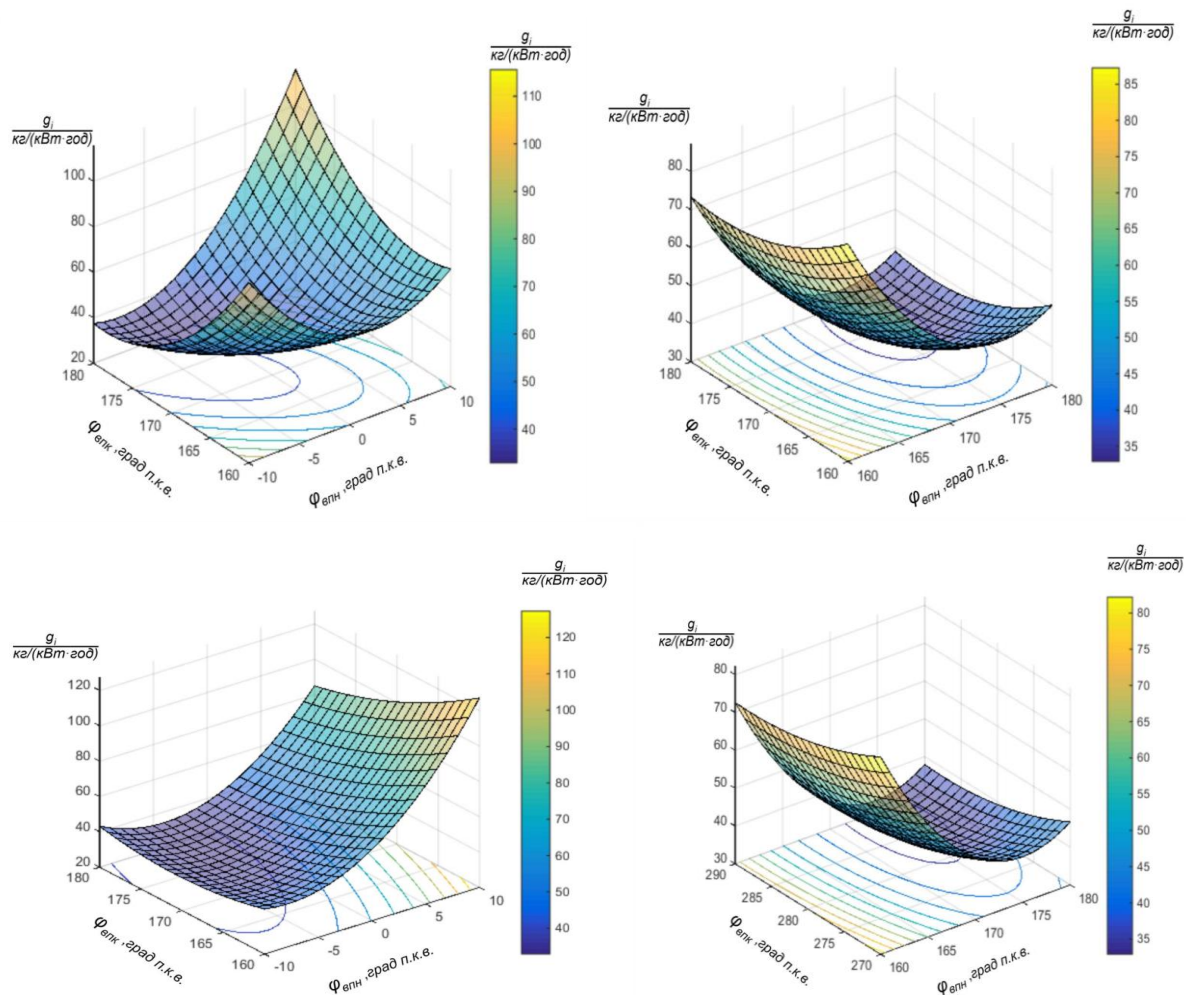


Figure 1 – Graphic dependencies impact factors (intake and exhaust valves opening-closing angles) of the pneumatic engine compressed air specific effective consumption.

Conclusions

The goal of the work was fulfilled, a full factorial experiment (FFE) was carried out. On the basis of the literature analysis, taking into account the variable factors, the task of the work is defined - the choice of the plan for conducting the experiment is carried out. Graphical dependences of the factors influence (valves opening - closing angles) of the pneumatic engine compressed air specific effective consumption were constructed and their influence on the indicator air flow rate was determined.

With given above dependences can be seen that compressed air specific effective consumption g_i is growing from increasing the closing of the intake valve (X_2) and increasing the closing of the exhaust valve (X_4). Increasing or decreasing the

opening angles of the intake (X_1) and exhaust (X_3) valves and the closing of the exhaust valve also leads to an increasing the pneumatic engine compressed air specific effective consumption.

Multifactorial optimization of pneumatic engine operation was carried out $D/S = 9.2/9.2$. As a result of the analysis of the calculations, the optimal parameters kW and kg/h were obtained.

Thus, to reduce pneumatic engine compressed air specific consumption as a whole possible development measures of a constructive nature aimed at modernization systems air supply by application of electrohydraulic valves drive.

Literature

- 1 . Box, G. E. P., & Behnken, D. W. (1960). Some New Three Level Designs for the Study of Quantitative Variables. *Technometrics*, 2(4), 455–475. <https://doi.org/10.1080/00401706.1960.10489912>
- 2 . Plackett, R L, and J P Burman, 'The Design of Optimum Multifactorial Experiments', *Biometrika: One Hundred Years* (Oxford, 2001; online edn, Oxford Academic, 31 Oct. 2023), <https://doi.org/10.1093/oso/9780198509936.003.0010>, accessed 30 Sept. 2024.
3. Jiju Antony, *Design of Experiments for Engineers and Scientists* (Second Edition), Elsevier, 2014, 221 p. ISBN 9780080994178, <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099417-8.00019-5>.
4. L.A. Román-Ramírez, J. Marco, Design of experiments applied to lithium-ion batteries: A literature review, *Applied Energy*, Volume 320, 2022, 119305, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119305>.
5. Planning of the experiment. Methodical instructions for independent work in the courses 'Fundamentals of scientific research' and 'Modern methods of scientific research in pressure treatment' [Planuvannia eksperymentu. Metodychni vkazivky do samostiinoi roboty z kursiv «Osnovy naukovykh doslidzhen» ta «Suchasni metody naukovykh doslidzhen v obrobtsi tyskom»]: for students of the educational programme 'Applied Mechanics' of full-time and part-time study / compiled by. V.I. Kuzmenko, A.O. Okun - Kharkiv: NTU 'KhPI', 2021. 44 p.
6. Levchenko D. V. (2021), "Selection and justification of the mathematical 6 factors experiment plan in the study of ice starting qualities" [Vybir ta obhruntuvannia matematychnoho planu 6-ty faktornoho eksperymentu pry doslidzhenni puskovykh yakosti DVZ], *Dvigateli vnutrennego sgoraniya*. № 2, pp. 86-92.

CONSTRUCTION OF THE REGRESSION MODEL OF THE SPECIFIC AIR CONSUMPTION FOR AN AUTOMOBILE PNEUMO-ENGINE

Anna E. Filatova, D.Sc., Prof., Department of Computer Engineering and Programming,
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (NTU "KhPI")
e-mail: filatova@khpi.edu.ua, ORCID: 0000-0003-1982-2322

Olena P. Varavina, Assoc. Prof., Department of Oil, Gas and Condensate Production,
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (NTU "KhPI")
ovaravina2024@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6715-5651

Ihor M. Nikitchenko, Ph.D., Assoc. Prof., Department of Internal Combustion
Engines, Kharkiv National Automobile and Highway University
dvs@khadi.kharkov.ua, ORCID: 0000-0002-9481-4296.

Eduard V. Teslenko, Assistant, Department of Internal Combustion Engines,
Kharkiv National Automobile and Highway University
dvs@khadi.kharkov.ua, ORCID: 0000-0001-8833-1733

Andriy O. Krugovyi, post-graduate student, Department of Internal
Combustion Engines, Kharkiv National Automobile and Highway University
dvs@khadi.kharkov.ua, ORCID: 0009-0001-6765-8486

Mykhailo V. Sozykin, post-graduate student, Department of Internal
Combustion Engines, Kharkiv National Automobile and Highway University
dvs@khadi.kharkov.ua

The relevance of the research topic is related to the adequate description of the function of the opening-closing angles in the intake and exhaust valves using the regression model of the second degree, which is an essential result of the study.

The purpose of the work is to determine the extremum for the compressed air specific consumption of this pneumatic engine (PE) multifactorial dependence.

The object of the research is the working processes of a piston pneumatic engine with valve air distribution.

The subject of the research is the patterns and parameters of the working processes in the pneumatic engine with the combined power plant of the automobile with valve air distribution.

In compliance with the experiment plan, a series of measurements of the indicator flow rate of compressed air was carried out according to the speed characteristics of the pneumatic automobile engine 1I 9.2/9.2. The experimental study was conducted in the laboratory of the ICE of Kharkiv National Automobile and Highway University on a motor stand equipped with all the necessary measuring equipment [1,3,5,13]. The nominal capacity was reached at full filling at a pressure of $p_{vp} = 0.7$ MPa.

The static characteristics of PE can be adequately described using polynomials of the appropriate degree. In the study, the regression model of specific fuel consumption is presented in the form of a polynomial of the second degree as a function of the mode parameters of valve opening-closing angles.

Further construction of the mathematical model was carried out with polynomials of the second degree. As the calculations show, the model in the form of the second degree polynomial has high adequacy indicators. Thanks to the built-in MATLAB analysis packages, the following dependence of the regression model was obtained:

$$y = 9399,8871 + 0,26 + 0,18 + 0,057 + 0,03 + 2,6014x_1 - 62,9937x_2 - 19,9586x_3 - 15,9027x_4 + 0,2512x_1x_2 - 0,1x_1x_3 - 0,1x_1x_4 + (1) + 0,0044x_2x_3 + 0,002x_2x_4 - 0,0048x_3x_4$$

The work was carried out using the MATLAB data analysis package. To increase the accuracy of the result, calculations were made to build models in the form of a static function of the compressed air flow from the factors under consideration. Figure 1 presents the characteristics of the PE specific indicator air flow as a function of the opening-closing angles in the intake and exhaust valves.

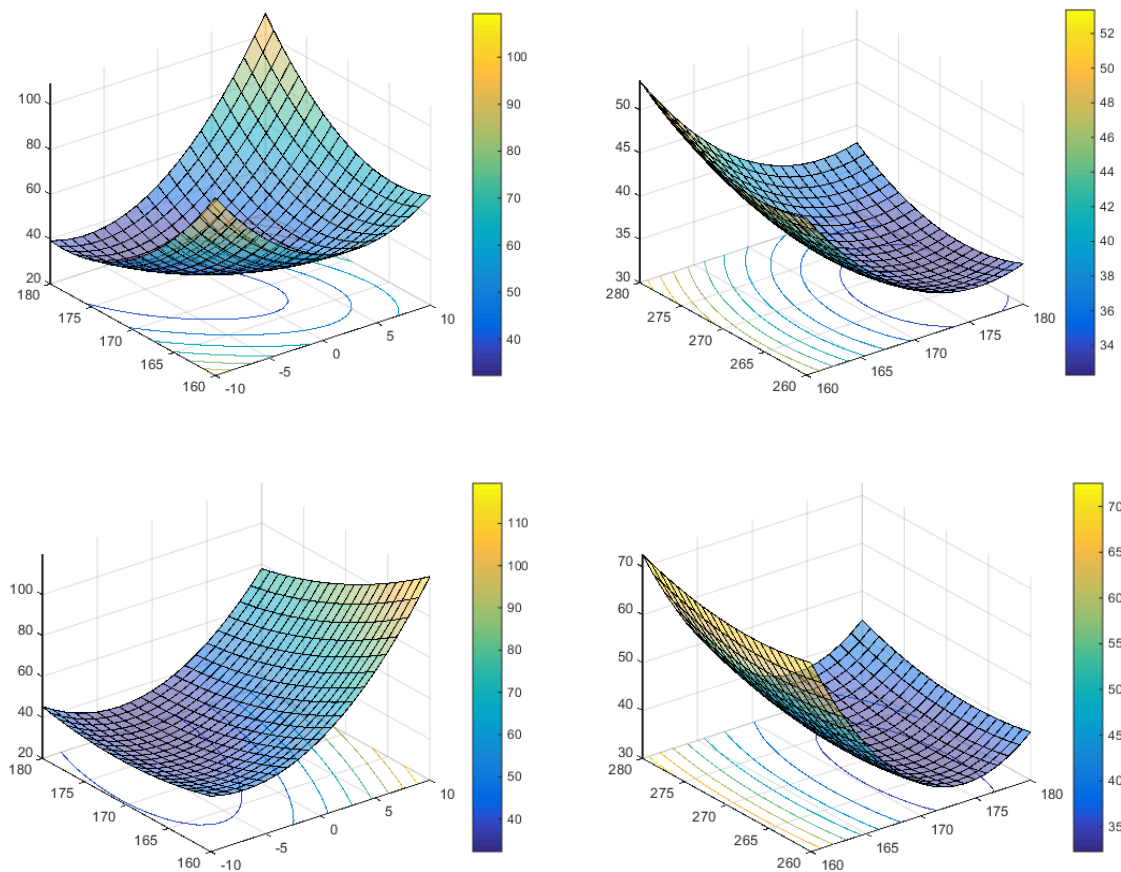


Figure 1 – Dependence of g_i on the angle of valve opening-closing

The point of the smallest specific indicator air flow $g_{\min} = 32.29 \text{ kg/kW}\cdot\text{h}$ was obtained at the following optimal angles of valve opening: $\phi_{\text{vpn}} = 3.9 \text{ deg bTC}$, $\phi_{\text{vpk}} = 174.0 \text{ deg aTC}$, $\phi_{\text{vpn}} = 176.2 \text{ deg aTC}$, $\phi_{\text{vypk}} = 266.9 \text{ deg aTC}$.

When operating automobile PEs, the modes corresponding to the surroundings of this point should be observed, which will ensure the minimum consumption of compressed air $g_{\min}$.

In this case, the coefficient of determination is equal to $R^2 = 0.9$. Since $R^2 > 0.85$, we can conclude that the reliability of the significance level according to Fisher is considerably less than 0.05, based on which we conclude that the model is statically significant. At the same time, the coefficient of the mixed correlation set is equal to 0.95.

Graphs of the obtained model were constructed. The graphic construction shows that, in order to ensure the minimum values of the specific indicator fuel consumption, it is advisable to operate the analyzed PE with revolutions within 1000 min^{-1} . $800\text{-}1000 \text{ min}^{-1}$ can be considered the optimal range for the revolutions of the PE crankshaft, when operation is achieved with a consumption of compressed air in the range of $35\text{-}38 \text{ kg/kW}\cdot\text{h}$ at the required power.

As a result of the conducted research, the goal was reached and the extremum of the multifactorial dependence of this PE was determined. Dependences of the parameters - the specific indicator air flow of the PE simultaneously on four independent variables (opening-closing angles of the intake and exhaust valves) are constructed. Graphs of universal multi-parameter characteristics are built.

It was established that the curves of the specific indicator flow rate of compressed air can be adequately described using the regression model of the second degree of the function at the opening-closing angles in the intake and exhaust valves, which is an essential result. The obtained model of the second order is a significant advantage for the works of a similar direction.

Specific indicator consumption of compressed air becomes possible with the help of an electronic control unit which produces control signals to adjust the power supply system (dosing and regulation of the supply of compressed air) to transfer the PE to the most economical mode. In this case, the problem of substantiating the optimal operating modes is relevant for the analyzed PE, as well as other PEs.

Conclusion

A multifactor optimization of the operation of the PE $D/S = 9.2/9.2$ was carried out. As a result of the analysis of the calculations, the following optimal parameters were obtained: $\varepsilon_0 = 0.12$, $\varepsilon_1 = 1$, $\varepsilon_3 = 0.59$, $p_{vp} = 0.7$ and $n = 780 \text{ RPM}$. At the same time $N_i = 2,23 \text{ kW}$ and $g_i = 32.29 \text{ kg/h}$.

The given sequence of determining the specific indicator flow rate of compressed air in different modes of operation of the automobile PE with the help of extended multi-parameter characteristics makes it possible to achieve the operation of the PE corresponding to the minimum specific flow rate of compressed air, and to provide compliance with automatic transmissions which are widely implemented in the design of modern city cars.

References

1. Voronkov O.I. The concept of creating a pneumatic engine for a car: a monograph by O.I. Voronkov , D.B. Hlushkova, A.V. Hnatov , V.O. Karpenko, E.V. Teslenko and others. - Kharkiv: KNAHU, 2019. - 256 p.

2. Leontiev D., Voronkov O., Korodorskyi V., Hlushkova D., Nikitchenko I., Teslenko E., Lykhodii O. Mathematical Modeling of Operating Processes in the Pneumatic Engine of the Car. SAE Technical Paper 2020-01-2222, 2020. ISSN: 0148-7191. doi: 10.4271/2020-01-2222
3. Change of the effective parameters of the piston pneumatic engine according to the speed characteristics / O. I. Voronkov , I. M. Nikitchenko , O. V. Teslenko, O. M. Minin // Automotive transport. 2012. Issue 31. pp. 62-66
4. O. I. Voronkov Determination of initial energy parameters of a vehicle with a pneumatic engine / O. I. Voronkov , D. M. Leontiev, E. V. Teslenko // Automotive transport. 2013. Issue 33. pp. 70-76.
5. O. I. Voronkov, G. A. Avrunin, I. M. Nikitchenko, O. V. Teslenko, O. O. Nazarov // Selection of the scheme of electro-hydraulic automation for controlling the intake valve of a piston pneumatic engine - Bulletin of the Kharkiv National Automobile and Highway University. 2017. Issue 78. pp. 144-150.
6. Z. Lurye, G. Avrunin, O. Voronkov, I. Nikitchenko, E. Teslenko, A. Nazarov, I. Serikova, V. Soloviov, Y. Tsenta, I. Moroz // Methodology for calculating the volumetric hydraulic drive of the intake valve of the pneumatic motor // Bulletin of the Kharkiv National Automobile and Highway University - No. 89(2020)
7. Z. Lurye , G. Avrunin , O. Voronkov , I. Nikitchenko , E. Teslenko , V. Soloviov , Y. Tsenta , I. Moroz // Dynamics of the volumetric hydraulic drive of the intake valve of the pneumomotor // Bulletin of the Kharkiv National Automobile and Highway University No. 90(2020)
8. "MDI's active chamber" . Thefuture.net.nz. Archived from the original on 2011-05-07. Retrieved 2010-12-12 (access 09.2024).
9. Tata Air Car to drive in by 2011 ". *Popular Mechanics* . Archived from the original on 2010-02-10 (access 09.2024).
10. Marc Carter. "Peugeot Announces Plans to Release a Hybrid Car That Runs on Compressed Air by 2016" . Retrieved 30 May 2015 (access 09.2024).
11. Matt Campbell (November 3, 2011). "The motorbike that runs on air " . *Sydney Morning Herald* . Archived from the original on November 5, 2011. Retrieved 2011-11-07.
12. Zero Pollution Motor – "Engines with zero pollution." [https://zeropollutionmotors.us] (access 09.2024).
13. E. V. Teslenko // Experimental stand for the research of automotive pneumatic engines with valve air distribution // Bulletin of the Kharkiv National Automobile and Highway University. – 2018. – Issue 83. - pp. 23-34.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ПОБУДОВИ ВІЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ ГІДРАВЛІЧНОГО СТИБКА НА ОСНОВІ РІВНЯННЯ РІЗКОЗМІННОГО РУХУ І ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Авершин Андрій Геннадійович, канд. техн. наук, доцент кафедра ДМ та ТММ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: avershin.andrey@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9522-7229

Біловол Олександр Васильович, канд. техн. наук, доцент кафедра ДМ та ТММ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: avbelovol58@gmail.com, ORCID: 0009-0006-4465-6206

Виникнення відігнутого або насунутого гідравлічного стрибка в системах дорожнього водовідведення суттєво впливає на надійність функціонування цих систем і може стати причиною їх руйнування. Визначення основних характеристик гідравлічного стрибка є важливим елементом гідравлічних розрахунків, що спрямовані на запобігання негативних наслідків його утворення. Вони використовуються при проєктуванні водобійних споруд, таких як водобійні колодязі, комбіновані водобійні колодязі, водобійні стінки, багатоступінчасті перепади. Донедавна гідравлічні методи, здебільшого побудовані на емпіричних залежностях, не дозволяли з задовільною точністю визначити довжину гідравлічного стрибка, яка безпосередньо пов'язана з розмірами ями розмиву у місці виникнення стрибка.

Щоб отримати довжину гідравлічного стрибка необхідно встановити форму його вільної поверхні. Сьогодні для цього можна скористатися або рівнянням різкозмінного руху, або чисельним моделюванням. Рівняння різкозмінного руху ґрунтуються на гідравлічному підході і враховують крім питомої сили тяжіння і питомої сили тертя питому силу інерції, тобто проєкцію рівнодіючої відцентрових сил, що виникають при викривленні струменів при різко змінному русі, на напрямок основного потоку. Перевагою гідравлічного підходу є можливість теоретичного аналізу впливу на форму поверхні потоку різноманітних гідравлічних характеристик аналітичними методами. Перевагою чисельного моделювання є те, що крім форми вільної поверхні можна отримати структуру всього потоку. В роботі проводиться порівняльний аналіз побудови вільної поверхні гідравлічного стрибка на основі рівняння різкозмінного руху і чисельного моделювання.

В роботі ставилось за мету показати можливості, переваги та обмеження гідравлічного і чисельного моделювання гідравлічного стрибка в системах дорожнього водовідведення

Рівняння різкозмінного руху у призматичному руслі має вигляд:

$$\beta \frac{\alpha v^2}{g} \frac{d^2 h}{dl^2} - \frac{dE}{dh} \frac{dh}{dl} + i - I = 0,$$

де E - питома енергія перерізу, i - похил дна, I - гідродинамічний похил, α і β - коефіцієнти, що враховують нерівномірність розподілу швидкостей і сил інерції відповідно.

З практичної точки зору достатньо скористатися його ліанеризованою версією у безрозмірних змінних:

$$\frac{d^2 h}{dl^2} + 2b \frac{dh}{dl} + k^2 h = 0,$$

де сталі коефіцієнти дорівнюють:

$$2b = 32\sqrt[3]{3}ix \frac{a^2}{h'h_k}, k^2 = 128\sqrt[3]{3}i^2 x^2 \frac{h_0}{h_k}.$$

Нормальна, критична і менша спряжені глибини, а також висота стрибка і гідравлічний показник русла, визначаються у звичайний для гідравліки відкритих русел спосіб.

У випадку, коли $b > k$, маємо рішення у вигляді, що відповідає досконалому гідравлічному стрибку:

$$h = C_1 \exp(b_1 l) + C_2 \exp(b_2 l),$$

де $b_1 = -b - \sqrt{b^2 - k^2}$, $b_2 = -b + \sqrt{b^2 - k^2}$.

У випадку, коли $b < k$, маємо рішення у вигляді, що відповідає хвилястому стрибку:

$$h = \exp(-bl) (C_1 \sin(k_1 l) + C_2 \cos(k_1 l)),$$

де $k_1 = \sqrt{k^2 - b^2}$.

Невідомі сталі визначаються з початкових умов:

$$h(l=0) = h', \frac{d^2 h}{dl^2}(l=0) = 0.$$

Остання з цих умов полягає в тому, що на початку стрибка має місце точка перегину, увігнута крива підпору переходить в опуклу криву підпору, характерну для передньої частини гідравлічного стрибка.

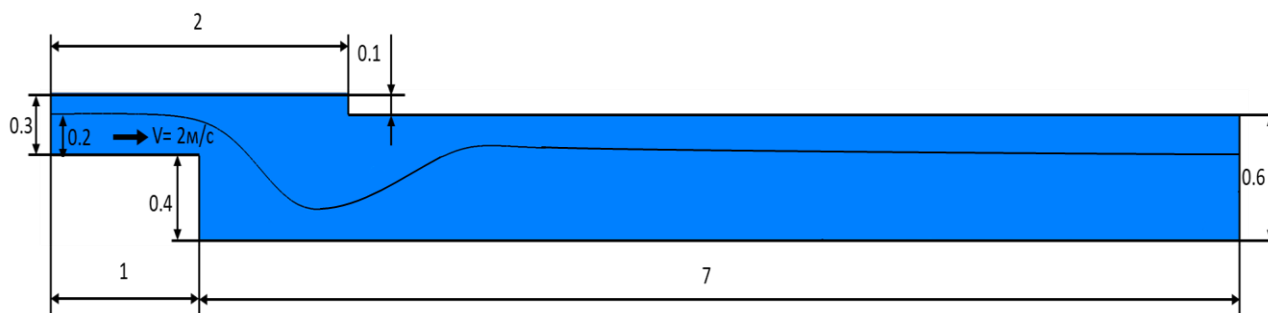


Рисунок 1 – Досконалий гідравлічний стрибок (гідравлічний розрахунок)

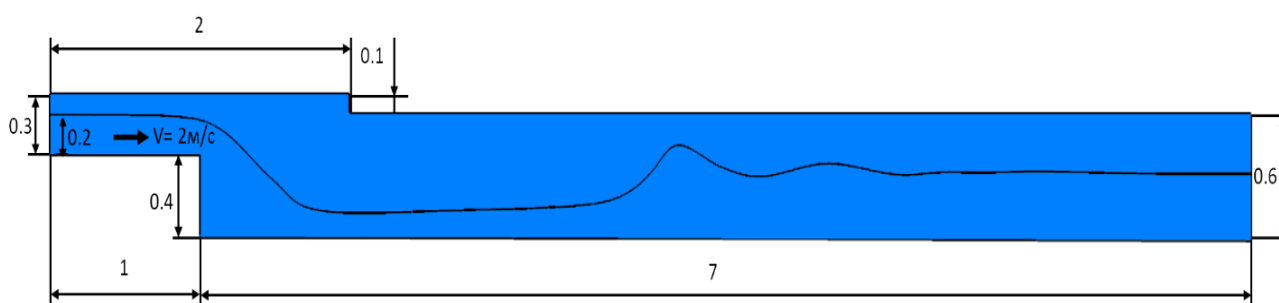


Рисунок 2 – Хвилястий гідравлічний стрибок (гідравлічний розрахунок)

Обчислювальна гідродинаміка (CFD) є потужним інструментом для моделювання двофазних течій, таких як гідравлічний стрибок. Чисельне моделювання двофазного потоку «вода - повітря» у нестационарному режимі проводилося за допомогою програмного пакету Open FOAM.

Співіснування та взаємодія декількох рідин і способів визначення межі розділу між ними має першорядне значення при чисельному моделюванні багатофазних течій. Для моделювання цього явища необхідно розробляти складні алгоритми, стабільність і точність яких сильно впливають на кінцеві результати моделювання. Методи відстеження поверхні поділяються на дві групи підходів, а саме: поверхневі методи та об'ємні методи. З одного боку, поверхневі методи явно визначають вільний інтерфейс за допомогою лагранжевого підходу, тобто відстеження набору частинок-маркерів поверхні, або за допомогою ейлерового підходу, тобто визначення функцій, які визначають положення вільної поверхні. Ці методи представляють проблеми топології при роботі з сильно деформованими течіями і поверхнями розриву. З цієї причини вони не вважаються придатними для моделювання гідравлічних стрибків.

З іншого боку, об'ємні методи краще адаптуються до такого роду явищ, але не визначають чіткої межі розділу потоків явно. Замість цього, в модель потрібно впровадити метод відстеження поверхні. Деякі моделі використовують підхід Ейлера-Лагранжа (метод частинок на рідині), що поєднує в собі ейлерову роздільну здатність течії з відстеженням частинок. Однак у тривимірних моделях велика кількість необхідних частинок робить

обчислювальну вартість цього підходу недоступною. З цієї причини в даній моделі використовується повністю ейлерівський підхід[4, 6].

Такий підхід виявився більш ефективним з точки зору обчислень, оскільки він має справу лише з одним значенням змінної для кожного елемента сітки. Цією змінною є індикаторна властивість (α), що виражає частку тієї чи іншої рідини, що міститься в кожному елементі сітки[5].

В'язка турбулентна течія описується системою рівнянь Нав'є-Стокса в області з рухомими межами [5]. Для інтегрування рівнянь Нав'є-Стокса обрано різницеву схему Бім-Вімінга [3].

Розрахункова область будувалася у 2D постановці. Модель із розмірами 0,7м x 8м (рис. 1). Розрахункова область описувалася гекса сіткою потужністю близько 300×10^3 вузлів зі згущеннями поблизу твердих поверхонь для опису прикордонного шару.

Граничні умови, що накладаються для виникнення гідравлічного стрибка, складаються з надкритичного входу потоку, підкритичного виходу потоку, гладких нижньої та бічних стінок і верхньої відкритої ділянки повітря (рис. 2).

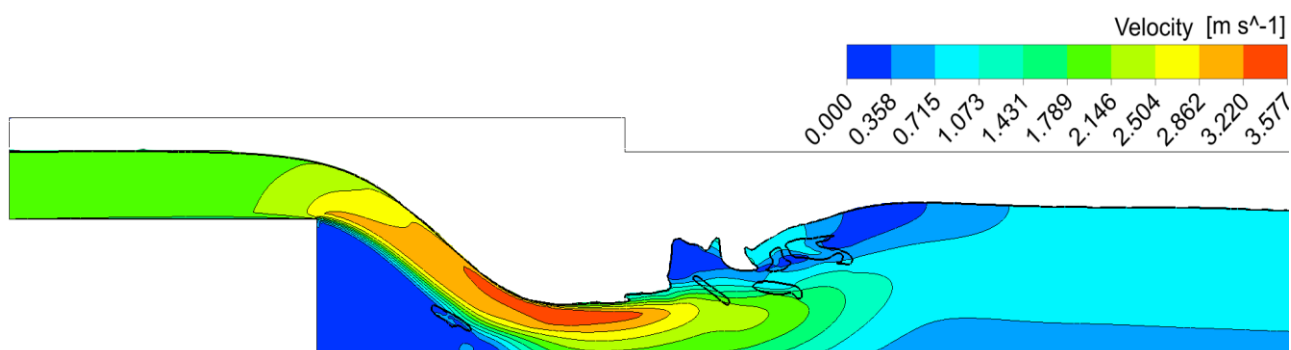


Рисунок 3 – Поле швидкості у досконалому стрибку

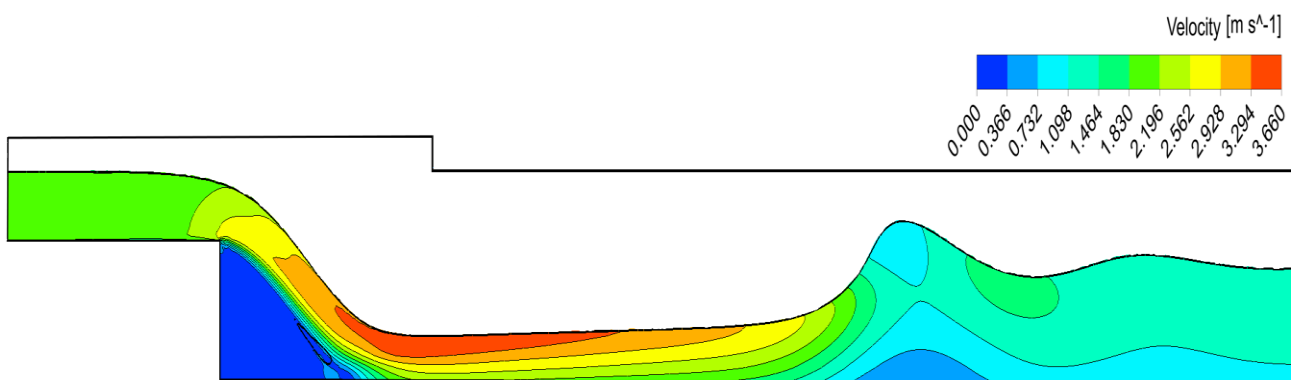


Рисунок 4 – Поле швидкості у хвилястому стрибку

Візуальний аналіз результатів моделювання дозволяє зробити висновок, що досягається стабілізований гідравлічний стрибок (див. рис. 3). При цьому спостерігаються всі характерні ознаки такого стрибка, а саме: компактний і стабільний вигляд, низьке хвилеутворення, поступова деаерація бульбашок,

вихороутворення всередині валу, відсутність відриву потоку у вхідному струмені тощо.

Аналіз поля швидкостей дозволяє оцінити швидкість руху води в критичному перерізі, що в свою чергу спрощує прийняття рішень при проектуванні.

Висновки

Проведено порівняльний аналіз побудови вільної поверхні гідравлічного стрибка на основі рівняння різкозмінного руху і чисельного моделювання.

Перевагою гідравлічного підходу є можливість на етапі проектування теоретичного аналізу впливу на довжину гідравлічного стрибка і ями розмиву різноманітних гідравлічних характеристик русла, таких як форма, розміри і похил, аналітичними методами.

Перевагою чисельних методів моделювання є отримання на останньому етапі розрахунків розподілу швидкостей у гідравлічному стрибку, що дозволяє уявити детальну картину розмивів і визначити заходи по укріпленню русла

Література

1. Chang, S. W., Hsieh, C. M., Lin, C. Y., & Liou, H. F. (2012). Air-Water Drainage Flow through Finned Bend. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 11(1), 177–184. <https://doi.org/10.3130/jaabe.11.177>
2. Hubert Chanson, Current knowledge in hydraulic jumps and related phenomena. A survey of experimental results, *European Journal of Mechanics - B/Fluids*, Volume 28, Issue 2, 2009, Pages 191-210, ISSN 0997-7546, <https://doi.org/10.1016/j.euromechflu.2008.06.004>.
3. Viti, N.; Valero, D.; Gualtieri, C. Numerical Simulation of Hydraulic Jumps. Part 2: Recent Results and Future Outlook. *Water* 2019, 11, 28. <https://doi.org/10.3390/w11010028>
4. Javan, Mitra & Eghbalzadeh, Afshin. (2013). 2D numerical Simulation of Submerged Hydraulic Jump. *Applied Mathematical Modelling*. 37. 6661–6669. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2012.12.016>.
5. Bayon, Arnau & López-Jiménez, P.. (2015). Numerical analysis of hydraulic jumps using OpenFOAM. *Journal of Hydroinformatics*. 17. 662-678. <https://doi.org/10.2166/hydro.2015041>.
6. Kim, Hyung & Choi, Seohye & Park, Moonhyeong & Ryu, Yonguk. (2023). Flow Turbulence and Pressure Fluctuations in a Hydraulic Jump. *Sustainability*. 15. <https://doi.org/10.3390/su151914246>.

РОЗРОБКА СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ПІДЙОМНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Воропай Олексій Валерійович, докт. техн. наук, професор кафедра ДМ та ТММ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: voropay.alexey@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3396-8803

Шарапата Андрій Сергійович, канд. техн. наук, доцент кафедра ДМ та ТММ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: phd.sharapata@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0823-9262

Єгоров Павло Анатолійович, канд. техн. наук, доцент кафедра ДМ та ТММ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: phd.egpavel@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6616-9966

Богдан Дмитро Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедра ДМ та ТММ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: phd.bogdan@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5345-694X

В Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті існує видатний підрозділ – “Навчально-науково-випробувальна лабораторія швидкісних автомобілів (ЛША) імені В. К. Нікітіна”, яка є об'єктом національного надбання.

Протягом існування лабораторії було створено більше 20 унікальних рекордно-гоночних швидкісних автомобілів. Ці автомобілі відомі на весь світ під назвами “ХАДІ–№”. Деякі з них мають надзвичайну історичну цінність. Більш детально можна дізнатися про ці визначні автомобілі на веб-сторінці ЛША [1]. Найважливіші та знакові моделі знаходяться в спеціалізованому виставковому приміщенні. Періодично виникає проблема переміщення автомобілів з виставкової зали для технічного обслуговування, для участі у святкових та урочистих заходах, а в умовах війни необхідно забезпечити можливість відносно швидкого переміщення найцінніших екземплярів в спеціалізовані укриття. Підлога виставкової зали (експозиційний майданчик) розташована вище рівня поверхні під'їзних шляхів приблизно на 1 м. Для виконання опускання/піднімання цінних та важких експонатів необхідно розробити спеціальну підйомну платформу.

В табл. 1 наведено параметри деяких моделей з граничними параметрами довжини, ширини та маси, що будуть впливати на геометрію та конструкцію платформи.

У більшості експонатів (автомобілів ХАДІ–№), з якими доводиться працювати, довжина не перевищує 5 м, загальна ширина 2 м. Найбільш складна проблема з підйомно-транспортувальними роботами виникає з автомобілем ХАДІ–7 (рис. 1), що зумовлено його масово-габаритними особливостями. Тому для силових розрахунків приймемо цю модель як орієнтир. З урахуванням запасу треба забезпечити вантажопідйомність платформи 1 т.

Таблиця 1 – Масово-габаритні параметри автомобілів

Параметри	ХАДІ-7	ХАДІ-10	ХАДІ-33
Довжина, мм	5000	4300	4150
Ширина, мм	1600	1680	1980
Висота, мм	900	820	1090
Колісна база, мм	2600	2600	2550
Передня колія, мм	1220	1400	1630
Задня колія, мм	1362	дані відсутні	1470
Кліренс, мм	60	70	60
Маса, кг	840	600	500



Рисунок 1 – Фото автомобіля моделі ХАДІ-7

Окремо зазначимо, що всі ці автомобілі мають маленький кліренс (всі вони є швидкісними), тому перепад висот при в'їзді на платформу та виїзді з неї не повинен перевищувати 50–60 мм.

На даний момент існують кілька стандартних рішень, які могли б задовольнити потреби з опускання/піднімання експонатів. Особливої уваги заслуговують широко розповсюджені пристрої, що використовуються під час ремонту та експлуатації транспортних засобів, а саме: двох- та чотирьохстійкові автомобільні підйомники [2, 3]. В таких пристроях частіше за все використовується електромеханічний або електро-гідравлічний привід.

У зв'язку із специфікою застосування для двохстійкових підйомників необхідно додатково створити (спроектувати та виготовити) спеціалізовану рамну платформу, а також розв'язати задачу забезпечення поздовжньої та поперечної стійкості такого підйомника шляхом створення додаткового спирання.

Розглянуті підйомні механізми призначені лише для підйому, опускання та утримання автомобіля на певній висоті, проте виключають можливість переміщення транспортного засобу в поздовжньому напрямку в піднятому положенні. Також варто відзначити, що практично всі зазначені підйомні механізми спроектовані для умов експлуатації в приміщеннях, і мають ряд обмежень по вологості та температурі.

Таким чином для виконання поставленої задачі з опускання/піднімання цінних та важких експонатів існуючі автомобільні підйомники не можуть бути застосовані, що викликає необхідність розробки спеціалізованої підйомної платформи, яка буде задовольняти наступним вимогам:

1) можливість переміщення транспортного засобу по платформі в поздовжньому напрямку в верхньому положенні для в'їзду до виставкової зали та нижньому положенні для виїзду на під'їзні шляхи;

2) можливість експлуатації та зберігання платформи на відкритому повітрі;

3) можливість автономної роботи за відсутності електроживлення за рахунок ручного виключно механічного механізму приводу з урахуванням фізичних можливостей пересічної людини [4] (зазначимо, що це особливо важливо в умовах проблем з постачанням електроенергії);

4) можливість опускання/піднімання автомобілів довжиною 5 м та шириною 2 м;

5) мати вантажопід'ємність до 1 тони.

Згідно з перерахованими умовами необхідно розробити спеціалізовану підйомну платформу, яка буде складатись з самої платформи, яка буде мати рамну конструкцію та підйомного механізму.

Виходячи з масово-габаритних характеристик швидкісних автомобілів було запропоновано наступну конструкцію платформи (див. рис. 2). Було виконано декілька варіантів компоновки платформи, для яких був проведений аналіз на міцність та жорсткість. Треба також відмітити, що в процесі проектування авторами також приділялось багато уваги металоємності цієї конструкції. Це питання особливо актуальне з точки зору вартості виробництва.

Підйомний механізм повинен забезпечити можливість оператору самотужки підняти платформу навантажену транспортним засобом за допомогою ручного приводу. Також дуже важливо проробити можливість працювати лише в режимі самогальмування, що виключає можливість мимовільного (спонтанного) опускання, яке може спричинити пошкодження цінних експонатів та загрозу життю людей.

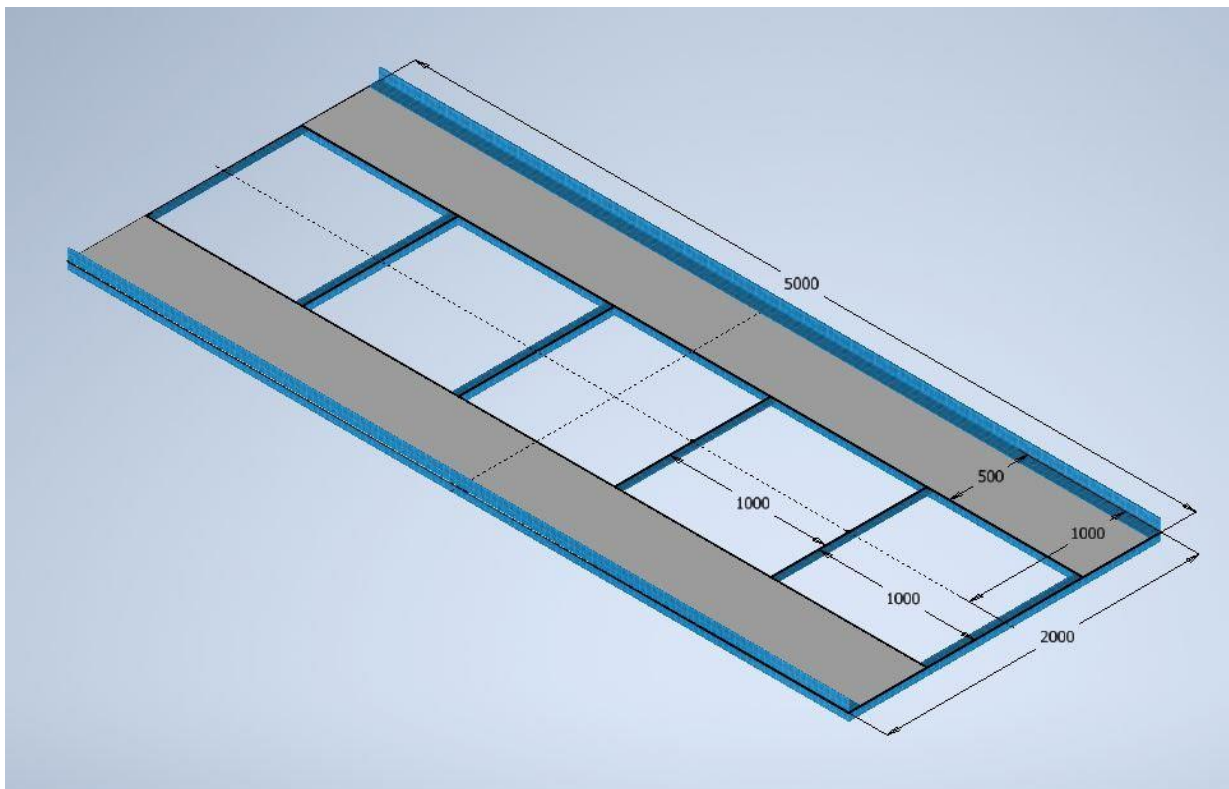


Рисунок 2 – Тривимірна модель майбутньої платформи

Висновок. Задача з розробки спеціалізованої підйомної платформи для транспортних засобів складається з двох етапів:

- розробка оптимальної конструкції самої платформи (розміри якої, як було сказано раніше, зумовлені розмірами експонатів);
- проєктування спеціального підйомного механізму для неї, що працює в режимі самогальмування.

Література

1. ЛША ХНАДУ: веб-сайт. URL: <https://af.khadi.kharkov.ua/chairs/avtomobiliv-im-ab-gredeskula/laboratorija-shvidkisnikh-avtomobiliv/> (дата звернення: 7.10.2024)
2. Car elevator: веб-сайт. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Car_elevator (дата звернення: 9.10.2024)
3. Elevator auto : веб-сайт. URL: https://ro.wikipedia.org/wiki/Elevator_auto (дата звернення: 11.10.2024)
4. ДСТУ EN 1005-3:2018 Безпечність машин. Фізичні можливості людини. Частина 3. Рекомендовані обмеження зусиль під час роботи з машинами (EN 1005-3:2002 + A1:2008, IDT)

ВПЛИВ ДИСИПАТИВНИХ СИЛ НА НЕРІВНОМІРНІСТЬ КРУТНОГО МОМЕНТУ В КАРДАННІЙ ПЕРЕДАЧІ З ПОДВІЙНИМ ШАРНІРОМ ГУКА

Коряк Олександр Олексійович, канд. техн. наук, доцент кафедри деталей машин і ТММ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: alexanderalexkor@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9119-0660

Вступ

Головним недоліком одинарного шарніра Гука є мінливість кутової швидкості вихідної ланки при обертанні вхідної ланки з постійною кутовою швидкістю у випадку, коли міжосьовий кут передачі $\alpha \neq 0$. Тому в відповідальних механізмах застосовують подвійний шарнір Гука, який дозволяє усунути вказаний недолік.

Актуальність, мета і задачі дослідження

Основні енергетичні втрати в карданних передачах складаються із втрат на подолання роботи сил тертя в їх кінематичних парах, а також втрат, обумовлених аеродинамічним опором середовища. Дисипація механічної енергії відбувається також внаслідок того, що частина роботи зовнішніх сил, які викликають деформації не абсолютно пружних ланок передач, через внутрішнє тертя в матеріалі перетворюється на внутрішню енергію. В працях, присвячених дослідженню карданних передач, відзначається, що найбільш суттєвими силами шкідливого опору є сили тертя в кінематичних парах.

Відомо, що в карданному механізмі потужність сил тертя в рухомих з'єднаннях хрестовин періодично змінюється. Тому, навіть при використанні подвійного шарніру Гука і забезпеченні рівності кутових швидкостей вхідного і вихідного валів, вихідний крутний момент по відношенню до крутного моменту на вхідному валу набуде періодичної зміни. Як показав аналіз літературних джерел, даному питанню приділено недостатньо уваги.

Метою даної роботи є оцінка нерівномірності вихідного крутного моменту в карданній передачі з подвійним шарніром Гука, яка викликана силами тертя в кінематичних парах. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі.

1. Отримати розрахункову залежність для оцінки нерівномірності крутного моменту на вихідному валу карданної передачі з подвійним шарніром Гука.

2. Оцінити вплив міжосьового кута передачі на нерівномірність вихідного крутного моменту.

Оцінка нерівномірності крутного моменту в карданній передачі з подвійним шарніром Гука

На рис. 1 представлена схема карданної передачі з подвійним шарніром Гука. Передача складається з вхідного валу 1, проміжного валу 3, вихідного

валу 5, а також хрестовин 2 і 4. Кути між осями вхідного і проміжного валів, а також між осями проміжного і вихідного валів позначені через α_1 і α_2 відповідно.

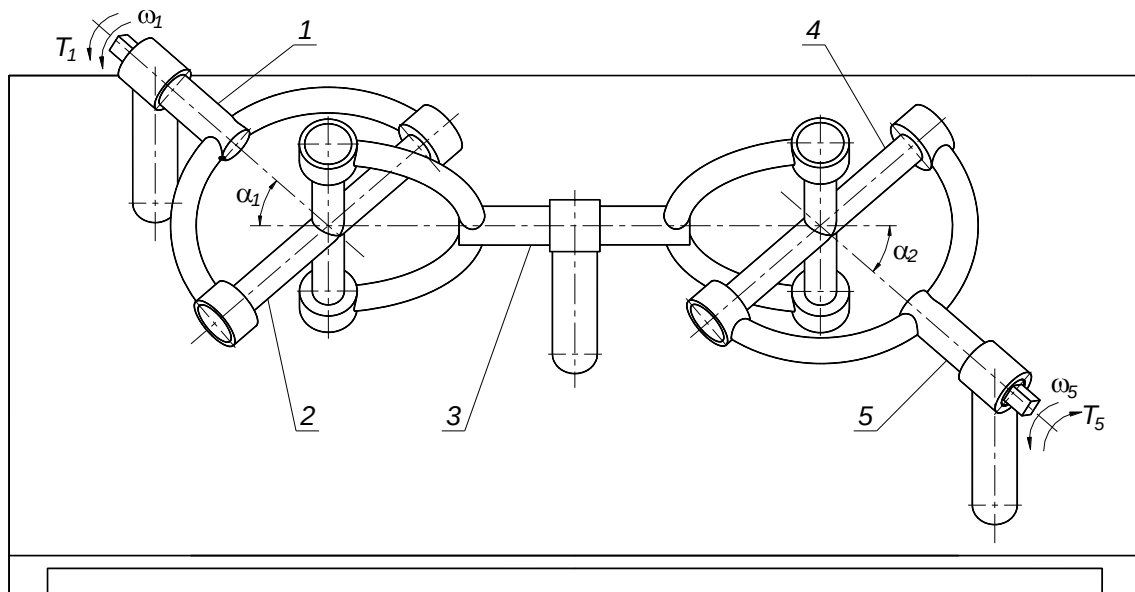


Рисунок 1 – Схема карданної передачі з подвійним шарніром Гука

Як відомо [1, 2], співвідношення між кутовими швидкостями проміжного валу 3 і вхідного валу 1 виражається залежністю:

$$\frac{\omega_3}{\omega_1} = \frac{\cos \alpha_1}{1 - \sin^2 \alpha_1 \cdot \cos^2 \varphi_1}, \quad (1)$$

де φ_1 – кут повороту вхідного валу.

Крутний момент також зазнає трансформації. Якщо знехтувати всіма видами втрат енергії, одержимо очевидну рівність:

$$T_3 \omega_3 = T_1 \omega_1, \quad (2)$$

де T_1 ; T_3 – крутні моменти на вхідному й проміжному валах відповідно.

Використання подвійного шарніра Гука дозволяє усунути нерівномірність обертання вихідного вала. Для цього необхідно, щоб вилки проміжного вала лежали в одній площині, а також виконувалася умова: $\alpha_2 = \pm \alpha_1$.

Проте, як було сказано вище, навіть при постійному крутному моменті на вхідному валу і забезпеченні рівності кутових швидкостей вихідного і вхідного валів, тобто при $\omega_5 = \omega_1$, змінний характер потужності дисипативних сил матиме наслідком періодичну зміну крутного моменту T_5 . Знехтуємо тертям в опорах валів карданної передачі і оцінимо, як впливають дисипативні втрати в кінематичних парах хрестовин і карданних вилок на вказану нерівномірність крутного моменту.

З урахуванням прийнятих припущень і виразу (2), запишемо:

$$T_1 \omega_1 = (T_3 + \Delta T_{13}) \omega_3, \quad (3)$$

де ΔT_{13} – частина крутного моменту, яка втрачається внаслідок дисипативних втрат у кінематичних парах хрестовини й карданних вилок, що з'єднують вхідний і проміжний вали.

Аналогічно:

$$T_3 \omega_3 = (T_5 + \Delta T_{35}) \omega_5, \quad (4)$$

де ΔT_{35} – частина крутного моменту, яка втрачається внаслідок дисипативних втрат в кінематичних парах хрестовини й карданних вилок, що з'єднують проміжний і вихідний вали.

В результаті дослідження отримана формула для визначення відношення T_5/T_1 в залежності від φ_1 і α за умови усунення нерівномірності обертання вихідного валу, тобто при $\alpha = \alpha_1 = \alpha_2$, наслідком чого буде також умова $\varphi_5 = \varphi_1$:

$$\begin{aligned} \frac{T_5}{T_1} = 1 + \frac{k_n \sin \alpha}{d} & \left(\frac{k_n \sin \alpha \cos^2 \varphi_1}{d(1 - \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \varphi_1)} + \frac{k_n \operatorname{tg} \alpha \sin^2 \varphi_1}{d \cos \alpha} - \right. \\ & \left. - \frac{2|\cos \varphi_1|}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \varphi_1}} - \frac{2|\sin \varphi_1|}{\cos \alpha} + \frac{2k_n \operatorname{tg} \alpha_1 |\cos \varphi_1| |\sin \varphi_1|}{d \sqrt{1 - \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \varphi_1}} \right), \end{aligned} \quad (5)$$

де $k_n = T_{\text{три}} / F_{ri}$ – відношення моменту сил тертя в i -тому підшипнику ($T_{\text{три}}$) рухомого з'єднання хрестовини і карданної вилки до радіальної сили (F_{ri}), яка діє на даний підшипник (вважалось, що дане відношення однакове для всіх підшипників обох хрестовин);

d – відстань між середніми перерізами опор хрестовин.

Висновки

1. В результаті проведеного дослідження карданної передачі з подвійним шарніром Гука отримано розрахункову залежність для визначення відношення крутного моменту T_5 на вихідному валу до крутного моменту T_1 на вхідному валу.

2. Встановлено, що відношення T_5/T_1 є періодичною функцією з періодом $\pi/2$ кута повороту φ_1 вхідної ланки.

3. Зі збільшенням кута α збільшується амплітуда відношення T_5/T_1 і зменшується середнє значення відношення вказаних крутних моментів.

Література

1. Кіницький, Я. Т. Теорія механізмів і машин / Я. Т. Кіницький. – Київ: Наукова думка, 2002. – 660 с.
2. Подригало М. А. Кінематика шарніра Гука / М. А. Подригало, В. А. Перегон, О. А. Бобошко, Д. І. Богдан, О. О. Коряк // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології, 21/2022. – с. 48-56.

АНАЛІЗ ВИМУШЕНИХ КОЛИВАНЬ ОПОР РОТОРІВ ПАРОВОЇ ТУРБІНИ ВЕЛИКОЇ ПОТУЖНОСТІ ПОБЛИЗУ РОБОЧОЇ ЧАСТОТИ

Красніков Сергій Васильович, канд. техн. наук, доцент кафедра ДМтаТММ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: vsevavr@ukr.net, ORCID: [0000-0003-1441-9921](https://orcid.org/0000-0003-1441-9921)

Україна мала велику кількість електростанцій. На цей час з енергетики країни вилучено одну атомну та пошкоджено декілька теплових електростанцій. Таким чином більшість електроенергії країни видобувається на атомних електростанціях. На них (так як і на теплових електростанціях) встановлені парові турбіни, що є багатоступінчастими. Вперше така ідея щодо використання парової турбіни за багатоступінчастою конструкцією була запропонована англійським інженером Парсонсом. Цей вчений запропонував всю енергію пари розділити на декілька частин і створити кожен частину в окремих турбінних шляхах, що є розташованими послідовно одна за одною на єдиному загальному валу. Турбіни, що є багатоступінчастими можуть бути активними, реактивними і змішаного типу. Турбіни змішаного типу поєднують у собі як активні, так і реактивні ступені. З точки зору надійності та економічності не є актуальною ціллю визначати недоліки та переваги одного типу турбін перед іншим. З одного боку активний ступінь здатний спрацювати тепловий перепад в два рази більший, ніж реактивний. Цьому при однакових значеннях початкових і кінцевих параметрів пара багатоступінчаста турбіна, що є активною матиме в два рази менше ступеня, ніж турбіна, що є реактивною. Це дозволяє значно скоротити довжину ротору, а також загальні масово габаритні показники турбіни. Проте довжина активного ступеня активної турбіни дещо більша, аніж реактивної. Взагалі ротори турбін, що є активними, мають меншу масу, завдяки чому маневрена якість активних турбін вища, аніж реактивних. Проте барабанні ротори турбін, що є реактивними, більш прості та технологічні з виготовлення, хоча мають гірші габаритні та масові показники, а також допускають більш повільний прогрів при пуску і меншу надійність за різкою зміною режимів роботи. В турбінах, що є активними, підведення пари здійснюється за сопловим апаратом, що зазвичай є розділеним на декілька груп. В більшості випадків кожна група сопла виготовляється з індивідуальним підведенням пари. Це полегшує регулювання потужності, а також числа обертів турбіни. На відміну від активних реактивні турбіни виготовляються тільки за повним підведенням пари за всім колом, це суттєво впливає на ускладнення процесу регулювання потужності. Саме цьому в реактивних багатоступінчастих турбінах перший ступінь є одно або двох вінковим активним регулювальним ступенем з сопловим підведенням пари. За допомогою застосування двох вінкової регулювальної щаблі досягається значний тепловий перепад вже за першим ступенем турбіни. Завдяки цьому становиться можливим зменшення загальної кількості ступенів турбіни і зниження параметрів пари перед

наступними ступенями. За реактивною конструкцією турбін значення тиску пари перед робочими лопатками і за ними є неоднаковими. Внаслідок цього виникає осьова сила, що значно впливає на ротор турбіни та її підшипник. Для зменшення значення цих осьових зусиль призначені думміси, що є спеціальними розвантажувальними пристроями. Вітчизняні парові турбіни великої потужності мають частину підшипників вбудованими у корпуси циліндрів низького тиску задля покращення масових та габаритних показників. Ці корпуси встановлюються до єдиного залізобетонного фундаменту, що є встановленим на основу. Основою зветься підлога електростанції та ґрунт. Зазначена система має назву турбоагрегат-фундамент-основа (ТФО). Однією з важливих практичних задач є визначення характеристик вимушених коливань опор роторів турбіни.

За методологією методу скінчених елементів (МСЕ) основний функціонал (1) можна зазначити у вигляді:

$$[M]\{\ddot{q}(t)\} + [C]\{\dot{q}(t)\} + [K]\{q(t)\} = R, \quad (1)$$

где M – матриця з загальних інерційних характеристик,
 C – матриця з загальних характеристик зміни енергетичного стану,
 K – матриця з загальних характеристик жорсткості,
 R – зовнішній вплив.

Власні частоти (p_j) можна обчислити наступним чином:

$$\det[K - p_j^2 M] = 0. \quad (2)$$

Частоти можна знайти за допомогою використання методу Якобі. Для знаходження власних форм коливань можна використати наступне рівняння:

$$[C_D + C(\{S\}) - p_j^2 M(\{S\})]\{V_j\} = 0, \quad (3)$$

Амплітуди вимушених коливань можна знайти за допомогою методу розкладання за власними формами.

Розрахункову модель показано на рис. 1. Скінчено-елементна модель має 27040 вузлів та 23165 скінчених елементів.

Були проведені розрахунки амплітуд вимушених коливань в опорах роторів, що є вбудованими в корпуси циліндрів низького тиску (ЦНТ). На рис. 1 зазначені ЦНТ розташовано в наступному порядку: ЦНТ-4, ЦНТ-3, ЦНТ-1, ЦНТ-2. Побудовано залежність амплітуд коливань від частоти навантаження (амплітудно-частотні характеристики - АЧХ), які наведені нижче. Навантаження було 1 Н в точках розташування опор підшипників. Розглянемо АЧХ вертикальних переміщень у точках на опорах підшипників № 1, 2 (ЦНТ-4); № 3, 4 (ЦНТ-3); № 7,8 (ЦНТ-1) № 9,10 (ЦНТ-2). Вони наведені нижче на рис. 2-5. Так, на робочій частоті 50 Гц:

- для підшипника №1 амплітуда переміщень дорівнює $6,9 \cdot 10^{-10}$ м/Н;

- для підшипника №2 амплітуда переміщень дорівнює $3,3 \cdot 10^{-10}$ м / Н;
- для підшипника №3 амплітуда переміщень дорівнює $6,8 \cdot 10^{-10}$ м / Н;
- для підшипника №4 амплітуда переміщень дорівнює $3,0 \cdot 10^{-10}$ м / Н;
- для підшипника №7 амплітуда переміщень дорівнює $2,5$ м / Н;
- для підшипника №8 амплітуда переміщень дорівнює $4,1 \cdot 10^{-10}$ м / Н;
- для підшипника №9 амплітуда переміщень дорівнює $4,3 \cdot 10^{-10}$ м / Н;
- для підшипника №10 амплітуда переміщень дорівнює $3,5 \cdot 10^{-10}$ м / Н.

Також видно, що резонанс у районі 50 Гц визначається глобальною формою коливаний системи. Для опори підшипника №3 резонанс знаходиться на робочій частоті 50 Гц.

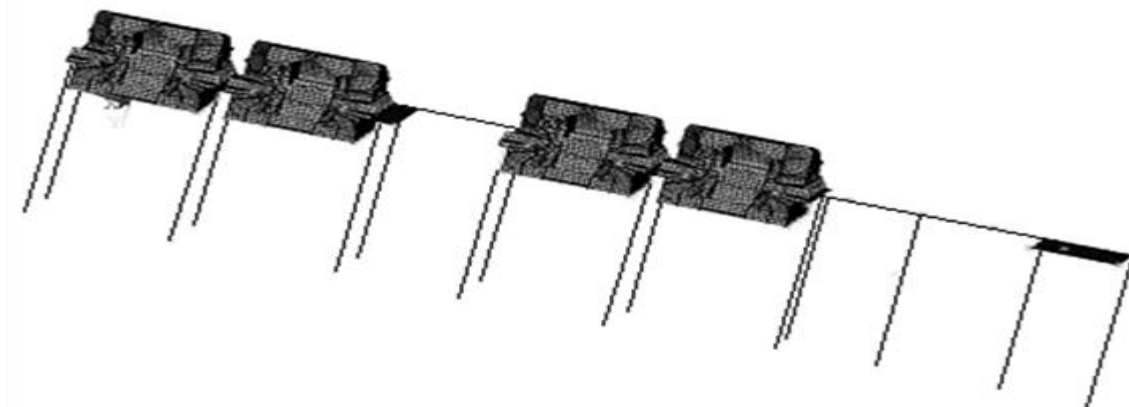


Рисунок 1 - Скінчено-елементна модель

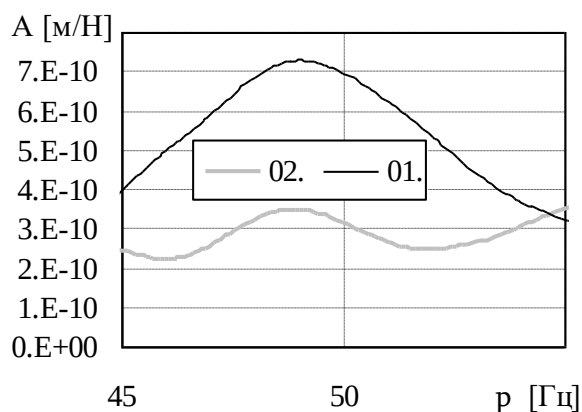


Рисунок 2 - АЧХ вертикальних переміщень для опор підшипників №№ 2,1 ЦНТ-4

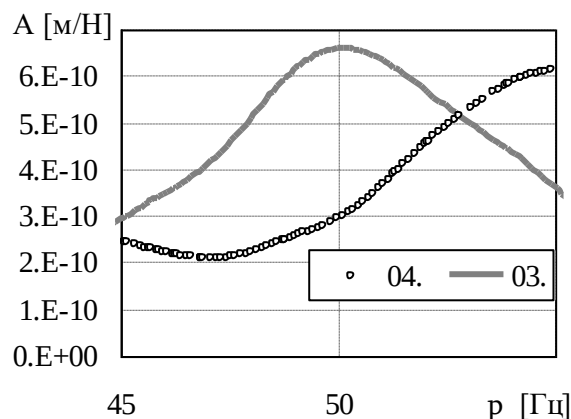


Рисунок 3 - АЧХ вертикальних переміщень для опор підшипників №№ 4,3 ЦНТ-3

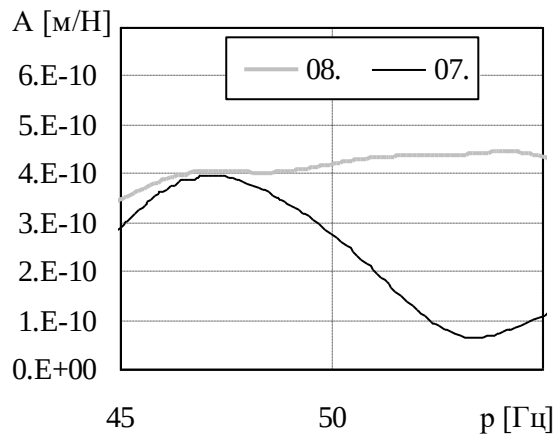


Рисунок 4 - АЧХ вертикальних переміщень для опор підшипників №№ 8,7 ЦНТ-1

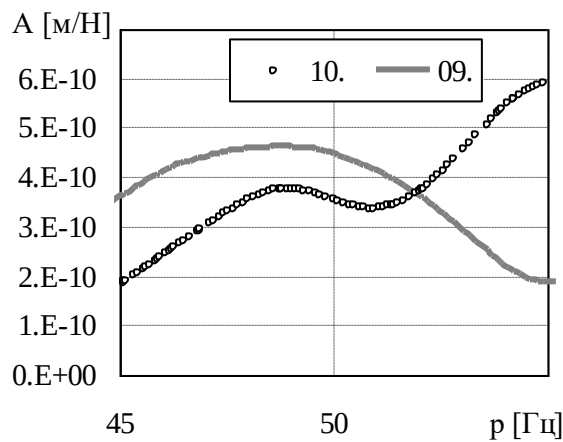


Рисунок 5 - АЧХ вертикальних переміщень для опор підшипників №№ 10,9 ЦНТ-2

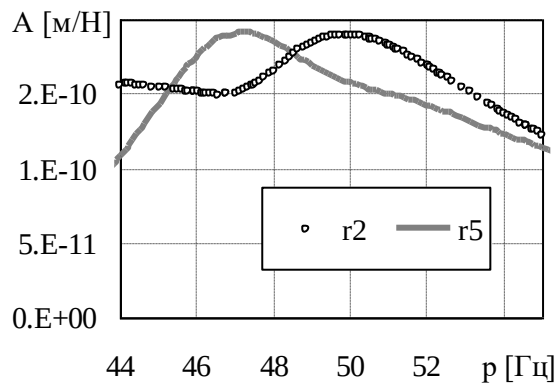


Рисунок 6 - АЧХ вертикальних переміщень у точках на осі ротора ригелів №2 та №5 фундаменту

Побудовано розрахункову модель для системи ТФО. Отримано АЧХ для вагомих точок системи ТФО для діапазону 45 - 55 Гц. Наявність глобального резонансу фундаменту (максимум під підшипниковими опорами № № 2,3 (ЦНТ-3, ЦНТ-4)) при частоті 50 Гц визначає підвищений рівень вібрацій зазначених підшипників. Подібна ситуація має місце для підшипникових опор № 8,9,10 (ЦНТ-1, ЦНТ-2) при частоті 47 Гц. Це говорить про те, що місцеве посилення конструкції під підшипниками не призведе до помітного зниження їх вібрацій. Таким чином причина підвищеного рівня вібрації опор підшипників є недостатня жорсткість фундаменту.

СУЧАСНІ МЕТОДИ ЗАСТОСУВАННЯ ПОРШНЕВИХ ДВИГУНІВ У ГІБРИДНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВКАХ ДЛЯ ТРАНСПОРТУ ТА ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.

Кривда Віталій Валерійович, канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

e-mail: krivda.v.v@ntmu.one, ORCID: 0000-0002-8304-2016

Сакно Ольга Петрівна, канд. техн. наук, доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

e-mail: sakno.o.p@ntmu.one, ORCID: 0000-0003-4672-6651

Сакно Олена Русланівна, бакалавр,
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
e-mail: sakno.o.r@ntmu.one

Актуальність теми роботи пов'язана з аналізом сучасних підходів до використання поршневих двигунів у складі гібридних енергоустановок, особливо в контексті транспорту та енергетичних систем. Окрема увага приділяється розвитку поршневих двигунів, які працюють на водні, як перспективному джерелі енергії для зменшення залежності від викопного палива.

Метою дослідження є визначення вихідних параметрів нейроматематичної моделі енергетичного балансу для оптимізації роботи гібридної системи.

Об'єктом дослідження енергетичний потік у гібридному автомобілі.

Предметом дослідження є керування енергетичними потоками в реальному часі у гібридному автомобілі.

Робота присвячена аналізу сучасних методів та підходів до використання поршневих двигунів у складі гібридних енергоустановок, особливо в контексті транспорту та енергетичних систем.

Розглянуто традиційні поршневі двигуни і їхні обмеження. Поршневі двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) використовуються у транспорту протягом багатьох десятиліть, але вони характеризуються високими викидами шкідливих речовин та низькою енергоефективністю. Основні проблеми традиційних ДВЗ полягають у значному споживанні палива, втраті теплової енергії та обмеженому потенціалі для подальшого вдосконалення у напрямку екологічної стійкості [1].

Ефективність традиційного поршневого двигуна, математично, можна описати через тепловий баланс і втрати енергії. Загальна ефективність ДВЗ (η) визначається як відношення корисної механічної роботи до загальної енергії палива, що згоряє в двигуні:

$$\eta = \frac{W_{кор.}}{Q_{нал.}} \quad (1)$$

де $W_{кор.}$ – корисна механічна робота, яку двигун виробляє для виконання корисної дії (наприклад, рух автомобіля);
 $Q_{нал.}$ – загальна енергія, що міститься в паливі, яка розраховується як продукт маси палива і його теплотворної здатності.

Однак, через теплові втрати $Q_{втр.}$, реальна ефективність значно нижча:

$$\eta_{р.} = \frac{W_{кор.}}{Q_{нал.} + Q_{втр.}}$$

Теплові втрати можна описати як суму кількох компонентів:

$$Q_{вт.} = Q_{тер.} + Q_{тепло} + Q_{випар.}, \quad (2)$$

де $Q_{тер.}$ – втрати через тертя між рухомими частинами двигуна;
 $Q_{тепло}$ – втрати тепла через вихлопні гази та систему охолодження;
 $Q_{випар.}$ – втрати енергії через неповне згоряння палива та втрати тепла в системі вихлопу.

Таким чином, для підвищення ефективності двигуна потрібно мінімізувати $Q_{втрати}$ за рахунок зменшення тертя (використання нових матеріалів або мастил), покращення згоряння палива та зниження теплових втрат. Якщо розглядати залежність ДВЗ від викопного палива, можна врахувати витрати палива і енергетичний вихід при згорянні. Витрати палива можна описати через наступну формулу:

$$C_{н.} = \frac{m_{н.}}{\eta_{д.}} \quad (3)$$

де $C_{н.}$ – кількість спожитого палива;
 $m_{н.}$ – маса палива, що згоряє;
 $\eta_{д.}$ – ефективність двигуна, яка визначає, скільки енергії було перетворено у корисну роботу.

В якості математичної моделі гібридної системи, можна застосувати складну частину з двох основних компонентів, двигуна внутрішнього згоряння – генератору механічної енергії, та електричного двигуна – генератора або споживача електричної енергії.

Представимо модель енергетичного балансу.

$$P_{заг.} = P_{ДВЗ} + P_{ел.}, \quad (4)$$

де $P_{ДВЗ}$ – потужність, яку генерує ДВЗ;
 $P_{ел.}$ – потужність електродвигуна.

Тоді витрати палива C_n в такій системі можна подати через ефективність двигуна і генератора:

$$C_n = \frac{P_{ДВЗ}}{\eta_{ДВЗ}} = \frac{P_{ел.}}{\eta_{ген.}} \quad (5)$$

де $\eta_{ДВЗ}$ – коефіцієнт корисної дії двигуна внутрішнього згорання;
 $\eta_{ген.}$ – коефіцієнт корисної дії електричного генератора.

Для розрахунку енергії, що зберігається у акумуляторах або використовується з них, застосовуємо модель:

$$E_{акум.}(t) = E_{акум.}(t-1) + P_{ген.}(t) - P_{ел.}(t), \quad (6)$$

де $E_{акум.}$ – запас енергії в акумуляторі;
 $P_{ген.}$ – потужність, що генерується ДВЗ і надходить до акумулятора;
 $P_{ел.}$ – потужність, що використовується для електромотора.

Оптимізація роботи гібридної системи. Сховані шари нейронної мережі можуть містити декілька нейронів із нелінійними функціями активації (наприклад, *ReLU* [2]), які допоможуть обробляти складні взаємозв'язки між вхідними параметрами і виробляти оптимальний розподіл потужності між двигунами.

Таблиця 1 – Структура нейронної мережі

№	Прошарок	Опис
1	$\dot{P}_{ДВЗ}$	Оптимальна потужність, яку має забезпечити двигун внутрішнього згорання
2	$\dot{P}_{ел.}$	Оптимальна потужність, яку має забезпечити електрична частина

Ці виходи використовуються для того, щоб мінімізувати витрати палива за умови забезпечення необхідної потужності. Нейронна мережа повинна навчатися на основі реальних даних, які включають різні сценарії роботи гібридної системи. Виберемо основні компоненти нейроматематичної моделі застосовуючи основні характеристики системи.

Таблиця 2 – Вхідні і вихідні дані для навчання нейронної мережі

№	Прошарок	Опис
1	T	Оптимальна потужність, яку має забезпечити двигун

		внутрішнього згорання
2	L	Оптимальна потужність, яку має забезпечити електрична частина
3	$P_{заг.}$	Вимоги до загальної потужності
4	$C_n.$	Фактичні витрати палива
5	$P_{ДВЗ}$	Потужність, яку забезпечує ДВЗ
6	$P_{ел.}$	Потужність, яку забезпечує електродвигун

Математична формулювання задачі оптимізації нейронної мережі – мінімізувати витрати палива. Це можна записати як задачу оптимізації за (5):

$$\min C_n = \min \left(\frac{\dot{P}_{ДВЗ}}{\eta_{ДВЗ}} \right)$$

де $\dot{P}_{ДВЗ}$ – потужність, яку забезпечує ДВЗ (вихід нейронної мережі);
 $\eta_{ДВЗ}$ — ефективність двигуна внутрішнього згорання.

Задовільна потужність повинна забезпечувати виконання умови:

$$P_{заг.} = \dot{P}_{ДВЗ} + \dot{P}_{ел.}$$

де $P_{заг.}$ – загальна необхідна потужність,
 $\dot{P}_{ел.}$ – потужність, яку забезпечує електрична система.

Для навчання нейронної мережі використовується функція втрат – це функція, яка характеризує втрати при неправильному прийнятті рішень на основі спостережених даних.

$$\mathcal{L} = \alpha(C_n - C_n^{optim})^2 + \beta(P_{заг.} - (\dot{P}_{ДВЗ} + \dot{P}_{ел.}))^2 \quad (7)$$

де α, β – вагові коефіцієнти, що визначають важливість кожної частини функції втрат,

C_n^{optim} – оптимальні витрати палива для певних умов експлуатації,

$P_{заг.}$ – потреба у загальній потужності.

Нейронна мережа може мати архітектуру з кількома схованими шарами, де кожен шар обробляє вхідні дані для оптимізації розподілу потужності: Вхідний шар. $X=[T, L, P_{заг.}, P_{ел.}, P_{ДВЗ}]$. Сховані шари можуть використовувати функції активації *ReLU* або *Sigmoid* для нелінійної обробки даних [3]. Вихідний шар видає $\dot{P}_{ДВЗ}$ і $\dot{P}_{ел.}$.

Процес навчання нейронної мережі полягає у зборі даних, для чого збираються реальні дані про витрати палива, потужність ДВЗ і електромотора в

різних умовах. Нейронна мережа навчається за допомогою методу зворотного поширення помилки для мінімізації функції втрат, це метод навчання багатопарового перцептрону [4].

Висновки.

У роботі проаналізовано сучасні підходи до використання поршневих двигунів у складі гібридних енергоустановок, особливо в контексті транспорту та енергетичних систем, що є перспективним напрямком для підвищення енергоефективності транспорту та генераційних систем. Подальші дослідження у цій галузі дозволять вирішити технологічні виклики та забезпечити сталий розвиток енергетичних і транспортних систем.

Література

1. Транспортні енергетичні установки : навч. посіб. / О. М. Артюх, О. В. Дударенко, В. В. Кузьмін та ін. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 264 с.
2. Brownlee, Jason (8 January 2019). ["A Gentle Introduction to the Rectified Linear Unit \(ReLU\)".](#) *Machine Learning Mastery*. Retrieved 8 April 2021.
3. Han, Jun; Morag, Claudio (1995). ["The influence of the sigmoid function parameters on the speed of backpropagation learning"](#). In Mira, José; Sandoval, Francisco (eds.). *From Natural to Artificial Neural Computation. Lecture Notes in Computer Science*. Vol. 930. pp. [195–201](#). doi:[10.1007/3-540-59497-3_175](#). ISBN [978-3-540-59497-0](#).
4. Werbos P. J., Beyond regression: New tools for prediction and analysis in the behavioral sciences. Ph.D. thesis, Harvard University, Cambridge, MA, 1974.

УДК 532.5:628.174

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ОПОРУ ПОВІТРЯ ПРИ ВИМІРЮВАННІ ДАЛЬНОСТІ ПОЛЬОТУ ГІДРАВЛІЧНОГО СТРУМЕНЯ

Міщенко Ігор Вікторович, канд. техн. наук, доцент кафедра ДМ і ТМ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: ivmishch@gmail.com, ORCID : 0000-0003-3752-4986
Чернов Вячеслав Миколайович, студент гр. А-33-22,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: a322cvm@stud.khadi.kharkov.ua

В сучасній техніці, зокрема, у приладах протипожежного водопостачання широко використовуються вільні (незатоплені) гідравлічні струменя, які поділяються на вертикальні, нахилені та горизонтальні.

Струмені горизонтального початкового витікання часто зустрічаються на практиці. Вони виникають при контрольовану злив рідини з резервуару, аварійному утворенні отворів у стінках судин, заповнених рідиною, при гасінні пожеж, мийці вулиць і доріг рухливими засобами тощо. Тому їхній розрахунок

становить практичний інтерес. Для відносно малих початкових швидкостей витікання струменя розглядались варіанти лінійного та квадратичного опору [1], аналізуючи які був зроблений висновок про наближеність сили опору повітря до лінійної залежності.

При аналізі траєкторії польоту гідравлічного струменя в класичному варіанті опір повітря не враховується. В цьому випадку, використовуючи методи теоретичної механіки, отримують траєкторію руху струменя у вигляді параболи. Якщо струмінь вилітає паралельно поверхні Землі, рівняння її траєкторії, за умови пропорційності сили опору повітря першому ступеню швидкості руху, в декартовій системі координат записується у вигляді [1] при спрямуванні вертикальної осі донизу:

$$y = \frac{1}{2} \left(\frac{g}{V^2} + \frac{k}{2d_H} \right) x^2, \quad (1)$$

де k – коефіцієнт опору повітря, d_H – діаметр насадки, V – швидкість витікання струменя з насадки, g – прискорення вільного падіння.

Задачу визначення коефіцієнту опору повітря k , наближеного до істинного в певних умовах, необхідно вирішувати за допомогою експерименту, що складається з серії вимірювань дальності польоту гідравлічного струменя в реальних умовах. Це зумовлено тим, що паспортні значення діаметру насадки задаються згідно зі стандартом з певними допусками, а протягом часу експлуатації реальні значення істотно відрізняються від наданих спочатку. Використання невідповідних до реальності діаметрів насадки може привести до від'ємних значень коефіцієнту опору повітря, що є фізично неможливим.

Шуканий коефіцієнт представляється у вигляді функції декількох змінних і визначається за формулою:

$$k = 4d_H \left(\frac{h_{\Pi} + L_{max} \cdot \operatorname{tg} \theta}{L_{max}^2} - \frac{g}{2V^2} \right) = f(d_H, L_{max}, V, h_{\Pi}, \theta, g), \quad (2)$$

в якій h_{Π} – відстань по вертикалі від осі насадки до похилого лотка, θ – кут нахилу лотка, L_{max} – дальність польоту струменя (рис. 1, на якому цифрами позначені: 1 – бак з водою, 2 – вентиль, 3 – похилий лоток, 4 – насадка, 5 – гідравлічний струмінь).

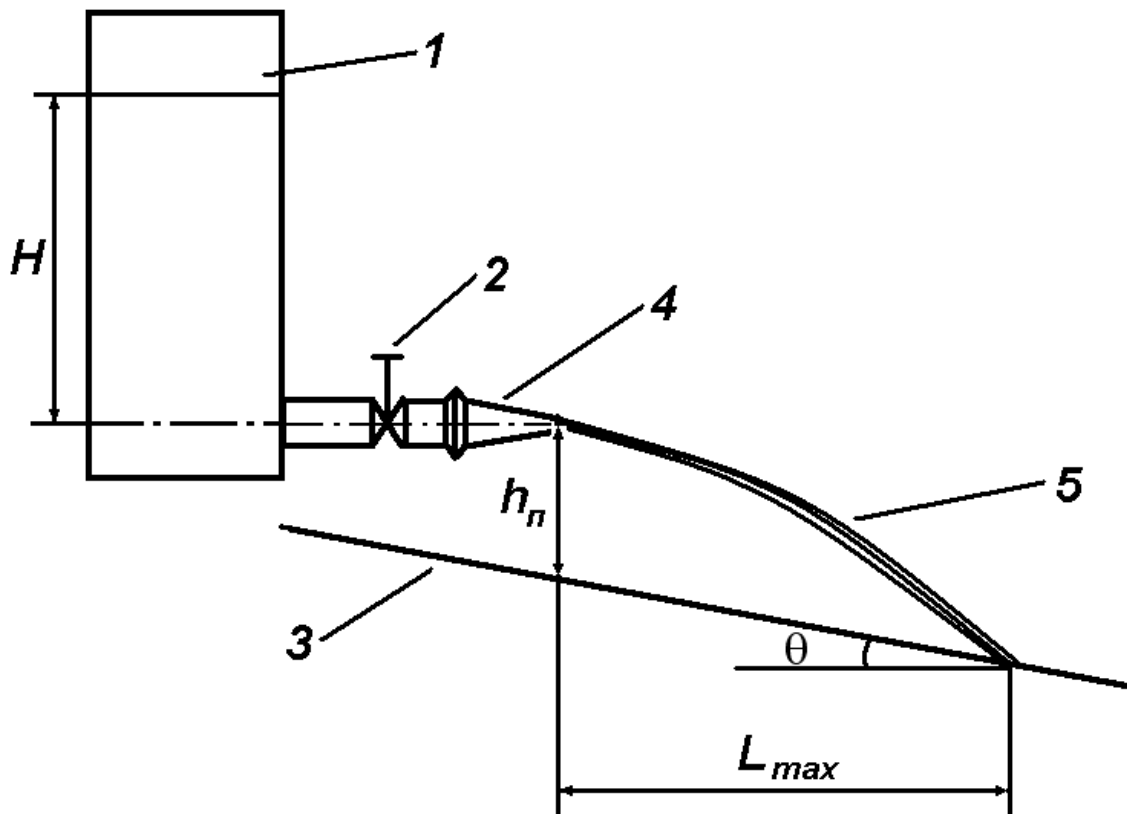


Рисунок 1.

Проте, як і при будь-якому експериментальному дослідженні, виникає проблема, що ніколи не втрачає своєї актуальності і важливості, – проблема точності та достовірності отриманих результатів. Неминучі похибки вимірювань (як систематичного, так і випадкового характеру) шуканих параметрів приводять у разі непрямих вимірювань до великих похибок. Для складних функціональних залежностей внесок похибок при вимірюванні окремих параметрів в загальну похибку є неочевидним і точніший її розрахунок вимагає залучення математичного апарату теорії похибок [2]. При цьому слід розрізняти підхід до цієї проблеми при проведенні одноразових і багаторазових вимірювань.

Отримані результати вимірювань містять систематичну і випадкову похибку. Перша з них в роботі не розглядається, оскільки може бути оцінена при аналізі засобів вимірювань, використовуваних при проведенні необхідних вимірювань. Оцінка другої є складнішим завданням і вимагає залучення математичного апарату теорії похибок. У цій роботі ставиться задача оцінки випадкової складової похибки непрямих вимірювань, аналізу вказаної похибки при проведенні одноразових і багаторазових вимірювань, а також побудови довірчого інтервалу для оцінки коефіцієнта опору повітря при розрахунках гідравлічних струменів.

Для визначення похибок вимірювань на експериментальній установці при деякому постійному напорі H проведено $N=10$ дослідів, в ході яких проводилися прямі вимірювання діаметру насадки d_n , дальності польоту струменя L_{max} , і непрямі вимірювання швидкості V (за результатами прямих

вимірювань об'єму рідини W , що витікає за час t , а, отже, і об'ємної витрати Q) витікання струменя.

Вказані параметри є випадковими, на відміну від геометричних характеристик лотка (відстань по вертикалі від осі насадки до похилого лотка $h_{\Pi}=23,5$ см, тангенс кута нахилу лотка до горизонту $tg\theta=0,121$), що приймаються постійними. Прискорення вільного падіння $g=9,81$ м/с². Обсяг вибірки при кількості проведених вимірювань N відповідно до критерію багаторазових вимірювань вважаємо дуже малим.

Під час проведення експерименту було отримано результати безпосередніх вимірювань і результати розрахунків вказаних параметрів. Вимірювання діаметру насадки проводилися в різних напрямках, що через деяку деформацію форми (овальності) вихідного отвору і привело до розкиду результатів. Значення швидкості V отримано з рівняння нерозривності потоку

$$Q = \frac{W}{t} = V\omega = V \frac{\pi d_{\Pi}^2}{4}. \quad \text{Всі необхідні базові співвідношення між}$$

гідравлічними величинами можна знайти в будь-якому посібнику або підручнику з гідравліки або технічної механіки рідини та газу [3]. Отримані експериментальні та розрахункові величини зведено до Таблиці 1.

Таблиця 1 – Експериментальні та розрахункові дані

	W , л	t , с	d_{Π} , мм	L_{max} , см	Q , л/с	V , м/с
1	1,04	3,57	13,2	46,0	0,291	2,12
2	1,02	3,33	13,8	44,3	0,306	2,01
3	0,97	3,43	13,3	44,0	0,283	2,02
4	1,07	3,73	12,6	46,5	0,287	2,33
5	1,05	3,33	12,65	47,0	0,315	2,55
6	0,95	3,42	13,5	44,1	0,278	1,94
7	1,03	3,18	13,45	45,5	0,324	2,25
8	1,06	3,73	12,4	45,2	0,284	2,49
9	1,07	3,49	13,8	46,7	0,307	2,11
10	1,01	3,30	13,7	46,2	0,306	2,11

Для різної довірчої імовірності β і $N-1=9$ були отримані величини лівої і правої границь довірчого інтервалу для оцінки $\bar{k}$ коефіцієнту опору повітря, які зведено до Таблиці 2.

Таблиця 2 – Довірчі інтервали для оцінки коефіцієнта опору повітря

β	t_β	ε_β	$\bar{k} - \varepsilon_\beta$	$\bar{k} + \varepsilon_\beta$
0,1	0,129	0,00044	0,01956	0,02044
0,2	0,261	0,00088	0,01912	0,02088
0,3	0,398	0,00134	0,01866	0,02134
0,4	0,543	0,00183	0,01817	0,02183
0,5	0,703	0,00237	0,01763	0,02237
0,6	0,883	0,00298	0,01702	0,02298
0,7	1,100	0,00371	0,01629	0,02371
0,8	1,383	0,00466	0,01534	0,02466
0,9	1,833	0,00618	0,01382	0,02618
0,95	2,260	0,00762	0,01238	0,02762
0,98	2,820	0,00950	0,1050	0,02950
0,99	3,250	0,01095	0,00905	0,03095
0,999	4,780	0,01611	0,00389	0,03611

Висновки

В роботі розглянута задача оцінки випадкової складової похибки непрямих вимірювань, аналізу вказаної похибки при проведенні одноразових і багаторазових вимірювань, а також побудови довірчого інтервалу для оцінки коефіцієнта опору повітря. Поставлена задача розв'язана з використанням математичного апарату, що дозволяє оцінити похибки при одноразових і багаторазових вимірюваннях. Побудовано довірчі інтервали для оцінки коефіцієнта опору повітря при визначенні дальності польоту гідравлічного струменя.

Література

1. Єременко, С.А. Розрахунок пожежних гідравлічних струменів [Текст] : навчальний посібник / С.А. Єременко, В.П. Ольшанський, В.М. Халипа та ін. – К.: 2005. – 124 с.
2. Прокопов, О.В. Метрологія, стандартизація та сертифікація [Текст] : курс лекцій / О.В. Прокопов, С.О. Вамболь, І.В. Міщенко. – Х.: НУЦЗУ, 2013. – 274 с.
3. Вамболь, С. О. Технічна механіка рідини і газу [Текст]: підручник / С. О. Вамболь, І. В. Міщенко, О. М. Кондратенко. – Х. : НУЦЗУ, 2016. – 300 с.

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ БАГАТОШАРОВОГО СКЛІННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ УДАРНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Сметанкіна Наталя Володимирівна, докт. техн. наук, професор, завідувач,
відділ вібраційних і термоміцнісних досліджень, Інститут енергетичних машин
і систем ім. А. М. Підгорного НАН України,

e-mail: nsmetankina@ukr.net, ORCID: [0000-0001-9528-3741](https://orcid.org/0000-0001-9528-3741)

Угрімов Сергій Вікторович, докт. техн. наук, старший науковий співробітник,
учений секретар, відділ вібраційних і термоміцнісних досліджень, Інститут
енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного НАН України,

e-mail: sugrimov@ipmach.kharkov.ua, ORCID: [0000-0002-0846-4067](https://orcid.org/0000-0002-0846-4067)

Розвиток транспортного машинобудування потребує удосконалення матеріалів, конструкцій і технологій виробництва скління для наземного транспорту та авіаційної техніки [1].

У більшості випадків проектування багатошарового скління транспортних засобів здійснюється на основі експериментальних даних шляхом емпіричного підбору пакету шарів. Теоретичне обґрунтування конструкторських рішень практично відсутнє, що пояснюється складністю розв'язання задач нестационарної динаміки багатошарових конструкцій при ударному навантаженні. Тому актуальною проблемою залишається розробка ефективних методів розрахунку безпечного багатошарового скління транспортних засобів при нестационарних силових навантаженнях.

Метою дослідження є розробка методу розрахунку параметрів напружено-деформованого стану елементів багатошарового скління транспортних засобів при впливі ударного навантаження, який дозволяє подати розв'язок задачі в аналітичному вигляді.

Скління розглядається як незамкнена багатошарова незамкнена циліндрична оболонка, яка складається з ізотропних шарів сталої товщини. Ударне навантаження здійснюється за допомогою індентора з напівсферичною кінцевою частиною, який скидається на зовнішню поверхню першого шару оболонки. Динамічна поведінка скління описується на основі кінематичних гіпотез, які враховують деформації поперечного зсуву, обтиснення вздовж товщини та інерції обертання нормального елемента у межах кожного шару [2]. З варіаційного принципу одержано рівняння руху оболонки під впливом ударного навантаження та систему граничних умов.

Метод розв'язання задачі базується на методі занурення заданої складної області в область канонічної форми [3]. Вихідна оболонка занурюється у допоміжну оболонку, форма і граничні умови якої обираються таким чином, щоб розв'язок задачі можна було одержати у аналітичній формі. Розв'язок має найбільш простий вигляд, якщо як допоміжну обрати прямокутну в плані шарнірно оперту оболонку. Тоді розв'язок вихідної задачі можна записати у

вигляді розвинень у тригонометричні ряди по функціях, що задовольняють граничні умови шарнірного опирання.

З метою підтвердження вірогідності чисельних результатів проведено порівняння розрахункових і експериментальних даних для п'ятишарового елемента скління при ударі сталевим індентором. Експериментальні дані одержані методом динамічної ширококутної тензометрії [4]. Показано, що розрахункові й експериментальні дані добре узгоджуються між собою, що підтверджує вірогідність результатів розрахунку, які одержані за допомогою розробленого методу. Максимальне значення напруження не перевищило допустимого значення, що дозволяє рекомендувати розглядуване скління для подальшого практичного впровадження.

Висновки

На основі уточненої теорії розроблено аналітико-чисельний метод розрахунку на динамічну міцність багатошарового скління транспортних засобів при ударі твердим тілом. Розроблений метод може бути використаний при проектуванні безпечного багатошарового скління наземної техніки та літальних апаратів з урахуванням оцінки закономірностей пошкодження, тривалої міцності та характеру руйнування елементів скління за умов експлуатаційного та аварійного динамічного навантаження.

Література

1. Hu W., Wang Y., Yu J., Yen C., Bobaru F. Impact damage on a thin glass plate with a thin polycarbonate backing. *International Journal Impact Engineering*, 2013, vol. 62, pp.152-165.
2. Smetankina N., Semenets O., Merkulova A., Merkulov D., Misura S. Two-stage optimization of laminated composite elements with minimal mass. In: *Smart Technologies in Urban Engineering. STUE-2022. Lecture Notes in Networks and Systems*, 2023, vol. 536. Springer, Cham. pp. 456-465.
3. Smetankina N., Ugrimov S., Kravchenko I., Ivchenko D. Simulating the process of a bird striking a rigid target. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2020, pp. 711-721.
4. Ugrimov S., Smetankina N., Kravchenko O., Yareshchenko V., Kruszka L. A study of the dynamic response of materials and multilayer structures to shock loads. In: *Advances in Mechanical and Power Engineering. CAMPE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2023, pp. 304-313.

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕШКОД ТА ШУМІВ В АВТОМОБІЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Аргун Щасяна Валіковна, докт. техн. наук, професор кафедра автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: shasyana@gmail.com, ORCID: [0000-0001-6098-8661](https://orcid.org/0000-0001-6098-8661)

Іванов Владислав Вячеславович, студент-магістр, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Електричні перешкоди, такі як електромагнітні завади (EMI) та радіочастотні інтерференції (RFI), мають значний вплив на роботу електронних систем автомобіля. Сучасні транспортні засоби використовують складні електронні системи для управління різними функціями, тому питання стабільності їхньої роботи стає все більш актуальним. Для забезпечення належної роботи електроніки важливо розробляти нові методи захисту від перешкод, зокрема через вдосконалення фільтрації сигналів, захист від перенапруг та застосування інтелектуальних систем моніторингу.

Метою цієї роботи є дослідження ефективних методів контролю електричних перешкод та шумів у автомобільних електронних системах. Основним завданням є підвищення стабільності та надійності електроніки, а також запобігання негативному впливу електромагнітних завад на ключові системи автомобіля.

Для досягнення зазначених цілей пропонується комплексний підхід до контролю електричних перешкод (таблиця 1), який включає кілька етапів.

1. Вдосконалення фільтрації сигналів та захист від електромагнітних завад. На цьому етапі використовуються пасивні LC-фільтри і активні фільтри з адаптивною технологією придушення шумів. Пасивні фільтри ефективно знижують високочастотні шуми у ланцюгах живлення, що дозволяє мінімізувати вплив електромагнітних завад на роботу електроніки. Активні – здатні автоматично налаштовуватися на конкретні частоти завад, забезпечують додатковий захист.
2. Захист ланцюгів живлення від пікових перенапруг.

Для захисту від стрибків напруги, які можуть пошкодити електронні компоненти автомобіля, застосовуються варистори та TVS-діоди, що обмежують перенапруги до безпечного рівня. Схеми згладжування напруги також використовуються для стабілізації живлення під час різких змін навантаження.

3. Розробка ізоляційних матеріалів та екрануючих рішень. Екранування кабелів та інших електронних компонентів забезпечує захист від зовнішніх електромагнітних полів, що знижує рівень завад.

4. Використання інтелектуальних засобів контролю якості сигналу. Інтелектуальні системи моніторингу електромагнітного середовища в режимі реального часу здатні виявляти джерела перешкод та аналізувати їх частоту й амплітуду. Штучний інтелект дозволяє локалізувати джерела завад та оперативно налаштовувати фільтри для їх придушення.

Таблиця 1 – Основні елементи системи контролю електричних перешкод

Елемент	Опис	Технічні характеристики
LC-фільтри	Пасивні фільтри для зменшення ЕМІ	Ефективність до 99% для частот до 1 ГГц
Варистори	Захист від стрибків напруги	Реакція < 1 мс, захист до 1500 В
Екрановані кабелі	Зменшення проникнення завад	Ефективність 90-95% для частот до 100 МГц
Інтелектуальні фільтри	Адаптивне придушення шумів	Реакція на частоти завад < 50 мс

Однак впровадження цих нових методів супроводжується низкою викликів, які потребують вирішення, а саме:

- технічні обмеження: інтеграція новітніх технологій в існуючі автомобільні системи може бути складною, особливо для старих моделей автомобілів. Це потребує значної модернізації електроніки та встановлення додаткових потужних процесорів для обробки великих обсягів даних;
- вартість впровадження: установка додаткових компонентів для захисту від електричних перешкод (наприклад, варистори, фільтри, системи моніторингу) є дорогим процесом.
- проблеми з кібербезпекою: віддалене оновлення програмного забезпечення або з'єднання автомобіля з хмарними сервісами можуть стати потенційними мішенями для хакерських атак, що створює ризики для роботи систем автомобіля.
- необхідність навчання персоналу: впровадження нових технологій потребує кваліфікованого персоналу для налаштування та обслуговування систем.

Висновки

Запропонований метод вдосконалення контролю електричних перешкод та шумів забезпечує ефективний захист електронних систем автомобіля від електромагнітних завад, пікових перенапруг і шумів. Інтеграція інтелектуальних систем моніторингу, нових фільтрів та захисних рішень дозволяє підвищити надійність і стабільність роботи автомобільної електроніки. Незважаючи на наявні проблеми впровадження, зокрема вартість та технічні обмеження, ці методи сприяють підвищенню безпеки та ефективності автомобілів в умовах зростаючого впливу електромагнітних завад.

Література

1. Hossain, K. A. (2023). Study on electromagnetic interference (EMI) and electromagnetic compatibility (EMC): sources and design concept for mitigation of EMI/EMC. *Journal of Liberal Arts and Humanities (JLAH)*, 4(8), 68-96.
2. Jakubowski, K., Paś, J., & Rosiński, A. (2021). The Issue of Operating Security Systems in Terms of the Impact of Electromagnetic Interference Generated Unintentionally. *Energies*, 14(24), 8591.
3. Giri, D. V., Sabath, F., & Hoad, R. (2020). High-power electromagnetic effects on electronic systems. Artech House.

УДК 621.314

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Багач Руслан Володимирович, доктор філософії (PhD), доцент кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: bagach.ruslan@gmail.com, ORCID: [0000-0003-0157-5933](https://orcid.org/0000-0003-0157-5933)

Латвинський Владислав Дмитрович, асистент кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: latvin2000@gmail.com, ORCID: [0009-0002-4891-2925](https://orcid.org/0009-0002-4891-2925)

Актуальність теми роботи пов'язана з індуктивно-ємнісним перетворювачем, який є ключовим компонентом системи зарядки ємнісного накопичувача. Правильний підбір схеми цього перетворювача для конкретного пристрою дозволяє досягти оптимальних показників енергоефективності. Розглянуто задачу вибору найбільш енергоефективної схеми індуктивно-ємнісного перетворювача, який може бути використаний для зарядки ємнісних накопичувачів у станціях заряджання електромобілів [1-3].

Мета дослідження — здійснити аналітичний огляд наявних схем індуктивно-ємнісного перетворювача струму та обрати найбільш енергоефективну схему для зарядки ємнісного накопичувача.

Індуктивно-ємнісний перетворювач — це пристрій, який використовується для перетворення електричної енергії з однієї форми в іншу з використанням індуктивних (катушки) та ємнісних (конденсатори)

компонентів. У системах зарядки ємнісних накопичувачів (конденсаторів) він служить для ефективного перетворення напруги і забезпечення стабільного процесу зарядки з мінімальними втратами енергії.

Основні характеристики індуктивно-ємнісного перетворювача:

1. Індуктивність і ємність: Перетворювач використовує котушки індуктивності та конденсатори для накопичення та передачі енергії.

2. Резонанс: Пристрій часто працює на резонансній частоті, коли індуктивний та ємнісний опір компенсуються, що дозволяє максимально ефективно передавати енергію.

3. Енергоефективність: Через можливість працювати при резонансі, перетворювач мінімізує втрати енергії на опір елементів, що особливо важливо для систем з ємнісними накопичувачами.

4. Стабільність: Він забезпечує стабільну зарядку конденсаторів, що важливо для уникнення перезарядки та збільшення терміну служби.

Індуктивно-ємнісний перетворювач використовується в різних сферах, де потрібна передача або зберігання енергії, зокрема: у системах бездротової зарядки, енергетичних схемах для зарядки суперконденсаторів, а також у пристроях зберігання енергії в електротехнічних системах. Його ключова роль полягає в тому, щоб ефективно перетворювати і передавати електричну енергію, зменшуючи втрати і підвищуючи загальну ефективність системи.

В результаті проведеного аналітичного огляду існуючих схем індуктивно-ємнісних перетворювачів було обрано схему, що відповідає необхідним критеріям енергоефективності. Наразі більшість джерел живлення в різних електронних системах базується на індуктивно-ємнісних перетворювачах струму. У цій роботі розглянуто індуктивно-ємнісний перетворювач у складі системи зарядки ємнісного накопичувача, який належить до імпульсних високопотужних пристроїв [4,5].

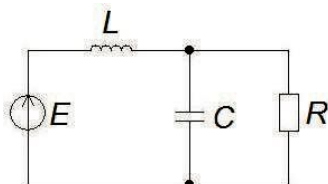


Рисунок 1 – Г-подібна схема індуктивно - ємнісного перетворювача

На сьогодні найпоширенішими схемами індуктивно-ємнісного перетворювача є Г-подібна та Т-подібна схеми Бушера (рис. 1), а також мостова схема Штейнметца (рис. 2). Вони відрізняються послідовністю та кількістю компонентів, а також застосуванням індуктивних котушок.

До переваг Г-подібної схеми індуктивно-ємнісного перетворювача (рис. 1) належать низький рівень спотворень, простота конструкції та хороші масогабаритні характеристики. Однак серед її недоліків можна відзначити низькі показники коефіцієнта корисної дії (ККД) і коефіцієнта потужності [5,6].

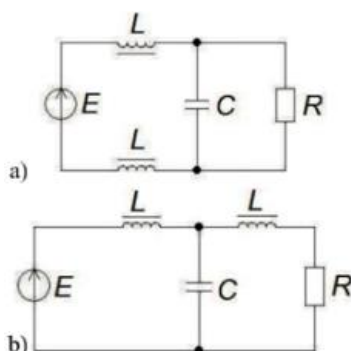


Рисунок 2 – Схеми Бушєро а) Г-подібна; б) Т-подібна

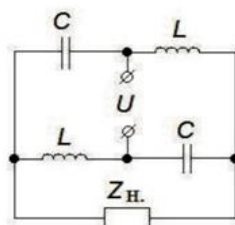


Рисунок 3 – Мостова схема Штейнметца

У Т-подібній схемі Бушєро (рис. 2, б) та схемі Штейнметца (рис. 3) спостерігаються вищі показники ККД та коефіцієнта потужності, проте вони поступаються за масогабаритними характеристиками та рівнем спотворень напруги в електромережі [7].

Для забезпечення більш точного стабілізування струму навантаження та поліпшення масогабаритних показників індуктивно-ємнісного перетворювача необхідно використовувати симетричну схему з індуктивними котушками, які мають взаємну індуктивність, що забезпечується магнітним зв'язком між ними. Наприклад, у Т-подібній схемі Бушєро котушки індуктивності, розташовані на основному магнітопроводі, з'єднані за допомогою магнітного зв'язку (рис. 2, а).

У порівнянні з послідовною схемою, симетрична схема Бушєро є кращою завдяки своїм покращеним енергетичним та масогабаритним характеристикам, а також підвищеним стабілізаційним властивостям (рис. 2, б) [7,8].

Ця схема відрізняється простотою, надійністю та високою енергетичною ефективністю. Індуктивно-ємнісні перетворювачі, побудовані за схемами Бушєро та Штейнметца, широко використовуються в системах зарядки ємнісних накопичувачів струму.

Розглянемо також Г-подібну схему індуктивно-ємнісного перетворювача, яка має такі переваги, як простота конструкції, низький вплив на живильну

мережу та відмінну електромагнітну сумісність. Однак її недоліком є низька енергетична ефективність [9].

На основі аналізу джерел [1–9] складено порівняльну таблицю (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз схем індуктивно-ємнісного перетворювача.

Критерій порівняння	Г-подібна схема Бушєро	Симетрична Т-подібна схема Бушєро	Мостова схема Штейнменца
Конструкція	Проста	Проста	Складна
Рівень спотворень	Низький рівень нелінійних спотворень	Низький рівень нелінійних спотворень	Високий рівень нелінійних спотворень
Масогабаритні показники	Низькі	Низькі	Високі
Енергетичні показники	Низькі енергетичні показники	Високі енергетичні показники ККД та коефіцієнт потужності	Високі енергетичні показники ККД та коефіцієнт потужності

У ході аналітичного огляду було досліджено наявні схеми індуктивно-ємнісних перетворювачів. З результатів порівняльного аналізу (табл. 1) видно, що симетрична Т-подібна схема Бушєро з магнітним зв'язком між індуктивними котушками є найбільш вдосконаленою, демонструючи покращені стабілізаційні властивості та енергетичні показники. Вона також має меншу масу і габарити, що робить її кращим варіантом для застосування в індуктивно-ємнісних перетворювачах для систем зарядки ємнісних накопичувачів та електромобільних зарядних станцій.

Висновки

В результаті порівняння різних схемотехнічних рішень індуктивно-ємнісного перетворювача було обрано симетричну Т-подібну схему Бушєро, оскільки вона демонструє кращі енергетичні показники в порівнянні з іншими дослідженими схемами. Використання цієї більш енергоефективної схеми в пристроях імпульсної техніки дозволить знизити витрати на електроенергію та зменшити потребу в дорогих компонентах.

Література

1. Гнатов, А. В., Аргун, І. В., Багач, Р. В., Гнатова, Г. А., Тарасова, В. В., & Ручка, О. О. (2021). Аналіз найбільш поширених методів визначення стійкості енергетичних систем. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання*, (20), 17–26.
2. Багач Р. В. (2024). Підвищення ефективності експлуатації автомобільного електротранспорту з використанням зарядних станцій постійного струму (Doctoral dissertation, Харківський національний автомобільно-дорожній університет).

3.Багач, Р. (2024). Підвищення електромагнітної сумісності і енергоефективності зарядної станції електромобілів. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, (25), 53–62.

4. Багач, Р. (2023). Дослідження акумуляторних блоків електромобілів та зарядних станцій на основі активного трифазного випрямляча струму. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, (24), 62–71.

5. Спірін, В. М., Губаревич, В. М., Маруня, Ю. В., & Салко, С. В. (2018). Покращення електромагнітної сумісності однофазного мостового випрямляча з паралельним активно-ємнісним навантаженням. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*, (50), 083-083.

6. Сідак, Д. О. (2024). Дослідження перспективних схем перетворювачів електричної енергії для сонячних електростанцій.

7. Калюжний, С. В. (2012). Електромеханічні системи узгодженого обертання з живленням від струмопараметричного вентильного перетворювача (Doctoral dissertation, –НТУ „ХПІ”, Харків, 2012.–20 с.

8. Щур, І. З., Козій, В. Б., & Голубовський, П. Й. (2017). Вентильний електропривод на основі регульованого індуктивно-ємнісного перетворювача. *Вісник Національного університету Львівська політехніка. Електроенергетичні та електромеханічні системи*, (870), 83-90.

9. Кабан, В. П. (2016). Ефективність застосування індуктивно-ємнісних перетворювачів Г-подібної структури в системах комбінованого живлення. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*, (44), 129-133.

УДК 629.331

АВТОМОБІЛЬНА ЕЛЕКТРОНІКА – ІННОВАЦІЇ ВИКЛИКИ ТА ПРОБЛЕМИ ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ

Білаш Ігор Олександрович, студент,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

e-mail: 1912zakon1912@gmail.com

Гнатов Андрій Вікторович, д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, kalifus76@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0932-8849

Вступ

Автомобільна електроніка є ключовим елементом сучасного автотранспорту, який дозволяє підвищити безпеку, комфорт та ефективність експлуатації транспортних засобів. Вона охоплює широкий спектр систем і технологій, що інтегруються в автомобілі для контролю різних процесів та покращення взаємодії з водієм та навколишнім середовищем [1-3].

Основні компоненти автомобільної електроніки

Сучасні автомобілі містять численні електронні системи, які виконують важливі функції:

- системи управління двигуном (ECU): блок управління двигуном контролює впорскування палива, запалювання, систему охолодження і забезпечує оптимальну роботу двигуна, зменшуючи витрати палива та викиди шкідливих речовин;
- антиблокувальна система гальм (ABS): запобігає блокуванню коліс під час екстреного гальмування, підвищуючи контроль над автомобілем;
- системи стабілізації та контролю тяги (ESP, TCS): забезпечують підтримання курсової стійкості автомобіля на слизьких дорогах;
- подушки безпеки (SRS): спрацьовують у разі зіткнення, захищаючи водія та пасажирів;
- інформаційно-розважальні системи (Infotainment): інтегрують аудіо, відео та навігацію, підключення до інтернету, а також забезпечують взаємодію зі смартфонами.

Електроніка для безпеки

Розвиток автомобільної електроніки дозволив створити низку інноваційних систем безпеки [4-6]:

- система контролю смуги руху (Lane Keep Assist): допомагає водієві утримувати автомобіль у смузі та запобігає ненавмисному з'їзду з неї;
- адаптивний круїз-контроль (ACC): автоматично регулює швидкість автомобіля залежно від руху транспортних засобів попереду, зберігаючи безпечну дистанцію;
- автономні системи екстреного гальмування (AEB): виявляють небезпеку попереду (пішоходи, інші автомобілі) і за потреби активують гальма для уникнення зіткнення;
- система моніторингу сліпих зон (Blind Spot Monitoring): попереджає водія про наявність транспортних засобів у сліпих зонах, знижуючи ризик аварій під час перестроювання.

Інновації в автомобільній електроніці

Останні роки принесли суттєві інновації в автомобільну електроніку, які сприяють переходу до автономного транспорту та електромобілів [7-10]:

- автономне водіння: розробка систем автопілота дозволяє створювати автомобілі, які можуть самостійно керуватися, використовуючи набір сенсорів, радарів, камер та алгоритмів штучного інтелекту;
- електромобілі: для електричних транспортних засобів важливою є інтеграція складних систем управління батареями, контролерами електромоторів та рекуперативними системами гальмування, що забезпечують більшу ефективність;
- мережеві технології: автомобілі стають частиною загального інтернету речей, що дозволяє взаємодіяти з іншими транспортними засобами, інфраструктурою та хмарними сервісами для покращення безпеки та комфорту;
- технології 5G: надають можливість швидкої передачі даних у реальному часі, що відкриває нові можливості для автономних систем водіння та покращення навігаційних сервісів.

Вплив електроніки на екологічність автомобілів

Автомобільна електроніка також сприяє підвищенню екологічності ефективності транспортних засобів. Сучасні системи контролю викидів забезпечують відповідність транспортних засобів екологічним стандартам:

- системи контролю вихлопних газів: електронні системи дозволяють точно дозувати паливо і кисень для зменшення викидів шкідливих речовин;
- еко-режими водіння: допомагають водіям зменшувати витрати палива за допомогою рекомендацій щодо оптимальних режимів руху;
- гібридні системи: поєднують бензинові та електричні двигуни, знижуючи викиди CO₂.

Проблеми та виклики

Незважаючи на значний прогрес, автомобільна електроніка стикається з кількома викликами [11-13]:

- кібербезпека: зростання кількості електронних компонентів та підключення автомобілів до мереж створює загрозу хакерських атак, які можуть впливати на безпеку водіїв і пасажирів.
- надійність: складність сучасних електронних систем вимагає високих стандартів надійності, адже їхні збої можуть призвести до серйозних наслідків.
- захист від зовнішніх впливів: електронні компоненти автомобілів повинні працювати в умовах екстремальних температур, вологості, вібрацій та інших агресивних середовищ.

Висновок

Автомобільна електроніка відіграє важливу роль у розвитку автомобільної промисловості, забезпечуючи підвищення безпеки, комфорту та ефективності транспортних засобів. Інновації в цій сфері продовжують впливати на трансформацію автомобілів, роблячи їх екологічнішими та більш автономними. Однак розвиток електроніки також вимагає вирішення питань кібербезпеки, надійності та екологічної відповідальності.

Література

1. Kunicina, N., Zabašta, A., Romānovs, A., Pečerska, J., Ribickis, L., Hnatov, A., Shchasiana, A., Dziubenko, O., Rudenko, N., Borodenko, Y., Danylenko, K., Morkun, N., Zavsiehdashnia, I., Sistuk, V., Monastyrskiy, Y., Ruban, S., Tron, V., Peuteman, J.: підручник/ Cyber-Physical Systems for Clean Transportation. Rīga: RTU Izdevniecība, 2022. 391 p. ISBN 978-9934-22-676-2. DOI 10.7250/9789934226762.
2. Мехатронні системи автомобіля. Частина 1. Силовий привід: підручник / Ю.М. Бороденко, А.В. Гнатів, І.В. Аргун. – Харків : Магус, 2023. – 300 с.
3. Smith, J. (2020). Automotive Electronics Handbook. McGraw-Hill Education.
4. Trunova, I., Arhun, S., Hnatov, A., Apse-Apsitis, P., Kunicina, N., & Myhal, V. (2023). Sustainable Approach Development for Education of Electrical Engineers in Long-Term Online Education Conditions. Sustainability, 15(18), 13289. <https://doi.org/10.3390/su151813289>
5. Zabasta A., Peuteman J., Kunicina N., Kazymyr V., Hvesenya S., Hnatov A., Paliyeva T., Ribickis L. Research on Cross-Domain Study Curricula in Cyber-

- Physical Systems: A Case Study of Belarusian and Ukrainian Universities //Education Sciences. – 2020. – Т. 10. – №. 10. – С. 282. <https://doi.org/10.3390/educsci10100282>
6. Zubek, W. (2019). Fundamentals of Automotive Electronics. Springer.
 7. Гнатов А. В. Електромобілі – майбутнє, яке вже настало / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, О. А. Ульянець // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – Х.: ХНАДУ, 2017. – № 11. – С. 24-28.
 8. Jones, M. (2021). Advanced Driver Assistance Systems and Autonomous Driving. Elsevier.
 9. S Arhun, Yu Borodenko, A Hnatov, A Popova, H Hnatova, N Kunicina, A Ziravecka, A Zabasta, L Ribickis. Choice of Parameters for the Electrodrive Diagnostic System of Hybrid Vehicle Traction //Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. – 2020. – Т. 57. – №. 4. – С. 3-11. DOI: <https://doi.org/10.2478/lpts-2020-0017>
 10. Nakamura, K. (2018). Vehicle Dynamics and Control. Springer.
 11. Hnatov A. Energy saving technologies for urban bus transport / A. Hnatov, Shch. Arhun, S. Ponikarovska // International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. 2017. – №14(4). – P. 4649-4664. doi: <https://doi.org/10.15282/ijame.14.4.2017.5.0366>
 12. Hnatov, A., Arhun, S., Sokhin, P., & Ulianets, O. (2024). Research of the main electromagnetic parameters during the operation of an AC charging station for electric vehicles. Automobile Transport, (54), 42–50. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2024.54.0.05>
 13. Borodenko Y. M., Hnatov A. V., Arhun S. V., Sokhin P. A. (2023)Energy aspects of automobile transport development. Automobile Transport, (53). P.37-50. DOI: 10.30977/AT.2219-8342.2023.53.0.05

УДК 629.25(075)Б83

ЗАСТОСУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНОГО СКРИПТА «EIPower» ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ

Бороденко Юрій Миколайович, к. ф-м. н., доцент кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: docentmaster@gmail.com

Гришин Владислав Анатолійович, бакалавр, ХНАДУ

Вступ

Крім класичних загальновизнаних методик діагностики автомобілів, що передбачають використання широко відомих пристроїв і приладів, існують так звані альтернативні методики. Вони не замінюють собою класичні, а скоріше доповнюють їх. Альтернативні методики діагностики ДВЗ здебільше прискорюють і спрощують роботу, але щоб ними користуватися, необхідно зрозуміти їх і навчитися застосовувати. Ці методики, широко відомі як тести

Андрія Шульгіна, названі так на ім'я їх автора, діагноста з українського міста Чернівці. Спочатку вони були створені як додаткові модулі для мотор-тестера USB Autoscope, але пізніше були реалізовані і в MT MotoDoc [1, 2, 3]. Класична методика діагностики серед іншого передбачає:

- перевірку компресії у кожному циліндрі;
- перевірку свічок та катушок запалювання;
- тестування паливних форсунок (ПФ) на стенді;
- контроль правильності встановлення розподільчого валу (РВ);
- при необхідності встановлення кута випередження запалювання (КВЗ) на холостому ходу (ХХ) і на підвищеній частоті обертання;
- вимір протитиску каталізатора.

Засоби реалізації альтернативних методик

Усі ці операції, методика Андрія Шульгіна дозволяє виконати протягом кількох хвилин. Означені тести, можна поділити на три групи вимірів за результатами аналізу яких ставиться діагноз:

- сигналів датчиків напруги і струму АКБ (миттєві значення електричних величин);
- сигналу датчика положення колінчастого валу (прискорення колінчастого валу);
- сигналу датчика тиску в циліндрі (миттєві значення тиску в циліндрі).

Відповідно, існує три скрипти: EIPower (напруга, струм, електрична потужність); CSS (Crank Shaft Sensor – датчик колінчастого валу); P_x (тиск у циліндрі). Для виконання тестів необхідно зняти осцилограму сигналів означених датчиків і запустити відповідні скрипти. Програма автоматично здійснить усі розрахунки та дасть результат у текстовому або графічному вигляді.

Для проведення тестів із застосуванням скриптів можуть використовуватися USB-осцилографи різних модифікацій з відповідним програмним забезпеченням. В цій роботі більш докладніше розглянемо методику комплексної діагностики «EIPower» та способи автоматизації процесу тестування [4].

Тестування за допомогою скрипта «EIPower»

Скрипт «EIPower» призначений для діагностування систем пуску та електроживлення автомобіля, а також для вимірювання відносної компресії у циліндрах бензинових та дизельних двигунів. Дозволяє перевірити характеристики та технічний стан: АКБ; свічок розжарювання дизельного ДВЗ; стартера; генератора; відносної компресії в циліндрах ДВЗ.

У процесі аналізу осцилограми напруги на клемі акумулятора і графіка струму в його колі, скрипт EIPower генерує кілька вкладок звіту, куди виводить ряд вимірюваних і розрахованих характеристик компонентів системи. Там же надається оцінка узгодженості характеристик акумулятора з характеристиками стартера. При виявленні будь-яких відхилень або несправностей скрипт автоматично виводить відповідні повідомлення. Для отримання графіка струму застосовуються безконтактні кліщі постійного струму з чутливістю 1 мВ/А і діапазоном вимірювання не менше ± 1000 А [5].

Методика тестування передбачає певну послідовність операцій.

1. Заблокувати можливість запуску ДВЗ.
2. Здійснити підключення обладнання.
3. Викликати меню «Режими => ElPower» та увімкнути запис сигналів.
4. Прокрутити двигун стартером протягом 5...10 секунд.
5. Зупинити записування сигналів.
6. Викликати меню «Аналіз => Виконати скрипт».

При цьому, на екрані комп'ютера буде виведено діалогове вікно «Введіть значення». У вікні необхідно ввести/вибрати:

- пусковий струм акумулятора та його стандарт (вказано на корпусі АКБ);
- тип ДВЗ (дизельний чи бензиновий);
- кількість циліндрів ДВЗ або порядок роботи циліндрів;
- номер циліндра синхронізації.

Виміряні та розраховані характеристики елементів системи пуску ДВЗ та електроживлення автомобіля відображаються у вкладці «Результати аналізу», як таблиця виміряних і розрахованих фактичних та нормованих значень параметрів: акумулятора; стартера; генератора (рис 1.).

	Параметр	Значення	Норма		Компресія			
	Початкова напруга, В	12,7	12,2-12,7		Оберти прокрутки СТ, хв-1	260	170-330	
	Рівень зарядженості, %	> 90	50-100		Компресія в циліндрі А, %	100	90-100	
	Підсадка напруги до, В	9,7	8,5-10,0		Компресія в циліндрі В, %	100	90-100	
	Пусковий струм, А	720	500-590		Компресія в циліндрі С, %	75	90-100	
	Залишковий ресурс, %	85	85-105		Компресія в циліндрі D, %	100	90-100	
					Кількість циклів виміру	10	5-10	
	Струм тягового реле, А	18	10-35		Максимальна напруга, В	14,5	13,8-15,0	
	Час увімкнення ТР, мс	21	10-45		Діюча напруга зарядки, В	14,45	13,8-14,8	
	Факт. піковий струм, А	600	-		Пульсації напруги до, В	51	20-80	
	Потрібний струм АКБ, А	560	480-1400					

Рис. 1. Конфігурація вкладки «Результати аналізу»

Додатково для дизельних ДВЗ виводяться параметри по свічкам накаливання: загальний піковий струм всіх свічок; час роботи свічок; вірогідна кількість несправних свічок.

Автоматизація процесу тестування

Для автомобілів, які оснащені мікропроцесорними системами інжекторного ДВЗ з інтегрованою системою самодіагностики, процес тестування може бути автоматизованим. Для цього, треба використовувати USB-осцилограф, доповнений функцією (програмою) діагностичного сканера. Утворений у такий спосіб USB-мотор-тестер здатен автоматично активізувати стартер (див. пункт 4 методики тестування) в режимі «Прокрутка ДВЗ». При цьому, на екрані комп'ютера надається інформація про причину утрудненого запуску ДВЗ [6].

При виконанні пункту 4 методики тестування треба дотримуватися певних умов та режимів. По-перше, перед прокручуванням ДВЗ навантажують АКБ (включають фари дальнього світла на 3...5 сек). Потім включають

запалювання і чекають до відключення електродвигуна паливного насосу. Після цього, прокручують ДВЗ стартером протягом 5...10 сек і знову короткочасно вмикають дальнє світло. По закінченню такої процедури, вимикають запалювання. Якщо, скоректувати алгоритм і калібровку функції «Прокрутка ДВЗ» під означені умови отримаємо більш детальна інформація (дивись рис.1).

Висновки.

Запропонований спосіб автоматизації процесу тестування, дозволяє підвищити глибину локалізації несправності систем і елементів, що відповідають за пуск ДВЗ та скоротити час постановки діагнозу. Для реалізації способу необхідно до USB-осцилографа додати програму діагностичного сканеру і скоректувати її алгоритм і калібровку в частині функцій «Активізація виконавчих пристроїв» і «Тестування» на режимі «Прокрутка ДВЗ».

Література

1. USB Autoscope IV. URL :<https://ceaelectronica.com/en/product/usb-autoscope-iv/> (дата звернення 10.05.2024).
2. Motodoc III. URL: <https://ecutools-ua.com/ua/additional-equipment/motodoc/> (дата звернення 17.04.2024).
3. Діагностика систем керування та механіки двигуна USB Автоскопом. URL: <https://auto-garage.kiev.ua/diagnostyka-system-keruvannya-ta-mehaniky-dvygyna-usb-avtoskopom/> (дата звернення 10.09.2024).
4. Скрипт ElPower. URL: https://injectorservice.com.ua/html/script_elpower.html (дата звернення 10.05.2024).
5. Кліщі струмовимірювальні 1000А. URL: <https://prom.ua/ua/Kleschitokoizmeritelnye-1000a.html> (дата звернення 17.04.2024).
6. Бороденко Ю.М. Діагностика мехатронних систем автомобіля / Ю.М. Бороденко, О.А. Дзюбенко, О.М. Биков. Навч. посібник. Харків: ХНАДУ, 2016. – 320 с.

УДК 629.25(075)Б83

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ТЕСТУВАННЯ ДВЗ З ВИКОРИСТАННЯМ СКРИПТА «CSS»

Бороденко Юрій Миколайович, к. ф-м. н., доцент кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: docentmaster@gmail.com

Щука Максим Леонідович, бакалавр, ХНАДУ

Вступ

Альтернативні методики діагностування ДВЗ, широко відомі як тести Андрія Шульгіна, були створені для мотор-тестерів (МТ) USB Autoscope, та МТ MotoDос. Використання методик Андрія Шульгіна дозволяє виконати тестування ДВЗ протягом кількох хвилин і отримати детальну діагностичну

інформацію. Означені тести, можна поділити на три групи вимірів за результатами аналізу яких ставиться діагноз. Відповідно, існує три скрипти: EIPower (напруга, струм, електрична потужність); CSS (Crank Shaft Sensor – датчик колінчастого валу); P_x (тиск у циліндрі).

Для проведення тестів із застосуванням скриптів Шульгіна можуть використовуватися USB-осцилографи різних модифікацій з відповідним програмним забезпеченням [3]. В цій роботі розглянемо докладніше методику діагностики з використанням скрипта «CSS» та спосіб автоматизації процесу тестування.

Тестування за допомогою скрипта «CSS»

Скрипт CSS дозволяє виявити циліндри в яких є пропуски запалення і визначити причини погіршення віддачі роботи цих циліндрів [4]. При цьому, він не дублює можливостей сканера, а здатний надати більше інформації для аналізу. Ця методика ґрунтується саме на аналізі ефективності вкладу циліндрів на різних режимах роботи ДВЗ. Для цього, скрипт виводить на екран у вкладці «Ефективність», де сірий графік відображає зміну обертів ДВЗ за час проведення вимірів, а кольорові графіки – віддачу від кожного з циліндрів (рис. 1, а).

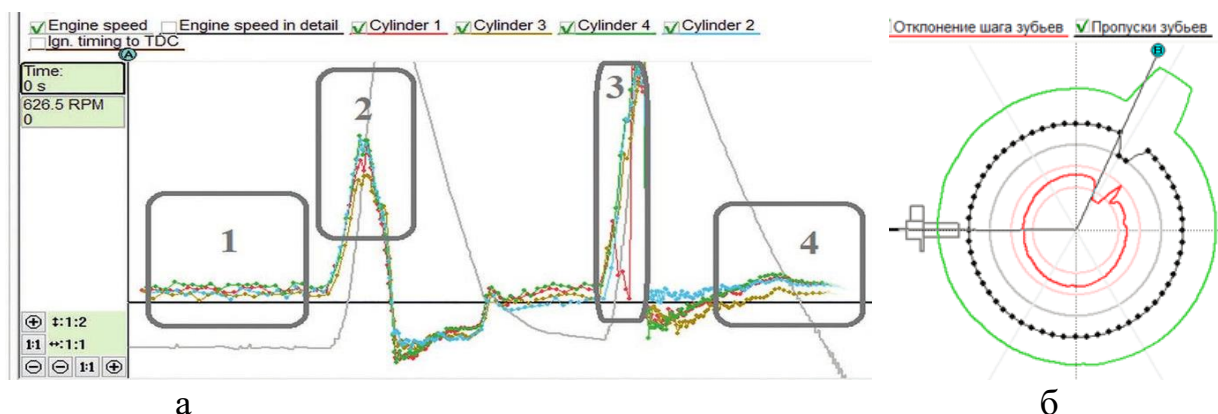


Рис. 1. Осцилограми вкладок скрипта «CSS»:
а – «Ефективність»; б – «Зубчастий диск»

На рисунку відокремлені фрагменти кольорових графіків, які дозволяють оцінити відхилення параметрів на окремих тактах робочого циклу, для кожного з циліндрів:

1. Стабільність роботи ДВЗ на холостому ході;
2. Склад паливо-повітряної суміші (забруднені форсунки, підсмоктування повітря у впускний колектор;
3. Безперебійність іскроутворення (несправності в системі запалення);
4. Динамічну компресію (знос поршневих кілець, нещільні клапани газорозподілу та погіршену наповнюваність циліндра повітрям).

Для отримання графічної інформації використовується сигнал з датчика положення колінчастого валу і поряд з USB-осцилографом застосовується ємнісний датчик високої напруги з адаптером [5].

Скрипт CSS запитує від користувача інформацію про порядок роботи циліндрів та значення початкового кута випередження запалення (для бензинових ДВЗ) або упорскування палива (для дизельних ДВЗ). В результаті виконання аналізу, його результати будуть представлені у вікні програми «USB Осцилограф» у декількох вкладках звіту: 1 – «Report»; 2 – «Ефективність»; 3 – «Випередження»; 4 – «Зубчастий диск».

1. «Report» – текстова вкладка в якій відображаються результати аналізу сигналів – кількість зубів на оберт колінчастого валу (КВ) і формула зубчастого диска, що працює в парі з датчиком положення КВ (ДПКВ).

2. «Ефективність» – надає кольорові графіки частоти обертання колінчастого валу ДВЗ (сірий) та ефективності роботи кожного циліндра (різнобарвні). Чим вище розташована ділянка графіка ефективності, тим сильніший «поштовх» на цій ділянці створив циліндр. Циліндр, який не працює зовсім, створює уповільнення коленвала, і відповідний йому графік ефективності розташовується нижче чорної горизонтальної осі. Сила створюваного циліндром поштовху залежить від кількості та складу паливно-повітряної суміші (ППС), від якості іскроутворення та від компресії в даному циліндрі. Скрипт CSS може бути гарною підмогою для пошуку причин хаотично виникаючих перепусток займання, а також при діагностиці нерівномірно працюючого ДВЗ.

3. Вкладка «Випередження» надає діаграму залежності кута випередження запалювання від частоти обертання ДВЗ і від навантаження двигуна.

4. Вкладка «Зубчастий диск» надає графічну інтерпретацію конфігурації і технічного стану зубчастого диску (рис. 1, б).

Автоматизація процесу тестування

Стандартна методика тестування передбачає операції підключення приладів, запису осцилограм і аналізу результатів тестування:

1. Підключити: мотор-тестер до комп'ютера через USB-шнур; високовольний адаптер до МТ; живлення адаптера до АКБ автомобіля; смісний датчик запалювання першого циліндра до високовольного адаптера; датчик на високовольний провід першого циліндра; вимірювальний щуп до входу МТ.

2. Порядок запису осцилограм.

2.1. Запустити двигун автомобіля і залишити його працювати на ХХ.

2.2. Відкрити на ПК програму «USB Oscilloscope», обрати режим «CSS», у вікні програми включити «Запис даних».

2.3. Плавню підняти оберти ДВЗ до 3000 хв^{-1} , а потім різко зачинити дросельну заслінку (відпустити педаль акселератора).

2.4. Дочекатися спадання обертів ДВЗ до частоти 1000 хв^{-1} і різко натиснути на педаль акселератора. Як тільки частота обертання двигуна досягне 3000 хв^{-1} , слід вимкнути запалення. При цьому, дросельна заслінка повинна продовжувати утримуватися у повністю відкритому стані до тих пір, поки двигун повністю не зупиниться.

2.5. Вимкнути запис осцилограм.

3. Аналіз результатів тестування полягає в наступному. Запускають програму скрипту «CSS». Заповнюють дані: номер каналу МТ з сигналом датчика КВ; номер каналу синхронізації; кількість циліндрів; порядок роботи циліндрів; початковий кут випередження запалювання або вприскування палива. Почергово переглядають вкладки «Report», «Ефективність» циліндрів, «Випередження», «Зубчастий диск» з наступним їх аналізом.

Відзначимо що, операції другого пункту, згідно методики, виконуються оператором. Для автомобілів, які оснащені мікропроцесорними системами інжекторного ДВЗ з інтегрованою системою самодіагностики, процес тестування може бути автоматизованим. Для цього треба використовувати USB-осцилограф, доповнений функцією (програмою) діагностичного сканера. Утворений у такий спосіб USB-МТ здатен автоматично активізувати виконавчі пристрої системи керування двигуном [6].

Висновки.

Запропонований спосіб автоматизації процесу тестування, дозволяє скоротити час постановки діагнозу. Для реалізації способу необхідно до USB-осцилографа додати програму діагностичного сканера і скоректувати її алгоритм в частині функцій «Активізація виконавчих пристроїв» і «Тестування».

Література

1. USB Autoscope IV. URL: <https://ceaelectronica.com/en/product/usb-autoscope-iv/> (дата звернення 10.05.2024).
2. Motodoc III. URL: <https://ecutools-ua.com/ua/additional-equipment/motodoc/> (дата звернення 17.04.2024).
3. Діагностика систем керування та механіки двигуна USB Автоскопом. URL: <https://auto-garage.kiev.ua/diagnostyka-system-keruvannya-ta-mehaniky-dvyguna-usb-avtoskopom/> (дата звернення 10.09.2024).
4. Скрипт CSS – тест неравномерности работы цилиндров двигателя. URL: https://injectorservice.com.ua/script_css.php (дата звернення 10.05.2024).
5. Cx1-AS ємнісний датчик для високовольтних дротів для USB Autoscope IV. URL: <https://store.rotkee.com/cx1-as-capacitive-probe-for-high-tension-wires-for-usb-autoscope-iv.html> (дата звернення 10.10.2024).
6. Бороденко Ю.М. Діагностика мехатронних систем автомобіля / Ю.М. Бороденко, О.А. Дзюбенко, О.М. Биков. Навч. посібник. Харків: ХНАДУ, 2016. – 320 с.

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ТЯГОВИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ

Буряківський Віталій Андрійович, бакалавр,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: buryakovskyvitaliy@gmail.com, ORCID: [0009-0000-4880-6335](https://orcid.org/0009-0000-4880-6335)

Вступ

Останніми роками, у зв'язку з прийняттям суворих екологічних вимог та розвитком технологій акумуляторних батарей, зростає популярність електромобілів. Системи регулювання температури тягових акумуляторних батарей забезпечують стабільну їх роботу у різних температурних умовах. Вдосконалення цих систем критично важливе для збільшення терміну експлуатації батарей та загальної ефективності електромобілів [1,2].

Проблеми, пов'язані з температурним режимом акумуляторної батареї

Під час заряду/розряду у акумуляторах відбуваються різні хімічні та електрохімічні реакції. При високих рівнях струму під час швидкого заряду-розряду та від низької до високої напруги батареї виробляють більше тепла, ніж у звичайному випадку. Вироблене тепло залежить від електрохімічної системи елемента, структури, стану заряду та режиму заряду/розряду. Збільшення розміру акумуляторної батареї та збільшення кількості елементів може викликати серйозні проблеми, пов'язані з їх перегрівом та електричним розбалансуванням.

Було доведено, що для досягнення оптимального балансу між продуктивністю і терміном служби, оптимальний робочий діапазон для свинцево-кислотних, нікель-метал-гідридних та літій-іонних акумуляторів повинен становити від 25 °C до 45 °C, а різниця температур між окремими модулями батареї повинна бути не більше 5 °C. З іншого боку, у деяких дослідженнях свинцево-кислотних акумуляторів зазначено, що оптимальними з точки зору продуктивності та потужності, є температури від 20 °C до 65 °C, а літій-іонні батареї повинні мати максимальну робочу температуру від 45 °C до 50 °C і не нижче –10 °C.

Вплив температурного режиму на акумуляторні батареї:

- порушення перебігу електрохімічних реакцій;
- збільшення часу ефективного зарядку;
- зниження енергоефективності;
- зниження безпеки та надійності;
- скорочення термін служби і потреба у додатковому технічному обслуговуванні.

За результатами аналізу виділено дві основні проблеми, які виникають внаслідок порушення температурного режиму акумуляторних батарей. Перша – це нагрівання, яке відбувається під час заряду та розряду, що негативно впливає

на термін служби акумуляторної батареї. Друга – нерівномірний розподіл температури в акумуляторі, що призводить до механічних порушень конструкції батареї та окремих модулів [3,4].

Дослідження щодо тепловиділення різних типів елементів під час заряду та розряду наведені у таблиці 1. Як видно, при температурах від 40 °С до 50 °С електрохімічні реакції можуть бути ендотермічними (поглинати тепло) під час розряду літій-іонних батарей. Крім того, було виявлено, що нікель-метал-гідридні (Ni-MH) акумулятори при високих температурах (≥ 40 °С), під час заряду/розряду у порівнянні зі свинцево-кислотними батареями та літій-іонними акумуляторами мають більше тепловиділення. Також видно, що збільшення розрядної ємності у різних типах батарей призводить до збільшення тепловиділення.

Таблиця 1 – Результати вимірювання тепловиділення типових модулів тягових акумуляторних батарей

Тип батареї	Цикл	Тепловиділення, Вт/комірка		
		0 °С	від 22 °С до 25 °С	50 °С
VRLA 16,5 А·год	C/1 Розряд, стан заряду від 100% до 0%	1,21	1,28	0,4
VRLA 16,5 А·год	5C Розряд, стан заряду від 100% до 0%	16,07	14,02	11,17
NiMH 20 А·год	C/1 Розряд, стан заряду від 70% до 35%	-	1,19	1,11
NiMH 20 А·год	Розряд 5C, рівень заряду від 70% до 35%	-	22,79	25,27
Li-Ion 6 А·год	C/1 Розряд, стан заряду від 80% до 50%	0,6	0,04	-0,18
Li-Ion 6 А·год	5C Розряд, стан заряду від 50% до 80%	12,07	3,50	1,22

Більшість наукових досліджень з терморегулювання акумуляторів стосуються проблем, які виникають у літій-іонних акумуляторів при високих температурах. Однак, згідно тих же досліджень видно (рисунок 1), що потужність літій-іонних батарей має найменші значення як при високих, так і при низьких температурах. Максимальна потужність досягається у діапазоні температур від 20 °С до 40 °С.

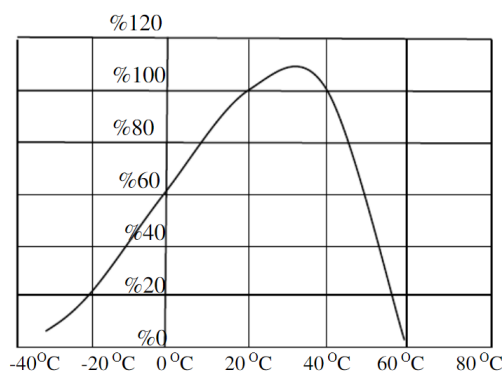


Рисунок 1. Залежність потужності від температури акумулятора [6]

Також, результати досліджень показали, що продуктивність і накопичення енергії значно знижуються при температурах до -10 °С або, як в інших

дослідженнях, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Крім того, хоча за низьких температур заряд батареї дуже ускладнений і може призвести до розпаду катоду та короткого замикання, розряд може відбуватися у нормальному режимі. Як основні причини низької продуктивності літій-іонних батарей при температурах нижче $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ визначено стабілізацію хімічних молекул у елементі, низьку електролітичну провідність, зменшення рухливості літію в елементі та збільшення внутрішнього опору [4-6].

Висновки

Дослідження тягових батарей електромобілів показало, що температурний режим має велике значення для їх продуктивності та довговічності. Під час заряду та розряду акумуляторів відбувається значне тепловиділення, що негативно впливає на термін служби батарей, особливо при низьких температурах. Оптимальні температурні діапазони для різних типів акумуляторів становлять від $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, з допустимою різницею температур між модулями не більше $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для покращення ефективності та безпеки акумуляторів необхідно впроваджувати сучасні системи терморегулювання, які компенсують температурні коливання.

Література

1. Sustainability in the automotive industry, importance of and impact on automobile interior – insights from an empirical survey // Матеріали сайту – 2020. – Режим доступу: <https://jcsr.springeropen.com/articles/10.1186/s40991-020-00057-z>.
2. Borodenko Y., Ribickis L., Zabasta A., Arhun Shch., Kunicina N., Hnatova H., Hnatov A., Patlins A. Konstantins Kunicins. Using the Method of the Spectral Analysis in Diagnostics of Electrical Process of Propulsion Systems Power Supply in Electric Car. Przegląd Elektrotechniczny. - 2020. - R96. – 10. – P. 47-50.
3. A Critical Review of Thermal Issues in Lithium-Ion Batteries // Матеріали сайту – 2011. – Режим доступу: <https://iopscience.iop.org/article/10.1149/1.3515880>.
4. Electric vehicle batteries: types and characteristics // Матеріали сайту – 2024. – Режим доступу: <https://www.electromaps.com/en/blog/electric-vehicle-batteries-types-characteristics>.
5. Гнатов А. В., Аргун І. В., Гнатова Г. А., Сохін П. А. Переобладнання автомобіля з ДВЗ в електромобіль. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – 2022. – № 21. – С. 22 – 30.
6. Review of Batteries Thermal Problems and Thermal Management Systems // Матеріали сайту – 2017. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/374783667_Review_of_Batteries_Thermal_Problems_and_Thermal_Management_Systems.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МОДУЛЬНИХ СИСТЕМИ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ В КОРПУС ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Вольський Михайло Валерійович, студент-магістр, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Аргун Щасяна Валіковна, докт. техн. наук, професор кафедра автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: shasyana@gmail.com, ORCID: [0000-0001-6098-8661](https://orcid.org/0000-0001-6098-8661)

Інтеграція сонячних панелей у корпус електромобіля стає все більш актуальною в умовах стрімкого розвитку електромобільних технологій та підвищення екологічних стандартів. Такий підхід дозволяє не лише зменшити вплив на навколишнє середовище, але й підвищити автономність транспортного засобу, скоротивши залежність від зарядних станцій.

Модульна система інтеграції сонячних панелей пропонує гнучке та адаптивне рішення для електромобілів. Вона розроблена з метою забезпечення можливості легкої заміни або додавання панелей залежно від потреб користувача чи технічних вимог. Така модульність дозволяє оперативно адаптувати електромобіль до змін у ринкових умовах або кліматичних особливостях конкретного регіону.

Основні переваги модульної системи представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні переваги модульної системи

Параметр	Модульна система сонячних панелей	Традиційні сонячні панелі
Гнучкість та адаптивність	Легко змінювати конфігурацію панелей відповідно до кліматичних умов і потреб користувача	Фіксована установка, що обмежує можливості адаптації
Витрати на обслуговування	Низькі витрати на заміну окремих модулів, зменшення часу простою	Високі витрати на ремонт та обслуговування всієї системи
Ефективність	Можливість оптимального розміщення для досягнення максимального збору енергії	Фіксоване розташування з обмеженими можливостями оптимізації
Масштабованість	Придатність для різних типів електромобілів: міські авто, вантажівки	Обмежена масштабованість через фіксований дизайн
Технології	Використання легких композитних матеріалів, спеціальних покриттів для захисту	Традиційні матеріали, без значних інновацій у захисті та легкості

Досліджувальна модульна система включає використання новітніх матеріалів та технологій для забезпечення максимальної ефективності сонячних

панелей. Наприклад, використовуються легкі композитні матеріали для зменшення загальної маси системи, що зменшує вплив на динамічні характеристики автомобіля. Панелі мають спеціальне покриття, яке захищає їх від механічних пошкоджень та впливу погодних умов, таких як дощ, сніг або град. Крім того, для підвищення ефективності використовується технологія мультиконтактних з'єднань, що дозволяє зменшити електричні втрати в системі.

Для оптимізації конструкційних рішень та оцінки продуктивності системи за різних умов експлуатації необхідно використовувати комп'ютерне моделювання, яке дозволяє точно визначити оптимальні кути нахилу панелей та їх розміщення для максимального збору енергії у різних географічних регіонах. Також важливою частиною дослідження є розробка алгоритмів управління енергією, які дозволяють оптимізувати використання отриманої сонячної енергії та зменшити витрати електроенергії на допоміжні системи автомобіля. Наприклад, алгоритми можуть визначати, коли енергію слід спрямувати на зарядку акумулятора, а коли на живлення допоміжних систем, таких як кондиціонер або обігрів.

Виклики та подальші дослідження

Незважаючи на очевидні переваги, існують також виклики, пов'язані з інтеграцією сонячних панелей у корпус електромобіля. Одним із головних є забезпечення достатньої продуктивності системи у різних кліматичних умовах, особливо в регіонах з низьким рівнем сонячного випромінювання. Наприклад, у північних регіонах, де кількість сонячних днів обмежена, ефективність панелей може значно знижуватися. Для подолання цього виклику проводяться дослідження з розробки панелей з покращеною ефективністю в умовах низької освітленості, а також систем акумуляування енергії для використання її у періоди, коли сонячне випромінювання недостатнє.

Іншою проблемою є інтеграція панелей у дизайн автомобіля таким чином, щоб зберегти аеродинамічні властивості та естетичний вигляд. Для цього використовуються новітні технології проектування, що дозволяють вбудовувати панелі в елементи кузова, такі як дах, капот або двері, без значного збільшення опору повітря. Також важливо забезпечити надійність кріплення панелей, оскільки автомобіль постійно піддається вібраціям та динамічним навантаженням.

Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення впливу різних кліматичних умов на ефективність системи, а також на розробку більш досконалих алгоритмів управління енергією для підвищення загальної ефективності транспортних засобів. Також планується дослідження нових матеріалів для підвищення ефективності та надійності сонячних панелей, зокрема матеріалів з підвищеною стійкістю до механічних пошкоджень та впливу ультрафіолетового випромінювання.

Інтеграція модульних сонячних панелей у корпус електромобіля може стати важливим кроком у напрямку сталого транспорту. Ця технологія має потенціал не лише для зменшення залежності від традиційних джерел енергії, але й для створення нових можливостей у сфері дизайну та виробництва

електромобілів, роблячи їх більш адаптивними до потреб споживачів та умов експлуатації.

Висновки

Інтеграція модульних сонячних панелей у корпус електромобіля має значний потенціал для підвищення ефективності та автономності транспортних засобів. Гнучкість модульної системи дозволяє адаптувати конфігурацію панелей відповідно до кліматичних умов та потреб користувача, що знижує витрати на обслуговування та підвищує ефективність використання енергії. Хоча існують певні виклики, такі як збереження аеродинамічних властивостей та забезпечення продуктивності в умовах низької освітленості, перспективи розвитку цієї технології є досить обнадійливими. Подальші дослідження спрямовані на вдосконалення матеріалів та розробку інтелектуальних систем управління енергією, що дозволить ще більше підвищити загальну ефективність та надійність електромобілів з інтегрованими сонячними панелями.

Література

1. Ben Said-Romdhane, M., Skander-Mustapha, S.: A Review on Vehicle-Integrated Photovoltaic Panels. In: Motahhir, S. and Eltamaly, A.M. (eds.) *Advanced Technologies for Solar Photovoltaics Energy Systems*. pp. 349–370. Springer International Publishing, Cham (2021)
2. Commault, B., Duigou, T., Maneval, V., Gaume, J., Chabuel, F., Voroshazi, E.: Overview and perspectives for vehicle-integrated photovoltaics. *Applied Sciences*. 11, 11598 (2021)
3. Diahovchenko, I., Petrichenko, L., Borzenkov, I., Kolcun, M.: Application of photovoltaic panels in electric vehicles to enhance the range. *Heliyon*. 8, (2022)
4. Esmaeili, S.E., Aldandan, A., Dallol, L., ALdhefeeri, M., AlSalili, O., Badreddine, F., Hussain, G.: Design and implementation of a one-seater solar car. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*. 12, 1–14 (2024)
5. Hnatov, A., Arhun, S., Ponikarovska, S.: Energy saving technologies for urban bus transport. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*. 14, 4649–4664 (2017). <https://doi.org/10.15282/ijame.14.4.2017.5.0366>
6. Paulus, A., Arhun, S., Hnatov, A., Dziubenko, O., Ponikarovska, S.: Determination of the best load parameters for productive operation of PV panels of series FS-100M and FS-110P for sustainable energy efficient road pavement. Presented at the (2018)
7. Sagaria, S., Duarte, G., Neves, D., Baptista, P.: Photovoltaic integrated electric vehicles: Assessment of synergies between solar energy, vehicle types and usage patterns. *Journal of Cleaner Production*. 348, 131402 (2022)

СУЧАСНІ ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ЗБЕРІГАННІ ЕНЕРГІЇ

Гнатов Андрій Вікторович, д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, kalifus76@gmail.com,
ORCID: 0000-0003- 0932-8849

Недбайло Ілля Юрійович, бакалавр, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, nedbailo2003@gmail.com,
тел.+380(98)-288-63-83

Вступ

Енергія в будь-якій формі є основним товаром у всьому світі. Це найпоширеніший споживчий товар і продовжує залишатися ключовим елементом світового розвитку. Енергія буває в різних формах, хоча в цілому її можна розділити на дві. До них належать: первинні та вторинні види енергії. Первинна енергія розглядається як енергія, яка отримується з відновлюваних і невідновлюваних джерел, яка не пройшла процес перетворення чи трансформації. Типовими прикладами є сира нафта, вугілля, біомаса, вітер, сонце, припливи, природний уран, геотермальна енергія, вода, що падає та тече, природний газ тощо. З іншого боку, вторинні форми енергії включають усі форми енергії, які виникають у результаті перетворення первинної енергії за допомогою процесів перетворення та трансформації енергії [1].

Енергозбереження є однією з ключових задач сучасного світу, оскільки підвищення ефективності використання енергії сприяє зниженню залежності від викопних джерел палива та мінімізації впливу на довкілля. Інноваційні технології у зберіганні енергії відіграють вирішальну роль у забезпеченні сталого розвитку. Розглянемо основні технології, що використовуються у сучасних системах зберігання енергії, а також їх перспективи та вплив на глобальну енергетичну систему [2-6].

Акумулятори на основі літій-іонних технологій

Однією з найпоширеніших технологій у сфері зберігання енергії є літій-іонні акумулятори. Вони використовуються в електромобілях, мобільних пристроях, системах зберігання енергії для будинків та промислових установок. Літій-іонні акумулятори мають високу щільність енергії, що дозволяє зберігати велику кількість енергії в компактних розмірах. Однак їх недоліки включають високу вартість і залежність від рідкісних металів, таких як літій і кобальт [6-8].

Твердотільні акумулятори

Твердотільні акумулятори є інноваційною альтернативою літій-іонним батареям. Вони використовують твердий електроліт замість рідкого, що підвищує безпеку та збільшує термін служби акумулятора. Твердотільні батареї також мають вищу енергетичну щільність і здатні заряджатися швидше, ніж

традиційні акумулятори. Однак технологія ще перебуває на стадії розвитку, і її масове використання вимагає зниження виробничих витрат.

Водневі паливні елементи

Водневі паливні елементи є однією з найбільш перспективних технологій зберігання енергії. Вони перетворюють водень і кисень на електроенергію з виділенням води як побічного продукту. Ця технологія не виробляє шкідливих викидів і може використовуватися для живлення транспортних засобів, генераторів і навіть будинків. Основні виклики полягають у високій вартості виробництва водню та необхідності створення відповідної інфраструктури для його зберігання і транспортування [9-11].

Технології на основі суперконденсаторів

Суперконденсатори – це пристрої, що зберігають енергію за допомогою електростатичних полів. Вони мають значно менший час зарядки в порівнянні з акумуляторами і можуть забезпечувати високу потужність для короткочасних споживачів енергії. Однак суперконденсатори мають низьку енергетичну щільність, що обмежує їх використання для довготривалого зберігання енергії. Проте вони ефективно працюють в умовах, коли потрібні швидкі цикли зарядки та розрядки, наприклад, у гібридних транспортних засобах або електромережах [12-14].

Системи на основі зберігання енергії у формі стисненого повітря

Стиснене повітря є ще однією технологією зберігання енергії, яка передбачає зберігання електроенергії шляхом стиснення повітря у підземних резервуарах або спеціальних ємностях. Коли виникає потреба в енергії, стиснене повітря випускається, приводячи в дію турбіни для генерації електроенергії. Ця технологія має великі перспективи у поєднанні з відновлюваними джерелами енергії, такими як вітрові чи сонячні електростанції. Недоліки включають низьку ефективність через втрати енергії під час стиснення і розширення повітря [15].

Інновації у сфері теплового зберігання енергії

Технології теплового зберігання енергії дозволяють накопичувати теплову енергію для подальшого використання. Однією з таких технологій є зберігання тепла в спеціальних матеріалах із високою теплоємністю, наприклад, у розплавах солей або парафінах. Такі системи можуть використовуватися для зберігання надлишкової енергії від сонячних електростанцій або промислових процесів, щоб пізніше її використовувати для обігріву або виробництва електроенергії [16-18].

Інтелектуальні енергосистеми

Інтелектуальні енергосистеми (smart grids) включають інтеграцію зберігання енергії в електричні мережі. Вони дозволяють ефективно управляти енергією, забезпечуючи баланс між споживанням і генерацією. Інтелектуальні

мережі використовують технології моніторингу і управління для оптимізації розподілу енергії, зменшення навантаження на мережі під час пікових періодів і зберігання надлишкової енергії для подальшого використання [19, 20].

Висновок

Сучасні інноваційні технології у зберіганні енергії мають вирішальне значення для забезпечення стабільного та екологічно чистого енергопостачання. Вдосконалення акумуляторів, розвиток водневих паливних елементів, використання суперконденсаторів і систем теплового зберігання є ключовими напрямками для забезпечення стійкого енергетичного майбутнього. З впровадженням нових технологій і покращенням існуючих можна очікувати, що системи зберігання енергії стануть більш ефективними, доступними і екологічно чистими.

Література

1. Анеке, Метью та Мейхонг Ван. «Технології накопичення енергії та застосування в реальному житті – сучасний огляд». Прикладна енергетика 179 (2016): 350-377.
2. TMI Mahlia та ін. “Огляд доступних методів і розробок накопичення енергії; оновлення технологій”, *Renew Sustain Energy Rev*, (2014).
3. Н. Zhao та ін. “Огляд системи накопичення енергії для підтримки інтеграції енергії вітру”, *Appl Energy*, (2015).
4. Borodenko Y. M., Hnatov A. V., Arhun S. V., Sokhin P. A. (2023) Energy aspects of automobile transport development. *Automobile Transport*, (53). P.37-50. DOI: 10.30977/AT.2219-8342.2023.53.0.05.
5. МІЙ Суберу та ін. “Системи накопичення енергії для інтеграції сектору відновлюваної енергетики та пом’якшення перебоїв”, *Renew Sustain Energy Rev*, (2014).
6. Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Сохін П. А., & Ульянець О. А. (2024) Дослідження автономного джерела живлення для електромобілів та їх зарядної інфраструктури. *Вісник ХНАДУ*, (104), 130–139. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.1.130.
7. Hnatov, A., & Arhun, S. (2022). Electric vehicles and energy-saving technologies – master’s degree program under the Erasmus project Cybphys. *Automobile Transport*, (51), 85–95. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2022.51.0.09>
8. Zabasta A., Peuteman J., Kunicina N., Kazymyr V., Hvesenya S., Hnatov A., Paliyeva T., Ribickis L. Research on Cross-Domain Study Curricula in Cyber-Physical Systems: A Case Study of Belarusian and Ukrainian Universities // *Education Sciences*. – 2020. – Т. 10. – №. 10. – С. 282. <https://doi.org/10.3390/educsci10100282>.

9. Hnatov A. Energy saving technologies for urban bus transport / A. Hnatov, Shch. Arhun, S. Ponikarovska // International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. 2017. – №14(4). – P. 4649-4664. doi: <https://doi.org/10.15282/ijame.14.4.2017.5.0366>.
10. Гнатів А. В., Аргун І. В., Ульянець О. А. Енергозберігаючі технології на транспорті // Наукові нотатки. – 2016. – №. 55. – С. 80-86.
11. Аргун І.В. Екологічний та енергоефективний автомобільний транспорті його інфраструктура / І. В. Аргун, А. В. Гнатів, О.А. Ульянець // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2016. – № 2 (77). – С. 18–27.
12. Гнатів А. В. Електробус на суперконденсаторах для міських перевезень / А. В. Гнатів, І. В. Аргун, О.В. Бикова, О.В. Підгора // Вісник ХНАДУ. – 2016. – № 72. – С. 29–34.
13. Hnatov A., Arhun Shch., Ponikarovska S., Ulyanets O. Ultracapacitors electrobus for urban transport. IEEE 38th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO-2018) – April 24 –26, 2018. – Kyiv, Ukraine. – P. 539–543. doi: 10.1109/ELNANO.2018.8477449.
14. Hnatov, A., Arhun, S., Tarasov, K., Hnatova, H., Mygal, V., Patlins, A. Researching the model of electric propulsion system for bus using Matlab Simulink //2019 IEEE 60th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON). – IEEE, 2019. – С. 1-6. DOI: 10.1109 / RTUCON48111.2019.8982352.
15. Розробка комбінованої енергетичної установки на базі пневмодвигуна з використанням поновлювальних джерел енергії для міського автотранспорту. Заключний: науково-дослідна робота / [А. В. Гнатів, І. В. Аргун та ін.] – Харків : ХНАДУ, 12.2022. – № держреєстрації 0121U109611. – 321 с.
16. Гнатів А. В., Аргун І. В. Гнатова Г. А, Тарасов К. С. Сонячна зарядна електростанція – комплекс для проведення лабораторних та практичних занять // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – Х.: ХНАДУ. – 2020. – Вип. 17. – С. 19-26. DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2226-9266.2020.17.0.19>.
17. Гнатів А. В., Аргун І. В. Гнатова Г. А, Тарасов К. С., Понікаровська С. В. Пристрій примусового зниження швидкості з функцією генерування електроенергії // Автомобільний транспорт. - Х.: ХНАДУ. 2019. Вип. 45. – С. 70-78. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2019.45.0.70>.
18. S. Arhun, A. Hnatov, O. Dziubenko, S. Ponikarovska. A Device for Converting Kinetic Energy of Press into Electric Power as a Means of Energy Saving. J. Korean Soc. Precis. Eng., Vol. 36, No. 1, pp. 105-110. January 2019. Doi:<http://doi.org/10.7736/KSPE.2019.36.1.105>.

19. Мигаль, В., Аргун, Щ., Гнатов, А., Гнатова, Г., & Сохін, П. (2022). Інтелектуальне діагностування транспортних засобів. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології, (22), 72–80. <https://doi.org/10.30977/VEIT.2022.22.0.5>.

20. Kuņicina, N., Zabašta, A., Romānovs, A., Pečerska, J., Ribickis, L., Hnatov, A., Shchasiana, A., Dziubenko, O., Rudenko, N., Borodenko, Y., Danylenko, K., Morkun, N., Zavsiehdashnia, I., Sistuk, V., Monastyrskyi, Y., Ruban, S., Tron, V., Peuteman, J.: підручник/ Cyber-Physical Systems for Clean Transportation. Rīga: RTU Izdevniecība, 2022. 391 p. DOI 10.7250/9789934226762.

УДК 629.331

РОЗВИТОК ШВИДКІСНОЇ ЗАРЯДНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ В УКРАЇНІ

Гнатов Андрій Вікторович, д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, kalifus76@gmail.com,

ORCID: 0000-0003-0932-8849

Сохін Павло Андрійович, info@elektrocar.com.ua,

ORCID: 0000-0002-2823-2239

Лойко Сергій Олексійович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, kalifus@khadi.kharkov.ua, тел. +380(95)-074-83-89

Вступ

Електромобілі стають все більш популярними в усьому світі, зокрема і в Україні. Глобальні тенденції щодо зменшення залежності від викопних палив і переходу на більш екологічно чисті види транспорту стимулюють розвиток електромобільної інфраструктури. Одним із ключових елементів цієї інфраструктури є зарядні станції, особливо швидкісні зарядні станції (ШЗС). Розвиток таких станцій в Україні є критично важливим для підтримки зростаючої кількості електромобілів та забезпечення зручності їх експлуатації [1-5].

Актуальність теми

Актуальність розвитку швидкісних зарядних станцій в Україні зумовлена кількома ключовими факторами [6-9]:

1. Збільшення кількості електромобілів. За останні роки в Україні спостерігається стрімке зростання кількості електромобілів на дорогах. Це пов'язано зі збільшенням пропозицій на ринку, підтримкою держави та популяризацією екологічного транспорту серед населення.

2. Необхідність розширення інфраструктури. Існуюча мережа зарядних станцій не відповідає попиту. Переважна більшість зарядних точок є

повільними зарядками, які потребують декілька годин для повної зарядки автомобіля. Це суттєво обмежує мобільність власників електромобілів.

3. Потреба в скороченні часу на зарядку. Швидкісні зарядні станції дозволяють скоротити час зарядки з кількох годин до 30-40 хвилин, що робить експлуатацію електромобілів більш зручною і дозволяє ефективніше планувати довгі поїздки.

4. Зміцнення енергетичної безпеки. Розвиток електромобільної інфраструктури сприяє зменшенню залежності країни від імпорту нафтопродуктів і підтримує стратегії енергетичної незалежності України. Швидкісні зарядні станції є важливим елементом цієї інфраструктури, оскільки вони забезпечують швидку і доступну зарядку на ключових транспортних маршрутах.

Поточний стан зарядної інфраструктури в Україні

На сьогоднішній день в Україні функціонують сотні зарядних станцій, однак більшість з них належать до категорії повільних (AC-заправки). Швидкісні зарядні станції (DC-заправки), які можуть заряджати батарею електромобіля до 80% за 30-40 хв., ще недостатньо поширені. Основні проблеми включають відсутність достатньої кількості станцій на магістральних шляхах, нерівномірність розподілу зарядних пунктів та недосконалість законодавчої бази для стимулювання інвесторів до розвитку інфраструктури [10-12].

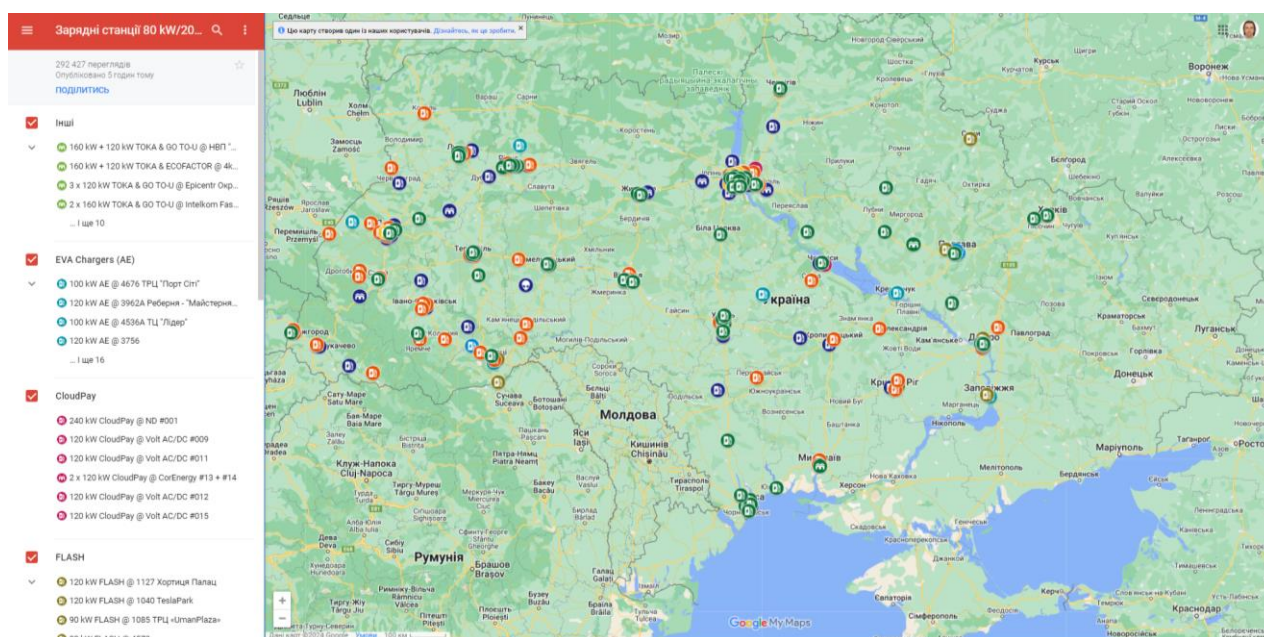


Рисунок 1 – Мережа швидкісних зарядних станцій в Україні станом на вересень 2024 р.

Виклики та можливості

Розвиток ШЗС в Україні стикається з кількома викликами [1, 2, 13-17]:

- висока вартість створення та експлуатації швидкісних зарядних станцій;
- недостатня підтримка з боку держави у вигляді субсидій або пільг для

інвесторів;

- необхідність модернізації енергетичної інфраструктури для забезпечення стабільного постачання електроенергії до таких станцій.

Водночас, існують значні можливості для розвитку:

- збільшення кількості електромобілів створює постійний попит на зарядну інфраструктуру;

- міжнародні фінансові організації та приватні інвестори виявляють зацікавленість у розвитку електромобільної інфраструктури в Україні;

- технологічний прогрес у сфері акумуляторних батарей та зарядних систем відкриває перспективи для зниження вартості обладнання.

Висновки

Розвиток швидкісних зарядних станцій для електромобілів в Україні є важливою складовою екологічної трансформації транспортного сектора. Це дозволить не лише підвищити зручність використання електромобілів, але й сприятиме зменшенню шкідливих викидів та зниженню залежності від викопних палив. Активна підтримка з боку держави, зокрема у вигляді стимулюючих заходів для інвесторів, та залучення міжнародних партнерів можуть стати важливими кроками для забезпечення стійкого розвитку цієї сфери.

Література

1. Zabasta, A., Kunicina, N., Nikiforovab, O., Peuteman, J., Fedotovd, A. K., Fedotovd, A. S., & Hnatove, A.: монографія / Development of industry oriented cross-domain study programs in cyber-physical systems for Belarusian and Ukrainian universities. Multi-Paradigm Modelling Approaches for Cyber-Physical Systems, 2021, Pages 271-292. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819105-7.00016-7>

2. Kuņicina, N., Zabašta, A., Romānovs, A., Pečerska, J., Ribickis, L., Hnatov, A., Shchasiana, A., Dziubenko, O., Rudenko, N., Borodenko, Y., Danylenko, K., Morkun, N., Zavsiehdashnia, I., Sistuk, V., Monastyrskyi, Y., Ruban, S., Tron, V., Peuteman, J.: підручник/ Cyber-Physical Systems for Clean Transportation. Rīga: RTU Izdevniecība, 2022. 391 p. ISBN 978-9934-22-676-2. (DOI 10.7250/9789934226762).

3. Гнатов А. В. Аналіз схем сонячних електростанцій на фотоелектричних модулях для зарядних станцій електромобілів / А. В. Гнатов, І. В. Аргун // Автомобільний транспорт. – Х. : ХНАДУ. – 2017. – Вып. 41. – С. 163-169.

4. Гнатов А. В. Ретроспектива основних етапів розвитку електромобілів. Частина 2 / А. В. Гнатов, І. В. Аргун // - Харків : Вісник ХНАДУ. – 2017. – № 78. – С. 116–124.

5. Гнатов, А. В. Ретроспектива основних етапів розвитку електромобілів. Частина 1 / А. В. Гнатов, І. В. Аргун // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. - Харьков : ХНАДУ, 2017. – №. 77. – С. 68–74.

6. Гнатов А. В. Энергогенерирующая плитка как альтернативное маломощное джерело електричної енергії / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун // Автомобильный транспорт. – Х. : ХНАДУ. – 2017. – Вып. 40. – С. 167-172..
7. Гнатов А. В. Електромобілі – майбутнє, яке вже настало / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, О. А. Ульянець // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – Х.: ХНАДУ, 2017. – № 11. – С. 24-28.
8. Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Ульянець О. А. Энергозберігаючі технології на транспорті //Наукові нотатки. – 2016. – №. 55. – С. 80-86.
9. Hnatov A. Energy saving technologies for urban bus transport / A. Hnatov, Shch. Arhun, S. Ponikarovska // International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. 2017. – №14(4). – P. 4649-4664. doi: <https://doi.org/10.15282/ijame.14.4.2017.5.0366>.
10. Hnatov A. ESTET – New innovative specialty for master students / A. Hnatov, Shch. Arhun, O. Ulyanets // Автомобільний транспорт. – Х. : ХНАДУ. – 2018. – Вып. 42. – С. 103-110.
11. Hnatov, A., Arhun, S., Dziubenko, O., & Ponikarovska, S. (2018). Choice of Electric Engines Connection Circuits in Electric Machine Unit of Electric Power Generation Device. Majlesi Journal of Electrical Engineering, 12(4), 87-95. Retrieved from <http://mjee.iaumajlesi.ac.ir/index/index.php/ee/article/view/2760>
12. Гнатов А. В., Аргун Щ. В. Гнатова Г. А, Тарасов К. С. Сонячна зарядна електростанція – комплекс для проведення лабораторних та практичних занять // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології. – Х.: ХНАДУ. – 2020. – Вип. 17. – С. 19-26. DOI: <https://doi.org/10.30977/VEIT.2226-9266.2020.17.0.19>.
13. Hnatov A., Arhun Shch., Bagach R., Nechaus A. Tarasova V., Ruchka O., Don A., Patlins A. Electrical power unit of the transformer oil centrifugal cleaning unit. Автомобільний транспорт. – Х.: ХНАДУ. – 2021. – Вип. 48. – С. 101-112. DOI: [10.30977/AT.2219-8342.2021.48.0.101](https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2021.48.0.101).
14. Hnatov A.V., Arhun S.V., Hnatova H.A., Sokhin P.A. Technical and economic calculation of a solar-powered charging station for electric vehicles. Автомобільний транспорт, Вип. 49, 2021, С. 71-78. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2019-8342.2021.49.0.05>
15. Hnatov, A., & Arhun, S. (2022). Electric vehicles and energy-saving technologies – master's degree program under the Erasmus project Cybphys. Automobile Transport, (51), 85–95. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2022.51.0.09>
16. Borodenko Y. M., Hnatov A. V., Arhun S. V., Sokhin P. A. (2023)Energy aspects of automobile transport development. Automobile Transport, (53). P.37-50. DOI: [10.30977/AT.2219-8342.2023.53.0.05](https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2023.53.0.05)
17. Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Сохін П. А., & Ульянець О. А. (2024) Дослідження автономного джерела живлення для електромобілів та їх зарядної інфраструктури. Вісник ХНАДУ, (104), 130–139. DOI: [10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.1.130](https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2024.104.1.130).

ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧІ СХОДИНКИ, ЯК ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНІ ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТУ ТА ЙОГО ІНФРАСТРУКТУРИ

Гнатов Андрій Вікторович, д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, kalifus76@gmail.com,
ORCID: 0000-0003-0932-8849

Сулейманов Дмитро Валерійович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, shurinox@gmail.com.

Вступ

З розвитком технологій відновлюваної енергетики виникає необхідність пошуку нових джерел енергії, особливо в умовах урбанізації та збільшення споживання електроенергії. Одним із перспективних напрямків є використання енергії, одержуваної від руху людей, для виробництва електроенергії. Одною з таких технологій є енергогенеруючі сходинок. Ці пристрої можуть стати важливою частиною інфраструктури міського електротранспорту, допомагаючи жити як самі транспортні засоби, так і відповідну інфраструктуру [1-5].

Принцип роботи енергогенеруючих сходинонок

Енергогенеруючі сходинок - це пристрій, який утворює механічну енергію від руху пішоходів в електричну. Принцип роботи таких систем, заснованих на використанні як п'єзоелектричних матеріалів, які при механічному натисканні генерують електричний заряд, так і електромашинних перетворювачів. Система може включати п'єзоелементи, індукційні генератори, електромашинні вузли або гібридні рішення, які дозволяють більш ефективно збирати і перетворювати енергію [6-15].

Використання енергогенеруючих сходинонок

У міській інфраструктурі та електротранспорті енергогенеруючі сходинок можуть знайти своє застосування для живлення різних пристроїв та елементів інфраструктури, таких як: електромобілі; плагін гібриди; електробуси; трамваї та інші види електротранспорту, що потребують джерела електроенергії для зарядки. Установка енергогенеруючої системи в місцях масового руху пішоходів, наприклад, на зупинках, може допомогти частково забезпечити їх електроенергією [16].

Системи освітлення в містах, а також інформаційні панелі на станціях і зупинках громадського транспорту можуть бути частково або повністю забезпечені електроенергією, отриманою від руху пішоходів. Також, у місцях масового скупчення людей можна встановити станції зарядки для мобільних пристроїв, які будуть працювати від енергії, генерованої пішоходами.

Використання енергогенеруючих сходинок в міській інфраструктурі та для електротранспорту має кілька важливих переваг:

- екологічність. Ці системи використовують енергію, яка в протилежному випадку була б втрачена, і не вимагають палива або викидів вуглекислого газу для виробництва електроенергії;

- автономність. Такі системи можуть працювати у віддалених районах і місцях з обмеженим доступом до централізованої електромережі, що дозволяє забезпечити енергію певних об'єктів без необхідності прокладати додаткові лінії електропередачі;

- зменшення навантаження на електромережу. У місцях масового скупчення людей установка енергогенеруючих систем дозволить зменшити навантаження на центральні електромережі, що особливо актуально в час пік або при високому рівні споживання енергії..

Проблеми та труднощі

Незважаючи на всі переваги, енергогенеруючі системи мають свої обмеження:

1. Низький рівень вироблення енергії. На відміну від традиційних джерел енергії, таких як сонячні панелі або вітряні турбіни, енергогенеруючі сходинки генерують відносно малу кількість енергії. Для повноцінного забезпечення великих об'єктів ця енергія може бути недостатньою.

2. Сумісність по номінальним параметрам електроживлення з електромережою або з електроспоживачами.

Література

1. Розробка системи енергозбереження та генерації електричної енергії для транспортних засобів. Заключний: науково –дослідна робота / [А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, О. А. Дзюбенко та ін.] – Харків : ХНАДУ, 12.2018. – № держреєстрації 0219U100696. – 144 с.

2. Гнатов, А. В. Енергозберігаючі технології на транспорті : конспект лекцій [Електронний ресурс] / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. - Харків, 2021. - 142 с.

3. Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Ульянец О. А. Енергозберігаючі технології на транспорті //Наукові нотатки. – 2016. – №. 55. – С. 80-86.

4. Гнатов А. В. Енергогенеруюча плитка як альтернативне малопотужне джерело електричної енергії / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун // Автомобильный транспорт. – Х. : ХНАДУ. – 2017. – Вып. 40. – С. 167-172.

5. Гнатов А. В. Вибір схеми технічного рішення енергогенеруючої сходинки / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун, О. А. Дзюбенко // Вісник ХНАДУ. – 2018. – № 81. – С. 29-38. <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2018.81.0.29>.

6. Аргун Щ.В. Енергогенеруюча плитка з електромашинним вузлом на базі крокових двигунів / Щ.В.Аргун, А.В. Гнатов, О.А. Дзюбенко, С.В. Понікаровська // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Серія:

Енергетика: надійність та енергоефективність – Харків: НТУ «ХПІ», 2019. – №. 14 (1339). – С. 20 – 25.

7. Аргун, Щ., Гнатов, А., & Сохін, П. (2024). Ефективність енергогенеруючих плиток з різними типами мультиплікаторів. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології, (25), 42–52.

8. S. Arhun, A. Hnatov, O. Dziubenko, S. Ponikarovska. A Device for Converting Kinetic Energy of Press into Electric Power as a Means of Energy Saving. J. Korean Soc. Precis. Eng., Vol. 36, No. 1, pp. 105-110. January 2019.

9. Гнатов А.В., Аргун Щ. В., Дзюбенко О.А. Понікоровська С.В. Вибір схеми підключення електродвигунів у електромашинному вузлі пристрою генерації електричної енергії. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – Х.: ХНАДУ, 2018. – № 13. – С. 13-21.

10. Hnatov, A., Arhun, S., Dziubenko, O., & Ponikarovska, S. (2018). Choice of Electric Engines Connection Circuits in Electric Machine Unit of Electric Power Generation Device. Majlesi Journal of Electrical Engineering, 12(4), 87-95.

11. Andrey Gnatov. Smart Road as a Complex System of Electric Power Generation / Andrey Gnatov, Shchasyana Argun, Natalia Rudenko // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) – May 29 – June 2, 2017. – Kyiv, Ukraine – P. 457–461.

12. Andrey Gnatov. Joint Innovative Double Degree Master Program «Energy-Saving Technologies in Transport» / Andrey Gnatov, Shchasyana Argun, Olga Ulyanets // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) – May 29 – June 2, 2017. – Kyiv, Ukraine – P. 1203–1207.

13. Patlins, A., Hnatov, A., Arhun, S. Using of Green Energy from Sustainable Pavement Plates for Lighting Bikeways. In: Transport Means 2018: Proceedings of 22nd International Scientific Conference, Lithuania, Trakai, 3-5 October, 2018. Kaunas: Kaunas University of Technology, 2018, pp.574-579.

14. Patlins, A., Hnatov, A., Arhun, S. Safety of Pedestrian Crossings and Additional Lighting Using Green Energy. No: Transport Means 2018: Proceedings of 22nd International Scientific Conference, Lietuva, Trakai, 3-5. October, 2018. Kaunas: Kaunas University of Technology, 2018, 527-531.

15. Patlins, A., Hnatov, A., Arhun, S., & Dziubenko, O. (2019). Design and research of constructive features of paving slabs for power generation by pedestrians. Transportation Research Procedia, 40, 434-441. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.063>.

16. Patlins, A., Hnatov, A., Arhun, S., Bogdan, D., Dziubenko, O. Development of an Energy Generating Platform for Converting Kinetic Energy into Electrical Energy Using the Kinematic Synthesis of a Three-Stage Multiplier. In: TRANSPORT MEANS 2019. Sustainability: Research and Solutions. PROCEEDINGS OF THE 23rd INTERNATIONALSCIENTIFIC CONFERENCE PART I., Lithuania, Palanga, 2-4 October, 2019. Kaunas: Kaunas University of Technology, 2019, pp.403-408.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ІНДУКЦІЙНОГО ПІДГРІВУ ПОВІТРЯ КОМБІНОВАНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ З ПНЕВМОДВИГУНОМ ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТУ

Гнатов Андрій Вікторович, д.т.н., професор, Харківський національний
автомобільно-дорожній університет, kalifus76@gmail.com,
ORCID: 0000-0003-0932-8849

Ульянець Ольга Анатоліївна, olgauyanets@gmail.com,
ORCID: 0000-0002-9384-4557

Єгунов Владислав Борисович, студент, Харківський національний
автомобільно-дорожній університет, shurinox@gmail.com.

Вступ

Сьогодні світ стикається з численними екологічними та енергетичними викликами, пов'язаними з використанням автомобільного транспорту на викопному паливі. Задля зменшення шкідливого впливу на довкілля та забезпечення енергетичної незалежності різні країни світу активно досліджують альтернативні джерела енергії для автомобілів. Однією з цікавих та інноваційних концепцій є використання пневмодвигунів для транспортних засобів. Пневмодвигун працює на стисненому повітрі, що робить його екологічно чистою альтернативою традиційним двигунам внутрішнього згоряння [1-3].

Актуальність теми

Проблеми глобального потепління, високий рівень забруднення атмосфери та виснаження запасів викопного палива ставлять перед людством завдання пошуку нових, екологічно чистих видів транспорту. Однією з таких інноваційних технологій є пневмодвигуни. Ці двигуни працюють за рахунок енергії стисненого повітря, що значно зменшує шкідливі викиди в атмосферу та дозволяє знизити залежність від нафти і газу. Крім того, пневмодвигуни можуть стати доступною альтернативою електромобілям, оскільки для їх роботи не потрібно складних акумуляторних батарей, а заряджання може бути здійснене від компресорних станцій [4-7].

Принцип роботи пневмодвигуна

Пневмодвигун використовує стиснене повітря, яке зберігається у спеціальних балонах під високим тиском. Коли водій натискає на педаль акселератора, повітря випускається з балонів і проходить через спеціальні турбіни або поршневі системи, що приводять в рух автомобіль. Така система є дуже економічною та екологічно чистою, оскільки викиди в атмосферу фактично відсутні - основним продуктом є звичайне повітря [8-10].

Переваги пневмодвигунів

1. Екологічність. Пневмодвигуни є одним із найбільш чистих видів двигунів, оскільки вони не спалюють паливо і не викидають шкідливих газів у атмосферу.

2. Незалежність від викопних палив. Для роботи пневмодвигунів не потрібно використовувати бензин чи дизель, що дозволяє значно знизити залежність від нафтопродуктів та стимулює розвиток альтернативних джерел енергії.

3. Низька вартість експлуатації. Пневматичні двигуни можуть бути дешевшими у виробництві та експлуатації порівняно з електромобілями, оскільки не потребують дорогих акумуляторних батарей, які мають обмежений термін служби і потребують складної утилізації.

4. Простота обслуговування. Через відсутність складних електронних компонентів та систем охолодження, пневмодвигуни є легшими у технічному обслуговуванні, що може зменшити експлуатаційні витрати.

Недоліки та виклики

1. Низький запас ходу. Одним із головних недоліків пневмодвигунів є обмежений запас ходу. Залежно від конструкції автомобіля та балонів зі стисненим повітрям, запас ходу може складати лише 100-150 км, що значно менше порівняно з традиційними автомобілями.

2. Потреба в розвиненій інфраструктурі. Для повноцінного функціонування автомобілів з пневмодвигунами потрібна розвинена мережа компресорних станцій, де можна швидко поповнити балони зі стисненим повітрям. На сьогодні така інфраструктура є недостатньо розвиненою.

3. Ефективність на великих швидкостях. Пневматичні двигуни менш ефективні при високих швидкостях та тривалих поїздках, що обмежує їх використання для далекобійних транспортних засобів.

Перспективи розвитку

Попри наявні виклики, розвиток автомобільного транспорту з пневмодвигунами має великі перспективи. Ряд компаній, таких як французька MDI (Motor Development International), активно розробляють моделі пневмомобілів, здатні працювати в міських умовах. Крім того, розвиток нових матеріалів для балонів зі стисненим повітрям та удосконалення компресорних технологій можуть значно підвищити ефективність таких автомобілів.

Державна підтримка, зокрема у вигляді інвестицій у наукові дослідження та створення відповідної інфраструктури, може стати ключовим фактором для поширення пневмодвигунів на ринку. Крім того, активне залучення приватного сектору та міжнародних організацій сприятиме прискоренню розвитку цієї технології.

Індукційний підігрів повітря у пневмодвигуні

Завдання вирішується шляхом здійснення двотактного циклу та встановленню індукційних котушок для індукційного нагріву повітря у вхідному каналі робочих циліндрів [10 - 17].

Двигун, (рисунок 1), містить компресорний циліндр 1 з впускним 2 та випускним 3 клапанами, впускний канал 4, на вході якого встановлено повітряний фільтр 5, камеру стиснутого повітря 6, з'єднану каналом 7 з компресорним циліндром 1, оснащеним індукційною котушкою 9, а каналом 8 та каналами 12 та 13 через впускні канали 14 та 15, наприклад з електроприводами, з робочими циліндрами 16 та 17, оснащеними індукційними котушками 10 та 11, які мають випускні клапани 18 та 19, наприклад з кулачковим приводом, через які відпрацьоване повітря з робочих циліндрів 16 та 17 відводиться у випускні канали 20 та 21, що з'єднані з випускними колекторами 22 та 23. Поршень 24 компресорного циліндра та поршні 25 і 26 робочих циліндрів шатунами 27, 28 та 29 з'єднані зі спільним колінчастим валом 30.

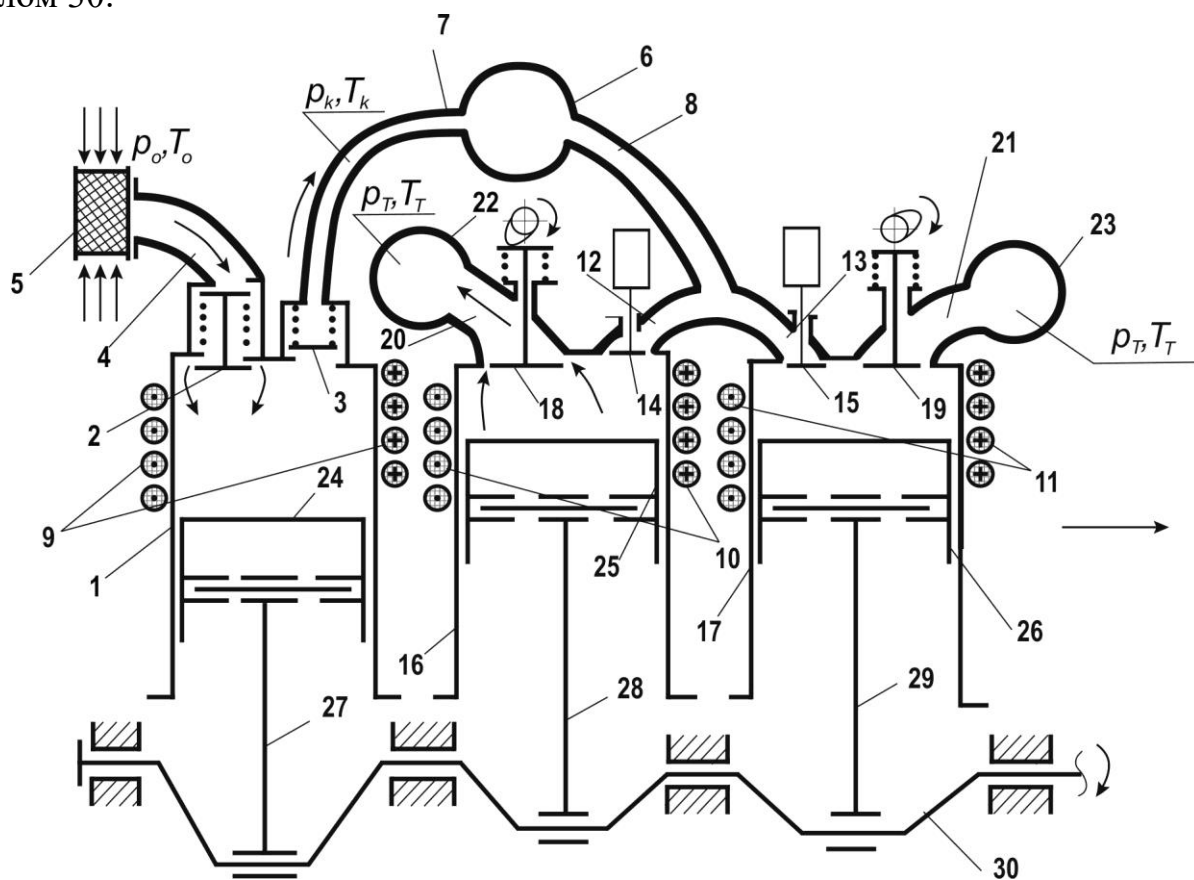


Рисунок 1. Пневмодвигун з індукційним підігрівом повітря вхідного каналу

Висновки

Розвиток автомобільного транспорту з пневмодвигунами є важливим кроком у напрямку до створення екологічно чистих та економічно вигідних транспортних засобів. Хоча на шляху реалізації цієї технології існує ряд викликів, таких як низький запас ходу та потреба у спеціальній інфраструктурі, пневмодвигуни мають великі перспективи як альтернативний вид двигунів, особливо в умовах міської експлуатації. За підтримки держави та інвесторів ця технологія може стати важливою складовою майбутнього екологічно чистого транспорту.

Література

1. Концепція створення пневматичного двигуна для автомобіля: монографія/О.І. Воронков, Д.Б. Глушкова, А.В. Гнатов та ін. – Харків: ХНАДУ, 2019. – 256 с.
2. Мехатронні системи автомобіля : підручник [Електронний ресурс] / Ю. М. Бороденко, А. В. Гнатов, І. В. Аргун ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків : ХНАДУ, 2023. – Ч. 1 : Силовий привід. – 300 с.
3. Воронков О.І. Визначення вихідних енергетичних параметрів транспортного засобу з пневматичним двигуном / О.І. Воронков, Д.М. Леонтьєв, Е.В. Тесленко // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. ХНАДУ.– 2013. – Вып. 33. – С. 70–76.
4. Патент на корисну модель 151743 Україна, F02B47/10, F02B19/12. Спосіб роботи поршневого теплового двигуна з індукційним підігрівом повітря у вхідному каналі / Гнатов А. В., Аргун І. В., Воронков О.І., Нікітченко І.М., Гнатова Г.А. – № u202107638; заявл. 28.12.2021; опубл. 07.09.2022, Бюл. №36..
5. Kuņicina, N., Zabašta, A., Romānovs, A., Pečerska, J., Ribickis, L., Hnatov, A., Shchasiana, A., Dziubenko, O., Rudenko, N., Borodenko, Y., Danylenko, K., Morkun, N., Zavsiehdashnia, I., Sistuk, V., Monastyrskyi, Y., Ruban, S., Tron, V., Peuteman, J.: підручник/ Cyber-Physical Systems for Clean Transportation. Rīga: RTU Izdevniecība, 2022. 391 p..
6. Розробка комбінованої енергетичної установки на базі пневмодвигуна з використанням поновлювальних джерел енергії для міського автотранспорту. Проміжний: науково-дослідна робота / [А. В. Гнатов, І. В. Аргун та ін.] – Харків : ХНАДУ, 12.2021. – № держреєстрації 0121U109611. – 155 с.
7. Патент на корисну модель 149466 Україна, МПК F02B 47/10 (2006.01), F02B 33/22 (2006.01), F02B 19/12 (2006.01). Спосіб роботи поршневого теплового двигуна. / Дьяченко В.Г., Воронков О.І., Нікітченко І.М., Тесленко Е.В., Назаров А.О., Гнатов А. В., Аргун І. В. – № u202007287; заявл. 16.11.2020; опубл. 24.11.2021, Бюл. №47.
8. Migal V., Arhun S., Hnatov A., Shuliak M. Evaluating the Quality of Design and Manufacture of Agricultural Tractors by Vibration Characteristics. 26th International Scientific Conference Transport Means 2022. Volume 2022-October, Pages 116 – 121..
9. Конструкції елементів пневмоагрегатів : навчальний посібник / М. Г. Прокопов, С. М. Ванєєв, В. М. Козін, Ю. С. Мерзляков. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 146 с.
10. Gnatov A. New method of car body panel external straightening. Tools of method / A. Gnatov, Sch. Argun, // International Journal of Vehicular Technology. – New York : Hindawi Publishing Corporation. – 2015. – 1 July – P. 1–7.
11. Патент на корисну модель 151744 Україна, F02B47/00. Спосіб роботи поршневого теплового двигуна з індукційним підігрівом повітря у циліндрах / Гнатов А. В., Аргун І. В., Воронков О.І., Нікітченко І.М., Гнатова Г.А. – № u202107641; заявл. 28.12.2021; опубл. 07.09.2022, Бюл. №36.

12. Гнатов А. В. Технічні рішення для індукційного нагріву в технологіях ремонту / А. В. Гнатов, Є.О. Чаплигін, О.С. Сабокарь // Науковий вісник ХДМА. – Херсон : ХДМА. –2015. – № 2 (13). – С. 155–163.
13. Гнатов А. В., Аргун Щ. В., Ульянец О. А. Енергозберігаючі технології на транспорті //Наукові нотатки. – 2016. – №. 55. – С. 80-86.
14. Аргун Щ.В. Екологічний та енергоефективний атомобільний транспорті його інфраструктура / Щ. В. Аргун, А. В. Гнатов, О.А. Ульянец // Вісник Житомирського державного технологічного університету. – 2016. – № 2 (77). – С. 18–27.
15. Gnatov A. Disk matching devices for methods of exterior levelling of car body panels / A. Gnatov, I. Trunova, Sch. Argun // Автомобильный транспорт. – Х. : ХНАДУ. – 2016. – Вып. 39. – С. 66-73.
16. Гнатов А. В. Теплові процеси за умов індукційного нагрівання полем плоского кругового багатовиткового соленоїда / А. В. Гнатов, Щ.В. Аргун, Є.О. Чаплигін, О.С. Сабокарь // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – Вінниця : ВНТУ. – 2015. – № 5 (121). – С. 87-92.
17. Trunova I, Arhun S, Hnatov A, Apse-Apsitis P, Kunicina N, Myhal V. Sustainable Approach Development for Education of Electrical Engineers in Long-Term Online Education Conditions. Sustainability. 2023; 15(18):13289. <https://doi.org/10.3390/su151813289>

УДК 629.083

ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ

Далека Василь Хомич, докт. техн. наук, професор кафедра електричного транспорту, Харківський національний університет міського господарства імені О.М.Бекетова,

e-mail: dalekavf@ukr.net. ORCID: [0000-0002-3074-5500](https://orcid.org/0000-0002-3074-5500)

Фуртат Сергій Олександрович, викладач, Київський фаховий коледж міського господарства Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського
e-mail: s30041983@meta.ua

Охорона навколишнього середовища та ресурсозбереження визнані основними з проблем економічного розвитку України. Особлива роль при вирішенні питань цих проблем надається розвитку транспорту, зокрема електротранспорту. В стратегічних планах розвитку транспорту в нашій державі значна увага приділяється широкому впровадженню електричного транспорту для пасажирських перевезень. Тому підвищення якості та безпеки пасажирських перевезень є актуальною задачею.

Метою дослідження є уточнення методів та нормативів діагностування гальмівних систем транспортних засобів з електроприводом для пасажирських перевезень в містах України

Об'єктом дослідження є гальмівна система рухомого складу міського електротранспорту – трамвайних вагонів та тролейбусних машин.

Особливістю транспортних засобів з електроприводом є можливість забезпечити гальмування за рахунок тягового електродвигуна в генераторному режимі.

Гальмівні системи трамвайних вагонів та тролейбусних машин мають однакові функціональні призначення, але відрізняються конструкцією, системами керування, методами оцінки технічного стану, усталеною класифікацією, тощо. Відповідно нормативів [1, 2] трамвайний вагон повинен мати п'ять незалежних гальм, що забезпечують три види гальмування: службове, екстрене та аварійне. Службове гальмування виконується для забезпечення плавного зниження швидкості вагона, екстрене гальмування – зменшення швидкості руху з максимально можливою інтенсивністю, а аварійне гальмування виконується без участі водія. Відповідно до цього проводиться контроль параметрів гальмування [2-4].

Оцінка ефективності гальмування та оцінка технічного стану гальмівних систем тролейбусів проводиться за їх видами.

Всі тролейбуси, які перебувають в експлуатації в Україні мають наступні гальмівні системи:

- робочу, призначену для зниження швидкості руху, обмеження її на спуску й зупинки тролейбуса з необхідною ефективністю й усталеністю;
- запасну, призначену для зупинки тролейбуса при відмові робочої гальмівної системи;
- стоянкову, призначену для втримання тролейбуса в нерухливому стані щодо опорної поверхні з необхідною ефективністю;
- допоміжну, призначену для зниження швидкості руху тролейбуса й обмеження її на спуску.

Основні характеристики цих гальмівних систем наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Основні складові гальмівних систем тролейбуса.

Основні складові	Назва гальмівної системи			
	<i>Робоча</i>	<i>Запасна</i>	<i>Стояночна</i>	<i>Допоміжна</i>
Гальмівний урухомник	Пневматичний	Пневматичний	Пневматичний	Електричний
Орган керування	Гальмівний кран прямої дії	Гальмівний кран прямої дії	Гальмівний кран зворотної дії	Контролер водія
Виконавчий орган	Гальмівний циліндр	Гальмівний циліндр	Гальм. циліндр із пружинним акумулятором	Тяговий двигун (ТЕД)
Джерело енергії	Компресор	Компресор	Енергія стиснутої пружини	Тяговий двигун
Гальмівний механізм	Фрикційний, барабанного типу (дисковий)	Фрикційний, барабанного типу (дисковий)	Фрикційний, барабанного типу (дисковий)	Електричний сповільнювач, (ТЕД)

Більшість тролейбусів має один орган керування, що дозволяє реалізувати як режим службового гальмування, так і екстреного. Конструкція органа керування гальмовими системами побудована таким чином, що з початку ходу до певного положення гальмової педалі відбувається керування дією допоміжною гальмівною системою (електродинамічне гальмування, практично, до 10 км/год), а при наступному переміщенні гальмової педалі - робочою гальмівною системою (з пневмоприводом до повної зупинки). Наприкінці ходу педалі в гальмівних циліндрах установлюється, як правило, повний тиск повітря, що є в ресиверах пневматичного гальмівного урухомника.

Тобто при зменшенні швидкості транспортного засобу і відповідно ефективності електричного гальмування збільшується гальмівна сила за рахунок механічних пристроїв.

Тому важливо при діагностуванні гальмівних систем мати інформацію про параметри електричного та механічного гальмування, ряд яких є короткочасними.

На практиці використовують методи випробувань, за якими ряд властивостей елементів загальної схеми імітується або зовсім відсутні. Це відноситься до стендових методів діагностування гальмівних систем, які в деяких країнах є основними або застосовуються нарівні з дорожніми.

В даний час розроблено методики та технічні засоби стендових та дорожніх випробувань, затверджено міжнародні та національні стандарти, відповідні нормативи [2-5]. Частково проблема контролювання гальмівних систем тролейбуса вирішена в ГСТУ 204.04.05.002, але встановлені в ньому норми ефективності потребують уточнення.

Для контролю ефективності гальмування в експлуатації використовують загальні показники, зокрема величину гальмівного шляху. Наприклад, для трамвая відповідно до чинних Правил експлуатації вона повинна бути 10,2 м при початковій швидкості гальмування 20 км/год та 31,5 м при швидкості 40 км/год, для тролейбуса 6,2 та 18,3 м [6].

Але як свідчить практика діагностування гальмівних систем тролейбусів на інерційних та силових стендах і дорогах при нормованих гальмівних шляхах в деяких випадках проявляється значне збільшення значення уповільнення. Особливо це характерно для початку та закінчення процесу гальмування.

Дослідження та нормативні дані свідчать, що загальним показником оцінки ефективності гальмування для кожної його системи є величина уповільнення, що ще не достатньо використовується як показник діагностування. Особливо це важливо для електротранспорту де електричне гальмування за часом використання переважає механічне.

Висновки

Таким чином, величина уповільнення є показником по якому може бути оцінена ефективність всіх гальмівних систем. Однак при її використанні для контролю ефективності робочої гальмівної системи додатково повинен використовуватися й показник часу спрацьовування гальмівної системи. Також доцільно впроваджувати пристрої контролю та запису струмів гальмування для оцінки величини уповільнення.

Література

1. ДСТУ UN/ECE R 13-09:2002 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорій M, N і O стосовно гальмування (Правила ЕЭК ООН № 13-09:2000, IDT)
2. ГСТУ 204.04.05.002 -2004 Системи гальмівні трамвайних вагонів та тролейбусів. Експлуатаційні вимоги до ефективності гальмування та методи контролю.
3. ДСТУ UN/ECE R 36-03:2005 Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження пасажирських транспортних засобів великої місткості стосовно загальної конструкції (Правила ЕЭК ООН № 36-03:1999, IDT) ДСТУ UN/ECE R
4. ДСТУ 3649:2010 БЗ № 11—12— 2010/436 Колісні транспортні засоби Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання
5. ДСТУ 3333-96 Стенди роликові для перевірки гальмівних систем дорожніх транспортних засобів в умовах експлуатації. Загальні технічні вимоги .
6. Правила експлуатації трамвая і тролейбуса. Затв. Міністерством інфраструктури України 03.02.2020 (Наказ № 36), зареєстровано в Міністерстві юстиції України 17.04.2020 за № 353/34636 / корп. «Укрелектротранс» - Харків: Золоті сторінки, 2020.-256 с.

УДК 629.331

АКТИВНЕ БАЛАНСУВАННЯ ПРИ ЗАРЯДІ І ПРИ РОЗРЯДІ ЛІТІЙЄВИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ

Двадненко Володимир Якович, докт. техн. наук, професор кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: dvadnenkovvladimir@gmail.com

Дзюбенко Олександр Андрійович, канд. техн. наук, доцент кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: dzyubenko.alan@gmail.com

Шарко Яків Едуардович, магістр, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: karl.13.born@gmail.com

Вступ

Тема роботи пов'язана з особливостями експлуатації літійєвих акумуляторів у тягових батареях електромобілів та гібридних автомобілів.

Метою дослідження є розробка найпростішого активного балансиру для батареї, що складається з послідовно з'єднаних елементів акумуляторної батареї.

Розглянемо акумулятори, що найбільш широко застосовуються в якості тягових батарей електромобілів та гібридних автомобілів – літій-залізофосфатні. Завдяки високому електрохімічному потенціалу літію вони мають високу напругу одного елемента, отже, і високу питому енергію.

Однак, через високу хімічну активність літію, необхідно уникати хімічних реакцій, що ведуть до появи металевого літію в акумуляторі. Для цього робота літієвих акумуляторів заснована на процесах інтеркаляції та деінтеркаляції іонів у матеріали анода та катода.

В основі безпечної та ефективної експлуатації літій-іонних батарей лежить безперервний контроль за основними параметрами акумулятора, а також моніторинг історії заряду, розряду та фактичної ємності. При формуванні багатoelementної послідовно з'єднаної літій-іонної акумуляторної батареї виникає проблема розкидання напруги та рівнів заряду окремих акумуляторних комірок (банок) - розбалансування.

При розряді, після досягнення хоча б на одній з комірок мінімальної критичної напруги, необхідно відключити батарею від навантаження, оскільки подальший розряд спричинить порушення вимог експлуатації. Відповідно, під час заряду, при досягненні хоча б на одній з комірок максимальної критичної напруги, необхідно відключити батарею від зарядного пристрою. У цьому випадку ємність батареї визначатиметься ємністю найслабшої комірки, яка повністю зарядиться/розрядиться раніше за інші.

Таким чином, щоб підвищити експлуатаційні характеристики акумуляторних батарей, необхідно керувати розрядним та зарядним процесом акумуляторної батареї, а також для повного заряджання забезпечити при зарядці балансування акумуляторних осередків. Вигляд балансування акумулятора визначається технічними, експлуатаційними та економічними вимогами, а також особливостями побудови акумулятора. Отже, актуальним завданням є розробка системи управління режимами експлуатації батареї, що складається з n послідовних акумуляторних комірок.

Методи балансування акумуляторних батарей

За методом балансування балансири можна розділити на активні і пасивні.

Пасивна схема балансування технічно є найпростішою, її завдання обмежити напругу на тих елементах, які заряджені більше за інших [1], працює вона лише при заряді, пропускаючи частину струму (або весь струм) через себе, що дає можливість зарядитися решті комірок акумуляторів.

Така схема забезпечує дуже високу точність балансування і може робити це за один цикл заряду, але така схема має два недоліки:

- струм у ланцюгу ніколи не знизиться, а постійно протікатиме або через батарею, або через балансир, тобто зарядний пристрій може відключатися лише за таймером;

- оскільки весь струм в подальшому протікає через балансир, то пристрій виділяє велику кількість тепла наприкінці заряду, що з великі акумуляторні зборки мають застосовувати активні системи охолодження, що не дозволяє використовувати такий балансир в закритому корпусі батареї.

До переваг пасивного методу балансування можна віднести простоту та дешевизну реалізації, а до недоліків - малий струм балансування, відповідно

якщо різниця буде дуже великою, то балансир не зможе вирівняти потенціали між комітками за один цикл заряду.

Активні балансири дозволяють усунути ці недоліки. В активних балансирах використовується схема з перенесенням енергії від одного осередку до іншого [2]. Відносно простим є конденсаторний балансир: спочатку від акумулятора з більшою напругою конденсатор заряджається, відбираючи частину його енергії, а потім перемикається на акумулятор з меншою напругою, підзаряджаючи його. В результаті заряджений акумулятор поступово віддає частину заряду менш зарядженому акумулятору. Фактично, таким чином, елементи отримують віртуальне паралельне включення.

Активний балансир може працювати як під час заряду, так і під час розряду, так і під час зберігання енергії [3]. При цьому процес балансування починається тоді, коли між елементами з'являється різниця потенціалів, а не лише тоді, коли на одному з акумуляторів вже досягнуто максимальний рівень напруги.

До недоліків активних балансирів слід віднести вищу вартість в порівнянні з пасивними, витрати часу та коштів на проектування та виготовлення. А також те, що в підключеному до батареї стані активні системи балансування мають помітне споживання струму на неробочому ході, тому їх часто проектують як керовані, тобто балансир вмикають у необхідні моменти часу. Управління має здійснюватися від системи забезпечення функціонування (BMS), що передбачає наявність алгоритму в самій BMS для управління балансиrom.

Розробка активного балансуєчого пристрою

Для спрощення зарядно-балансуєчого пристрою та покращення співвідношення ціна-якість запропоновано метод, що реалізовано в пристрої [4]. В пристрої використані гальванічно-розв'язані перетворювачі постійної напруги для кожного елемента батареї, і введені нові операції (рисунок 1). Таким чином, заряджання здійснюється в два етапи: на першому етапі заряджання для всіх елементів проводиться від загального потужного джерела зарядного струму зі стабілізацією номінального значення струму, причому одночасно кожен елемент батареї заряджається ще й від індивідуального джерела зарядного струму, струм якого менший за номінальний струм і який підсумовується із загальним зарядним струмом. Крім того, індивідуальні джерела зарядного струму забезпечують спочатку обмеження їх зарядного струму, а потім стабілізацію їх граничної зарядної напруги елементів. Вхід кожного такого індивідуального джерела при заряді живиться від напруги загального потужного джерела зарядного струму і вихід індивідуального джерела розв'язаний від його входу.

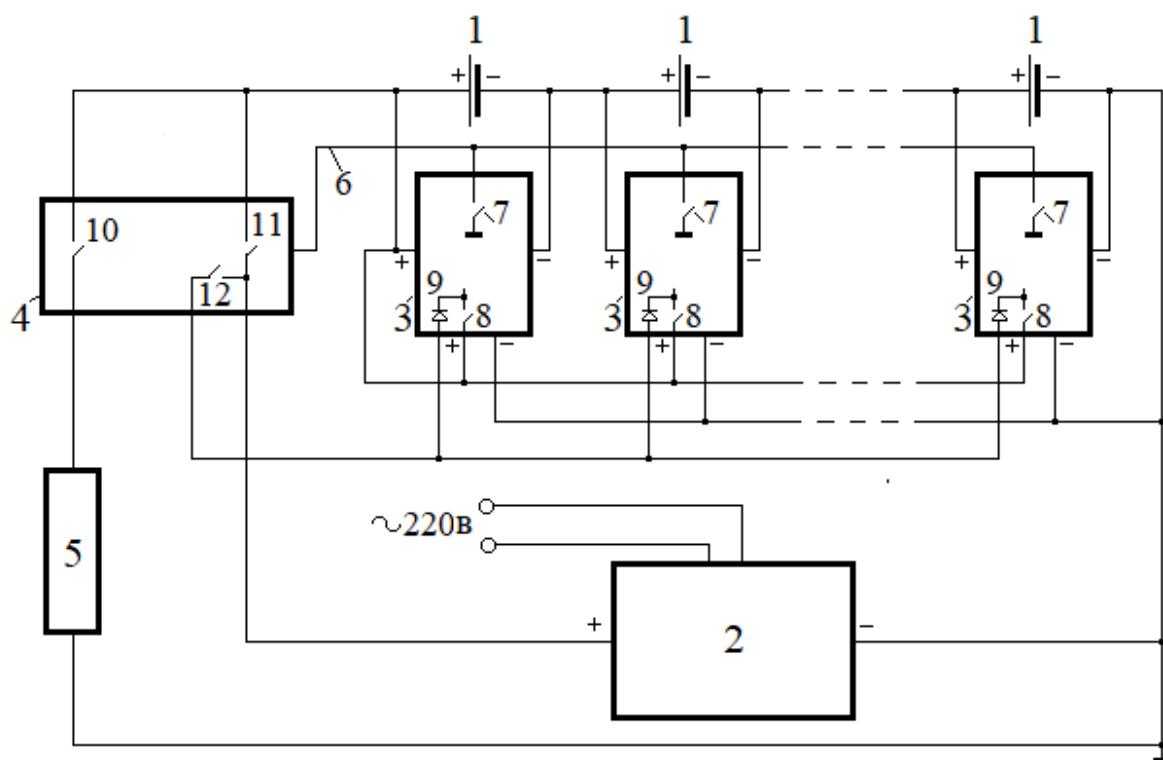


Рис.1. Функціональна схема зарядно-балансуючого пристрою

Другий етап зарядки настає тоді, коли буде досягнуто гранична зарядна напруга на будь-якому елементі батареї, причому на другому етапі загальний зарядний струм потужного джерела відключається, а всі елементи продовжують заряджатися від індивідуальних джерел зарядного струму, дозаряджаючи елементи до граничної зарядної напруги, приблизно , зарядний струм елемента плавно знижується. Другий етап заряджання закінчується, коли зарядний струм кожного елемента стане меншим за задане значення і тоді всі індивідуальні джерела будуть відключені.

Розряд на навантаження акумуляторної батареї також проводиться в два етапи: на першому етапі маємо загальний розрядний струм, але як тільки на будь-якому елементі напруга знизиться нижче заздалегідь заданого при калібруванні для даного елемента значення, вхід його індивідуального джерела зарядного струму підключається до загальної напруги акумуляторної батареї індивідуальне джерело починає дозаряджати цей елемент від загальної енергії акумуляторної батареї. Так відбувається з кожним елементом батареї і так відбувається доти, поки в процесі розрядки напруга хоча б одного елемента стане меншою за встановлене мінімально допустиме значення, тоді розрядний струм буде відключений і другий етап розрядки закінчується.

Блок керування 4 (рисунок 1) працює по-різному в режимах заряду та розряду. Режим заряду в блоці 4 буде завжди, коли на точку з'єднання контактів 11 і 12 надходить напруга від потужного джерела струму 2. При роботі в режимі заряду, при надходженні сигналу по шині 6, відбувається відключення потужного зарядного пристрою контактами 10, тим самим запобігає неприпустимому перезаряду акумуляторів. При роботі в режимі розряду, при надходженні сигналу по шині 6, блок керування 4 виконує відключення

потужного корисного навантаження 5 і тим самим запобігає недопустимому перерозряду комірок акумуляторної батареї.

Запропонований балансуєчий зарядний пристрій для літєвих акумуляторних батарей вимагає відносно недорогих індивідуальних джерел зарядного струму, наприклад, для акумуляторної батареї ємністю 100 А·год достатньо зарядних пристроїв зі значенням потужності близько 5 - 15 Вт на одну акумуляторну комірку.

Висновки

В роботі запропоновано метод вирішення завдання спрощення та покращення співвідношення ціна-якість зарядно-балансирующего пристрою тягової акумуляторної батареї гібридного автомобіля, що особливо актуально для м'яких гібридних автомобілів.

Література

1. Passive Battery Cell Balancing / Kevin Scott, Sam Nork // Analog Devices. - Aug 18 2016. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.analog.com/en/resources/technical-articles/passive-battery-cell-balancing.html>
16. Battery Cell Balancing for Improved Performance in EVs - Part II: ActiveBalancing Technologies Por Lee H. Goldberg Colaboración de Hearst Electronic Products 12/07/2011
2. Active Battery Cell Balancing. - August 1, 2020. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.techbriefs.com/component/content/article/37427-active-battery-cell-balancing?r=7478>
3. Пат. на кор. модель № 15622U, МПК H01M 10/44, H02J 7/00. Спосіб активного балансування при заряді та при розряді літій-іонних акумуляторних батарей/ Гнатов А.В., Дзадненко В.Я., Дзюбенко О.А., Сохін П.А.

УДК 629.331

АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО КРУЇЗ-КОНТРОЛЮ НА ОСНОВІ ПРОГНОЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ

Дзюбенко Олександр Андрійович, к.т.н., доцент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, тел. (066)7684116

Товстокорий Максим Юрійович, студент, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, тел. (098)7902317

Вступ

Дорожня безпека стикається з серйозними викликами із-за постійного зростання протяжності доріг і збільшення кількості автомобілів на них. В умовах важких дорожніх аварій і екологічних проблем у всьому світі були запропоновані інтелектуальні транспортні системи та системи допомоги

водієві. Вони націлені на підвищення активної безпеки та покращення якості водіння, однак останнім часом вони викликали занепокоєння зі сторони різних джерел [1].

Адаптивний круїз-контроль є одною із нових розробок у сфері систем активної безпеки і став важливою складовою в історії системи допомоги водієві [2]. У доповненні до базових функцій звичайного круїз-контролю система адаптивного круїз-контролю володіє здатністю перешкоджати зіткненням і підтримувати безпечну дистанцію попереду, враховуючи відносну відстань, швидкість і прискорення. Слід відзначити, що успіх адаптивного круїз-контролю можна розглядати як хороший приклад для розробки повнофункціональної системи активної безпеки.

Зазвичай системи АСС дозволяють знизити навантаження на водія та забезпечити безпеку руху за рахунок автоматичного керування повздовжнім рухом, а також надають допоміжну підтримку через зручний інтерфейс. В даний час більшість дослідників при розробці стратегії адаптивного круїз-контролю враховують в основному слідування за автомобілем і безпекою [3]. Однак комфорт і економічність також є важливими характеристиками системи. Таким чином, ціль управління складається в тому, щоб підвищити комфорт і економічність поїздки при умові забезпечення безпечної відстані між автомобілями. Основна складність полягає в побудові багатоцільових стратегій управління, які включають такі аспекти, як безпека, економічність і комфорт.

Для вирішення таких завдань оптимізації зазвичай застосовуються лінійно-квадратичне управління та управління на основі прогнозуючої моделі. Тут необхідно враховувати нелінійність і обмеження [4]. Реалізація вимагає неявного припущення щодо відсутності зовнішніх збурень. Однак в системі все ж присутні зовнішні збурення, пов'язані зі зміною стану транспортного засобу попереду, що знижує оптимальність стандартного регулятора.

У той же час прогнозуюча модель дозволяє оптимально управляти обмеженими нелінійними завданнями на кожному кроці завдяки постійно змінній оптимізації, чого звичайне лінійне управління не може забезпечити. Звичайні методи прогнозуючого керування не враховують незначущість рішення в екстремальних умовах при використанні жорстких обмежень. Щоб досягти багатозадачності в стратегії адаптивного круїз-контролю і відповідати різним цілям управління в процесі руху, існує стратегія роботи адаптивного круїз-контролю на основі моделі передбачення з м'якими обмеженнями управління, що дозволяє ефективно вирішити багатозадачну проблему системи.

На відміну від лінійних контролерів, що регулюють відстань і швидкість в даний момент, системи адаптивного круїз-контролю на основі управління з передбаченням розглядають обмежений період часу, яким система користується для того щоб прийняти оптимальне рішення, спочатку прогнозують рух лідера, а потім вирішують задачу оптимізації для вибору майбутньої траєкторії [5]. Це дозволяє враховувати кілька цілей, таких як безпека, ефективність та комфорт водіння. Принцип передбачення та оптимізації робить дану систему більш гнучкою, додаючи нові цілі для траєкторій, виходячи за рамки простого регулювання швидкості та дистанції,

що характерно для лінійних систем. Механізм оптимізації також відкриває нові можливості для покращення продуктивності порівняно з лінійними системами.

Можна припустити, що сучасні виробники систем адаптивного круїз-контролю будуть використовувати модель передбачення завдяки її гнучкості та високої ефективності. Наприклад, Tesla представила свій підхід передбачення та оптимізації на заході AI Day у 2021 році. Незважаючи на ефективність моделі передбачення в обліку та балансуванні безлічі цілей, вони мають обмеження, включаючи строкову стійкість, яка важко піддається аналізу через нелінійність та проблеми з точністю прогнозування. Строкова стійкість це властивість ланцюга автомобілів або будь-якого послідовного потоку об'єктів, у якому коливання чи різкі зміни руху одного учасника, наприклад, гальмування чи прискорення, не посилюються далі ланцюгом [6]. Наприклад, якщо перша машина в колоні трохи загальмувала, строкова стійкість гарантує, що наступна машина не загальмує сильніше, і це згасання продовжиться вздовж усієї колони. В іншому випадку кожне наступне авто реагувало б різкіше, що призвело б до відповідних наслідків. Таким чином, рядкова стійкість важлива для запобігання накопиченню помилок та забезпечення плавного руху потоку машин, особливо при використанні адаптивного круїз-контролю.

Для оптимізації траєкторії автомобіля потрібен точний прогноз становища лідера. Проте, як свідчать поточні дослідження, точно передбачити поведінку лідера складно. Наприклад, такі компанії, як Lyft та Waymo організовують змагання з машинного навчання, спрямовані на прогнозування траєкторій лідера. Для якісного прогнозування потрібні глибокі нейронні мережі та великі обсяги даних, проте досі жодна компанія не досягла значних успіхів.

У цьому контексті є потреба у передбачувано-незалежній системі, що забезпечує рядкову стійкість при будь-яких швидкостях та коливаннях. В теорії транспортних потоків вже існує така модель. У цій моделі траєкторія наступного автомобіля є просто тимчасово-просторовим зрушенням траєкторії лідера в минулому. Це гарантує граничну строкову стійкість, що означає, що коливання лідера не посилюються і не гасяться. Крім того, ця модель не вимагає прогнозів положення лідера, а використовує лише його історію, яку легко отримати за допомогою сучасних сенсорів, таких як радар.

Висновки

Адаптивний круїз-контроль є значним кроком уперед у розвитку активних систем безпеки. Він дозволяє автоматизувати керування позовжнім рухом, знижуючи навантаження на водія та покращуючи якість водіння. На відміну від традиційних круїз-контролів, ця система враховує не тільки поточну швидкість автомобіля, а й швидкість, прискорення та відстань до транспортного засобу, що йде попереду, що сприяє запобіганню зіткнень і підтримці безпечної дистанції. Однією з ключових переваг цієї системи є використання прогнозуючих моделей управління. Такий підхід дозволяє не просто реагувати на зміни в реальному часі, а прораховувати та оптимізувати траєкторію на основі прогнозу поведінки інших учасників руху. Це робить

систему гнучкішою, вона здатна враховувати не тільки безпеку, але й комфорт та економічність поїздки, пропонуючи водіям плавний та ефективний рух. Принцип багатозадачності дозволяє знаходити баланс між різними цілями керування, такими як зниження споживання палива, зменшення кількості різкого гальмування та збільшення комфорту пасажирів.

Однак, незважаючи на очевидні переваги, система стикається з низкою проблем та обмежень. Однією з найскладніших завдань є забезпечення строкової стійкості у потоці автомобілів. Строкова стійкість означає, що коливання в русі, наприклад, гальмування однієї машини, не повинні посилюватися в наступних транспортних засобах, а повинні поступово згладжуватися. Якщо система не забезпечує цього, кожне наступне авто реагуватиме різкіше, що може призвести до виникнення пробок або аварій. Крім того, система дуже залежить від точності прогнозів. У реальних умовах передбачити поведінку водія автомобіля, що йде попереду, може бути важко через безліч факторів, таких як раптові зміни траєкторії або непередбачувані маневри.

Перевага системи на основі прогнозування полягає в тому, що вона здатна використовувати лише історію руху автомобіля, що лідирує, що знижує залежність від точних прогнозів. Це забезпечує гнучкість та стабільність у складних дорожніх ситуаціях. Замість того, щоб передбачати поведінку, система може використовувати траєкторію лідера з тимчасовим зрушенням, що мінімізує накопичення помилок та посилює строкову стійкість.

Таким чином, ця система є потужним інструментом підвищення безпеки та комфорту на дорогах, проте для його подальшого вдосконалення необхідно подолати низку складнощів. Досягнення строкової стійкості, покращення точності прогнозів та оптимізація багатозадачних стратегій є важливими напрямками для майбутніх розробок. За умови правильного налаштування такі системи зможуть значно підвищити ефективність транспортних потоків та зменшити аварійність на дорогах.

Література

1. Liu, H.; Wei, H.; Zuo, T.; Li, Z.; Yang, Y.J. Fine-tuning ADAS algorithm parameters for optimizing traffic safety and mobility in connected vehicle environment. *Transp. Res. C-Emer.* 2017, 76, 132–149.
2. Bengler, K.; Dietmayer, K.; Farber, B.; Maurer, M.; Stiller, C.; Winner, H. Three decades of driver assistance systems: Review and future perspectives. *IEEE Intell. Transp. Syst. Mag.* 2014, 6, 6–22.
3. Zhang, J.H.; Li, Q.; Chen, D.P. Integrated adaptive cruise control with weight coefficient self-tuning strategy. *Appl. Sci.* 2018 8, 978.
4. Xiao, L.; Gao, F. A comprehensive review of the development of adaptive cruise control systems. *Veh. Sys. Dyn.* 2010, 48, 1167–1192.
5. Коростельов М.В., Гнатов А. В. Дослідження активних систем безпеки для автотранспортних засобів // Автомобільний транспорт. - Х.: ХНАДУ. 2020. Вип. 46. – С. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2020.46.0.40>

6. S Arhun, Yu Borodenko, A Hnatov, A Popova, H Hnatova, N Kunicina, A Ziravecka, A Zabasta, L Ribickis. Choice of Parameters for the Electrodrive Diagnostic System of Hybrid Vehicle Traction //Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. – 2020. – Т. 57. – №. 4. – С. 3-11.
7. Borodenko Y., Ribickis L., Zabasta A., Arhun Shch., Kunicina N., Hnatova H., Hnatov A., Patlins A. Konstantins Kunicins. Using the Method of the Spectral Analysis in Diagnostics of Electrical Process of Propulsion Systems Power Supply in Electric Car. Przegląd Elektrotechniczny. - 2020. - R96. – 10. – P. 47-50.
8. Dziubenko O., Arhun Shch., Hnatov A., Ponikarovska S. Choosing the method for determining angular motions of motor vehicle electromechanical subassemblies, EAI Endorsed Transactions on Energy Web. 2021. Vol. 8(32). e7. P. 1-8. <https://eudl.eu/doi/10.4108/eai.1-7-2020.165999>
9. Мигаль, В., Аргун, Щ., Гнатов, А., Гнатова, Г., & Сохін, П. (2022). Інтелектуальне діагностування транспортних засобів. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології, (22), 72–80. <https://doi.org/10.30977/VEIT.2022.22.0.5>

УДК 629.113

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ТЯГОВИХ АКУМУЛЯТОРІВ ДЛЯ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Латвинський Владислав Дмитрович, асистент кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: latvin2000@gmail.com, ORCID: [0009-0002-4891-2925](https://orcid.org/0009-0002-4891-2925)

Багач Руслан Володимирович, доктор філософії (PhD), доцент кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: bagach.ruslan@gmail.com, ORCID: [0000-0003-0157-5933](https://orcid.org/0000-0003-0157-5933)

Актуальність теми роботи зумовлена тим, що однією з ключових проблем сучасних електромобілів є висока вартість та недостатні експлуатаційні характеристики тягових акумуляторів. Цей фактор є основною перешкодою, що заважає масовому впровадженню електромобілів.

Метою даної роботи є порівняльний аналіз характеристик тягових акумуляторів, які використовуються в електромобілях, а також визначення перспектив їх подальшого розвитку [1,2].

Електромобілі мають ряд переваг у порівнянні з автомобілями, оснащеними двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ). Серед основних переваг електромобілів можна виділити наступні:

- Відсутність шкідливих вихлопних газів, що є одним з головних чинників забруднення довкілля.
- Значно нижчий рівень шуму під час роботи.
- Надійність і довговічність електродвигуна при тривалому використанні.

- Високий коефіцієнт корисної дії (ККД) електродвигуна, який досягає близько 95%.

Однак електромобілі мають і свої недоліки:

- Висока вартість тягової акумуляторної батареї (АКБ).
- Залежність ємності акумулятора від умов навколишнього середовища, зокрема температури.
- Обмежений запас ходу на одному заряді тягового акумулятора.

В електромобілях використовуються два типи акумуляторних батарей:

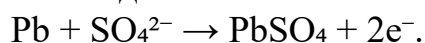
1. Стартерний акумулятор: забезпечує запуск двигуна та підтримує роботу допоміжних систем (освітлення, обігрів тощо).
2. Тяговий акумулятор: є основним джерелом енергії для роботи електродвигуна.

Основні види тягових акумуляторних батарей:

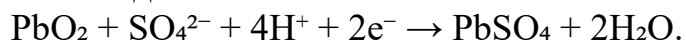
- Свинцево-кислотні.
- Нікель-кадмієві.
- Нікель-металогідридні.
- Літій-іонні

Свинцево-кислотні акумулятори здобули широку популярність завдяки своїй доступній вартості та відносно високій питомій потужності. Принцип їх роботи базується на хімічних реакціях між свинцем (Pb) і діоксидом свинцю (PbO₂) у водному розчині сірчаної кислоти (H₂SO₄). Під час розрядки акумулятора відбуваються хімічні реакції в одному напрямку, а при заряді — в зворотному.

На аноді:



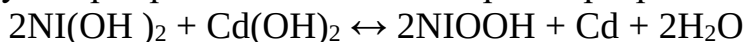
На катоді:



Акумулятор має досить широкий діапазон робочих температур від -40 до +40°C. При зниженні температури навколишнього середовища параметри батареї погіршуються. Акумулятор вже не зможе надійно запустити двигун і не зможе отримувати заряд від генератора. Головна умова експлуатації - не допускати розрядки акумулятора нижче 50% від його ємності. Це пов'язано з тим, що термін служби батареї значно скоротиться. Основним недоліком цих батарей є те, що вони складають 25-50% від загальної ваги автомобіля від ваги транспортного засобу.

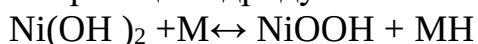
Нікель-кадмієві акумулятори мають більш тривалий термін служби в порівнянні з свинцево-кислотними акумуляторами (при правильному використанні 100-900 циклів заряду/розряду, тобто приблизно 20-25 років). Хімічним

випромінювачем струму є $\text{Ni}(\text{OH})_2$ (гідрат оксиду нікелю) з графітовим порошком (5-8%). Принцип дії заснований на оборотній хімічній реакції. Акумулятор заряджається зліва направо і розряджається справа наліво [3].



Робочий температурний діапазон цих батарей ширший, ніж у свинцево-кислотних акумуляторів – від -50 до $+40$ °С. Їх основною перевагою є можливість зберігання в розрядженому стані, що відрізняє їх від нікель-сольових і нікель-метал-гідридних батарей, для яких потрібна підтримка зарядженого стану. Як і свинцево-кислотні акумулятори, вони мають невисоку вартість. Однак одним з недоліків є "ефект пам'яті", який виникає, якщо акумулятор заряджають до повного розрядження. Це призводить до появи "зайвого" електричного шару, що знижує напругу приблизно на 0,1 В [4].

На сьогодні використання таких АКБ обмежене через їхній негативний вплив на довкілля, адже матеріали, що використовуються, є дуже токсичними. Нікель-метал-гідридні акумулятори були розроблені як заміна нікель-кадмієвих. Вони мають приблизно на 20% більшу ємність, але їхній термін служби менший – від 300 до 500 циклів. Перевага цих АКБ – менш виражений "ефект пам'яті", що дозволяє заряджати акумулятор без повного розрядження, запобігаючи утворенню додаткових шарів. Основу джерела струму становить оборотна реакція гідриду нікель-лантану або нікель-літію.



Нікель-метал-гідридні АКБ є екологічними, оскільки не містять токсичних компонентів, та добре працюють при низьких температурах. Робочий діапазон температур – від -40 °С до $+55$ °С, при цьому потужність знижується не більше ніж на 12%, що вигідно відрізняє їх від інших акумуляторів, які втрачають до 30% потужності. Проте такі батареї погано витримують високі температури ($20-30$ °С) і мають вищий рівень саморозряду, приблизно в 1,5 рази більший, ніж в інших акумуляторах [3,4].

Літій-іонні батареї отримали широке поширення у ноутбуках, телефонах та інших пристроях, а також стають популярними в електромобілебудуванні. Вони мають високу енергоємність (понад 200 Вт·год/кг) і ефективність заряду. Термін служби таких АКБ перевищує 1000 циклів або не менше 10 років.

До переваг літій-іонних батарей належить низький рівень саморозряду (менше 3%), відсутність необхідності в обслуговуванні та мала вага. Водночас їхні недоліки не дозволяють їм зайняти лідерські позиції на ринку. Робочий діапазон температур – від -20 °С до $+50$ °С, і вони дуже чутливі до температурних коливань. При низьких температурах їхня здатність віддавати енергію значно знижується, що ставить їх у менш вигідне становище порівняно зі свинцево-кислотними батареями. Також не рекомендується заряджати їх при температурах нижче 0 °С, а при перевищенні 60 °С може виникнути перегрів, що призведе до вибуху або пожежі [4-6].

Щороку електромобілі набувають дедалі більшої популярності, тому питання вдосконалення акумуляторів стає все більш актуальним. Вибір типу тягового акумулятора для електричного транспорту залежить від його

технічних характеристик: напруги, ємності, маси, сили зарядного та розрядного струмів і коефіцієнта корисної дії [7].

Таблиця 1 - Порівняльна характеристика тягових АКБ

Характеристика	Свинцево-кислотний	Нікель-кадмієвий	Нікель-металгідридний	Літій-іонний
Внутрішній опір	Дуже низький	Дуже низький	Низький	Низький
Кількість циклів заряду/розряду	300-500	100-900	300-500	800-1500
Саморозряд на місяць	5%	20%	30%	До 5%
Допустима температура навколишнього середовища в процесі заряду	Від 20°C до 50 °C	Від 0°C до 45°C	Від 0°C до 45°C	Від 0°C до 45°C
Робоча температура	- 20 ... 50°C	- 50 ... 40°C	40 ... 55°C	-20...50°C
Токсичність	Дуже висока	Дуже висока	Низька	-
Обслуговування	+	+	-	-
Ефект пам'яті	-	+	-	-
Вартість	Низька	Помірна	Висока	Висока

Висновки

На основі проведеного порівняння тягових акумуляторних батарей можна зробити такі висновки:

Свинцево-кислотні АКБ відрізняються найнижчою вартістю, проте вони мають великі габарити та потребують часткового обслуговування.

Нікель-кадмієві АКБ забезпечують велику кількість циклів зарядання/розрядання, добре працюють при низьких температурах, але мають значний недолік — негативний "ефект пам'яті".

Нікель-металогідридні АКБ мають вищий рівень саморозряду порівняно з нікель-кадмієвими і погано функціонують при знижених температурах.

Серед усіх розглянутих типів акумуляторів, літій-іонні АКБ вважаються найбільш перспективними завдяки високій енергоємності, великій кількості циклів заряду/розряду і кращій екологічності.

Література

1.Багач Р. В., Кальченко О. О. Перспективи та розвиток літійових акумуляторів в Україні //Світові тенденції ресурсозбереження на

електричному транспорті: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., Харків, 25–27 жовт. 2023 р. – 2023. – С. 31-34.

2. Багач, РВ Перспективи подальшого вдосконалення акумуляторних батарей для електромобілів/РВ Багач//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. 346–349.

3.Багач, Р. В. Підвищення ефективності експлуатації автомобільного електротранспорту з використанням зарядних станцій постійного струму : дис. ... д-ра філософії : спец. 274 Автомобільний транспорт / Р. В. Багач ; Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків, 2024. – 179 с.

4.Латвинський, В.Д., Багач, Р.В. (2024). Дослідження літій-іонних батарей для експлуатації електромобілями при різних температурних умовах. ISSN 2074-2630 Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика» №1(30)'2024.

5.Смирнов О. П., Борисенко А. О. Порівняльний аналіз електричних моделей літій-іонних акумуляторних батарей електромобілів. – 2023.

6. Нерубацький, В. П., Плахтій, О. А., Машура, А. В., & Гордієнко, Д. А. (2019). Аналіз технічних характеристик акумуляторних батарей і систем заряджання електромобілів. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*, 24(6), 11-19.

7. Arhun, S. (2017). Визначення найбільш ефективних тягових джерел струму для електромобілів. *Автомобільний транспорт*, (41), 11.

УДК 621

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПАЛИВОПОДАЧІ ГАЗОДИЗЕЛІВ ДЛЯ МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В АПК

Манойло Володимир Максимович, докт. техн. наук, професор кафедра ДВЗ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: volodimir.m.manoylo@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2208-4404>;

Гончаров Сергій Володимирович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: sergeygoncharov1511@gmail.com;

Шулаєв Максим Євгенович, аспірант, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: vega.asphalt2020@gmail.com;

Плигун Максим Сергійович, магістр, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: maksplygun@gmail.com;

Маслеников Деніс Олександрович, бакалавр, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: denmaslenikov54@gmail.com.

Актуальність роботи. Використання як моторне паливо дизельних палив і бензину викликає ряд проблем, визначальною з яких є те, що нафта є не відновлюваним джерелом енергії і її інтенсивний видобуток може призвести до нестачі такого виду палив.

Інша важлива проблема - екологічний вплив техніки АПК (агропромислового комплексу) на природне середовище. Однією з найважливіших причин забруднення повітря є відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згоряння. Шкідливі викиди транспорту атмосферу становлять 42 % від сумарної кількості [1].

Велике значення має економічна проблема. Транспортні витрати у собівартості продукції агропромислового комплексу становлять у середньому 20%. Отже, у разі підвищення вартості бензину, дизельного палива збільшується і ціна кінцевої продукції. У зв'язку з цим пріоритетним напрямом у більшості країн є перехід на більш економічний вид палива, а саме на природний газ.

Забезпечити суттєву економію палива і скоротити токсичність викидів газів, що відпрацьовали, зберігаючи паспортну потужність двигуна, надійність і довговічність можливо при переобладнанні дизеля на роботу по газодизельному циклу. Аналіз існуючих систем подачі палива газодизельних двигунів показує, що можливо здійснювати якісне регулювання палива, але забезпечення якісної подачі палива на всіх режимах роботи двигуна і в різних кліматичних умовах викликає ряд проблем. Тому розроблено різні схеми та технології їх вирішення, але єдиної думки щодо застосування загальної універсальної схеми подачі палива на двигунах, що працюють за газодизельним циклом, відсутня.

Для зниження собівартості продукції АПК та зменшення впливу вихлопних газів ведуться роботи з дослідження та розробки альтернативних видів палива.

Застосування палив у двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ) замість альтернативних нафтовмісних джерел дозволяє отримати ширшу сировинну базу для отримання моторних палив, сприяє більш простому постачанню паливом двигунів стаціонарних установок і мобільної техніки. Надається можливість виробництва палив з необхідними фізико-хімічними властивостями та необхідними параметрами, що, у свою чергу, дозволяють покращувати екологічні та економічні показники двигунів. Тому вдосконалення систем паливопостачання двигунів мобільної техніки є своєчасним і актуальним завданням для народного господарства країни.

Мета досліджень. Поліпшення експлуатаційних показників газодизельних двигунів мобільної техніки в АПК за рахунок удосконалення системи паливоподачі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити низку завдань:

- провести аналіз існуючих систем паливоподачі газодизельних двигунів;
- розробити та обґрунтувати конструктивну схему паливоподачі двигунів, що працюють за газодизельним циклом;
- розробити математичну модель опису процесу терморегулювання, що протікає в системі паливоподачі газодизельного двигуна;
- провести експериментальні дослідження та визначити залежності показників ефективності роботи системи паливоподачі газодизелів.

Провести техніко-економічну оцінку ефективності застосування розробленої системи паливоподачі газодизельних двигунів для мобільної техніки в АПК.

Об'єкт досліджень: процес терморегулювання в системі паливоподачі газодизеля, та сама система.

Предмет досліджень: закономірності зміни експлуатаційних показників роботи газодизельних ДВЗ від температури компонентів палива у системі подачі.

Наявні експериментальні дані про оптимальну температуру подачі різних палив викликають ряд розбіжностей, які виникають через відсутність деталізованого опису процесів теплообміну в системах паливоподачі газодизелів. Тому необхідно детально вивчити процеси теплообміну, що протікають під час подачі палива у газодизельному двигуні.

В результаті теоретичного та експериментального дослідження визначено залежність показників ефективності роботи системи паливоподачі газодизельного двигуна.

Висновки

У роботі вирішені наступні науково-практичні задачі.

1. Обґрунтовано оптимальні показники роботи системи паливоподачі.
2. Встановлено економічну ефективність та доцільність застосування системи паливоподачі газодизельного двигуна.

Література

1. Пепіна Л.А. Забруднення атмосферного повітря автомобільно-дорожнім комплексом /Л.А. Пепіна, О.М. Созонтова О.М. //Alfabuild. 2017. №1(1). - С.99-110.
2. Частухін В.І. Паливо та теорія горіння: Навч. посібник. / В.І. Частухін, В.В. Частухін// К.: Вищ. шк. Головне вид-во, 1989. - 223 с.
3. Каніло П.М., Бей І.С., Ровенський О.І. Автомобіль та навколишнє середовище. - Харків. Прапор, 2000. - 304 с.
4. Савельєв Г.С. Технологія конвертування дизеля Д-240 в газоіскровий двигун//Трактори та с.-г. машини, №10, 2008 С. 19-24.
5. Гнедова Л.А. Газомоторне паливо на основі метану. Аналіз вимог до якості та вихідної сировини / Л.А. Гнедова, К.А. Гриценко, Н.А. Лапушкін, В.Б. Перетряхіна, І.В. Федотов // Сучасні технології переробки та використання газу. Науково-технічна збірка – Вести газової науки. - 2015. - № 1 (21). - С. 86-97.
6. Правила ЄЕК ООН № 49 «Єдині приписи щодо офіційного затвердження двигунів із запаленням від стиснення та двигунів, що працюють на природному газі...» (перегляд 4; поправки серії 05; введ. 3.02.2008 р.).

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ГАЗОДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ АВТОТРАКТОРНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Манойло Манойло Володимир Максимович докт. техн. наук, проф.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: volodimir.m.manoylo@gmail.com, ORCID: [0000-0003-2208-4404](https://orcid.org/0000-0003-2208-4404)

Козлов Юрій Юрійович, молодший науковий співробітник
Харківська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого:
<https://orcid.org/0000-0002-3546-0010>

Гончаров Сергій Володимирович, аспірант, Харківський
національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: sergeygoncharov1511@gmail.com

Шулаєв Максим Євгенович, аспірант, Харківський національний
автомобільно-дорожній університет, e-mail: vega.asphalt2020@gmail.com

Пігарєв Деніс Олегович, магістр, Харківський національний
автомобільно-дорожній університет, e-mail: denispigarev07@gmail.com

Стрижак Глеб Олександрович, бакалавр, Харківський
національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: glebstrijak2003@gmail.com

Актуальність теми дослідження. Постійне збільшення потреби у дизельному паливі та суттєве його подорожчання в останні роки призводять до необхідності переведення автотракторних засобів та створених на їх базі будівельних, дорожніх, комунальних, самохідних сільськогосподарських та лісотехнічних машин, а також інших мобільних та стаціонарних енергетичних установок, конвертованих на альтернативні види палива, насамперед на стислий і зріджений природний газ.

Використання природного комбінованого газу як моторного палива дозволить покращити екологічну ситуацію в місцях експлуатації автотракторних засобів. У загальній масі шкідливих речовин, що забруднюють довкілля, частка викидів дизельних автотракторних засобів відносно невелика і зазвичай не перевищує 4 % від сумарних викидів усіх антропогенних джерел забруднення. Однак шкідливі викиди автотракторних засобів досить часто викликають інтенсивні локальні забруднення, що становлять значну небезпеку не тільки для навколишнього середовища, а й для людей, тварин, рослин і ґрунту, що знаходяться поблизу них. [1].

На етапі технічного прогресу у промисловому і сільськогосподарському виробництві енергетичне забезпечення приросту продукції може бути досягнуто з допомогою моторних палив, одержуваних з нафти.

Альтернативне вирішення проблеми можливе за рахунок використання газу в якості палива для автотракторних засобів та самохідних сільськогосподарських та лісотехнічних машин.

Доцільність застосування газу як палива для автотракторних засобів визначається ще й тим, що він є високоякісним та екологічно чистим видом палива.

Октанове число газу становить 90 ... 110, що дозволяє підвищити ступінь стиснення на дизельному двигуні, і в результаті забезпечить поліпшення показників його роботи.

До переваг газу як моторного палива перед дизельним можна віднести найкраще сумішоутворення, відсутність рідких фракцій у суміші, що надходять у циліндр, та зниження зносу двигуна.

Велике значення має також менший вміст шкідливих речовин, котрі негативно впливають на людей, в якості хімічних складових у продуктах згоряння [2] ДВЗ.

Об'єктом дослідження: є дизельний двигун для автотракторних мобільних енергетичних засобів (МЕЗ), конвертований до роботи в газодизельному режимі.

Предметом дослідження: є закономірності зміни характеристик двигуна МЕЗ при газозаміщенні дизельного палива.

Мета роботи: підвищення ефективності використання МЕЗ шляхом удосконалення системи живлення газодизельного двигуна.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано такі завдання:

- теоретично обґрунтувати склад комбінованої горючої суміші для газодизельного двигуна МЕЗ;
- розробити паливо-утворювальну систему газодизельного двигуна з комбінованим сумішоутворенням;
- розробити схему компонування установки ДВЗ у газодизельному режимі;
- експериментально встановити закономірності зміни енергетичних показників газодизельного двигуна від параметрів складу комбінованої горючої суміші.

Висновки

Виконані аналітичні дослідження створили передумови для подальшого вдосконалення та підвищення ефективності використання газового палива у газодизельному робочому процесі із забезпеченням збереження експлуатаційних показників у всьому діапазоні швидкісних та навантажувальних режимів шляхом конвертації тракторного ДВЗ в газодизель з комбінованим сумішоутворенням.

Література

1. Лупач, П.Д. Створення та впровадження газових та газодизельних тракторів / П.Д. Лупачов, А.І. Філімонов // Трактори та сільськогосподарські машини. - 2001. - №1. - С. 40.
2. Потапов, В. Трактор переходить на газ / В. Потапов // Сільський механізатор. - 2000. - №5. - С. 7.

УДК 631

ПОКРАЩЕННЯ ПАРАМЕТРІВ СУМІШЕУТВОРЕННЯ, ЗГОРЯННЯ, ПАЛИВОПОДАЧІ ШЛЯХОМ УЗГОДЖЕННЯ ФОРМИ КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ ПРИ ФОРСУВАННІ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Манойло Манойло Володимир Максимович докт. техн. наук, проф.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail:
volodimir.m.manoylo@gmail.com, ORCID: [0000-0003-2208-4404](https://orcid.org/0000-0003-2208-4404)

Шулаєв М.Є, аспірант, vega.asphalt2020@gmail.com Харківський
національний автомобільно-дорожній університет

Гончаров Сергій Володимирович., аспірант, Харківський
національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: sergeygoncharov1511@gmail.com

Чачхалия Меджит Отарович., магістр, Харківський національний
автомобільно-дорожній університет, e-mail: Boss.medzhit@gmail.com

Нежид Данило Павлович, бакалавр, Харківський національний
автомобільно-дорожній університет, e-mail: daniil.negid@gmail.com

Гужва Сергій Юрійович., бакалавр, Харківський національний
автомобільно-дорожній університет, sguzhva2310@gmail.com

Актуальність теми дослідження. При форсуванні дизеля за середнім ефективним тиском ставляться і вирішуються завдання щодо підвищення паливної економічності, зниження механічної та теплової навантаженості та поліпшення екологічних показників. Вирішення цих завдань більшою мірою визначається ступенем досконалості окремих процесів робочого циклу. Велике значення мають роботи, спрямовані на забезпечення якісного сумішоутворення та згоряння в циліндрі дизеля. Це досягається шляхом удосконалення паливної апаратури, узгодження форми паливного факела з формою камери згоряння та організації вихрового руху повітряного заряду. При цьому узгодження процесів упорскування, сумішоутворення та згоряння станом на сьогоднішній день вирішується переважно експериментально. Так, наприклад, конструкція паливної форсунки піддається ретельному аналізу на основі досліджень

процесу візуалізації впорскування та розпилювання палива в камері постійного об'єму з оптичною системою, що реєструє.

Можливість прогнозування розвитку та розподілу паливного факела в камері згоряння створює передумови для покращення показників робочого циклу дизеля та є актуальною темою.

Результати аналізу досліджень, проведені авторами, показують, що в даний час використовуються три види моделей процесу згоряння в двигуні внутрішнього згоряння.

Моделі першого виду прості, практичні та описують процес тепловиділення заздалегідь заданою функцією залежно від часу або кута повороту колінчастого валу. Але в них не враховується вплив тиску, температури та зміни концентрацій реагуючих речовин та інертних компонентів на процес згоряння.

Моделі другого виду засновані на застосуванні загального закону хімічної кінетики, описують процес згоряння у загальному вигляді та враховують основні фізичні параметри (температура, концентрація палива та кисню, енергія активації та інші). Однак ці моделі не враховують наявність у горючій суміші інертних компонентів (азоту, продуктів згоряння та інші), які впливають на процес згоряння в двигуні внутрішнього згоряння.

Моделі третього виду описують процес згоряння палива як послідовність проміжних хімічних реакцій, кількість яких приймається від кількох десятків до тисяч, залежно від прийнятого механізму окислення палива. При цьому для кожної реакції визначається константа швидкості, енергія активації та концентрація реагуючих речовин. Але для практичної реалізації в інженерному розрахунку моделей цього виду потрібні великі обчислювальні потужності, і тривалість такого розрахунку може досягати сотні годин. Відомі математичні моделі процесу згоряння палива у поршневих двигунах внутрішнього згоряння не враховують впливу дисоціації на процес тепловиділення саме в період максимальної температури або враховують у неявному вигляді. Тому сьогодні продовжуються роботи зі створення нових моделей, що описують реальні внутрішньо-циліндрові процеси в двигунах внутрішнього згоряння для розвитку теорії горіння.

Методологія та методи дослідження. Розрахунково-експериментальне дослідження внутрішньо-циліндрових процесів дизеля проводилися з використанням відомих загальних законів хімічної кінетики, термодинаміки, теплофізики та теорії робочих процесів у поршневому двигуні внутрішнього згоряння із запаленням від стиснення.

Безмоторні експериментальні дослідження базуються на світовому досвіді проведення досліджень процесів досконалішого впорскування та сумішоутворення, взаємодії паливного струменя зі стінкою в умовах фізичного моделювання в камері постійного об'єму.

Висновки

У роботі авторами проведений аналіз існуючих моделей.

На теперішній час в світі продовжуються роботи зі створення нових моделей, що описують реальні внутрішньо-циліндрові робочі процеси в ДВЗ необхідні для розвитку теорії горіння.

Література

1. Зеленцов А.А. Аналіз впливу геометрії камери згоряння на процеси турбулентного згоряння та локального теплообміну в циліндрі двигуна // Теплові процеси у техніці. - 2015. - Т. 7, № - С. 183-187.
2. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долгунов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни: Підручник. К.: Арістей, 2004. 476 с.
3. Крупський М.Г. Досвід організації процесів об'ємного сумішоутворення за результатами досліджень на двигуні із прозорими вікнами / М.Г. Крупський, В.Ю. Рудаков // Двигунобудування. – 2009. – № 2. – С. 31–34.

УДК 621.3

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МІКРОМЕРЕЖ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Нечаус Андрій Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедра АЕ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: nechaus@ukr.net, ORCID: [0000-0001-8833-0802](https://orcid.org/0000-0001-8833-0802)

Основним недоліком відновлюваних джерел електричної енергії, таких як вітро- (WS) або сонячні (SS) електростанції, є непостійність вироблення ними електричної енергії, яка залежить від погодних умов, тобто наявності вітру або інтенсивності сонячного світла. В той же час, використання таких джерел є сучасною тенденцією, спрямованою на зменшення забруднюючого впливу на навколишнє середовище з боку традиційних теплових електростанцій. Для компенсації непостійності вироблення електроенергії відновлюваними джерелами система електропостачання доповнюється пристроями накопичення та зберігання енергії у вигляді акумуляторних батарей (Bat), які заряджаються при надлишку енергії у системі та розряджаються при її нестачі. Вочевидь, така система не здатна повністю забезпечити потреби споживачів електричної енергії, тому у більшості випадків працює паралельно з державною енергетичною мережею (G) і, залежно від призначення, забезпечує компенсацію максимумів навантаження, підтримання заданої якості електричної енергії, підвищує надійність електропостачання та стійкість системи електропостачання. Як додаткове автономне джерело електричної енергії в систему може бути додана дизель-генераторна установка (DG), яка забезпечує споживачів електричної енергії за відсутності живлення від вказаних вище джерел. І окремою групою електричного обладнання системи електропостачання слід вважати електромобілі (EV), які при реалізації технології автомобіль-мережа (V2G) здатні

виконувати функцію додаткового пристрою накопичення та зберігання електричної енергії. Структура подібної мережі наведена на рисунку 1.

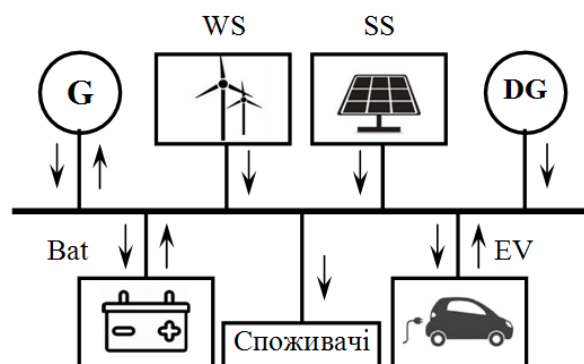


Рисунок 1 – Структура мікромережі

Подібного роду системи електропостачання, призначені для живлення окремих об'єктів та районів, називають локальними або мікромережами, і для них існує потреба у окремому регулюванні [1,2]. Кожен елемент системи має певні особливості щодо принципів роботи та регулювання. Наприклад, WS та SS працюють залежно від погодних умов, при цьому енергію, яку вони виробляють слід використовувати максимально для скорішої їх окупності; DG має максимальний коефіцієнт корисної дії при завантаженні порядку 75% потужності; Bat та EV можуть виступати як споживачами, так і джерелами енергії, для них потрібно забезпечити відповідні режими заряд-розряду для збереження їх довговічності, а для EV, крім того, заданий власником рівень ємності для використання за призначенням. На рисунку 1 стрілками показано можливі напрями потоку електричної енергії, які визначаються алгоритмом або, як називають у іноземній літературі, стратегією керування. В такому разі мікромережа набуває ознак розумної (Smart) мережі, наприклад [3,4].

У проаналізованій літературі алгоритми розподілу навантажень у мікромережі реалізуються на основі відповідних комутацій джерел живлення залежно від наявних генерованих потужностей, при цьому не розглядаються випадки паралельної роботи джерел живлення. На нашу думку, цьому слід приділити увагу, оскільки можливі варіанти, за яких робота окремих джерел може виявитися неоптимальною.

На рисунку 2, а наведено спрощену схему паралельної роботи двох джерел електричної енергії на загальне навантаження $\underline{Z}_H$. Кожне джерело характеризується електрорушійною силою ($\dot{E}_1$, $\dot{E}_2$), внутрішнім комплексним опором ($\underline{Z}_{E1}$, $\underline{Z}_{E2}$), і підключене до мережі через лінії електропередачі з комплексним опором ($\underline{Z}_{\tau1}$, $\underline{Z}_{\tau2}$).

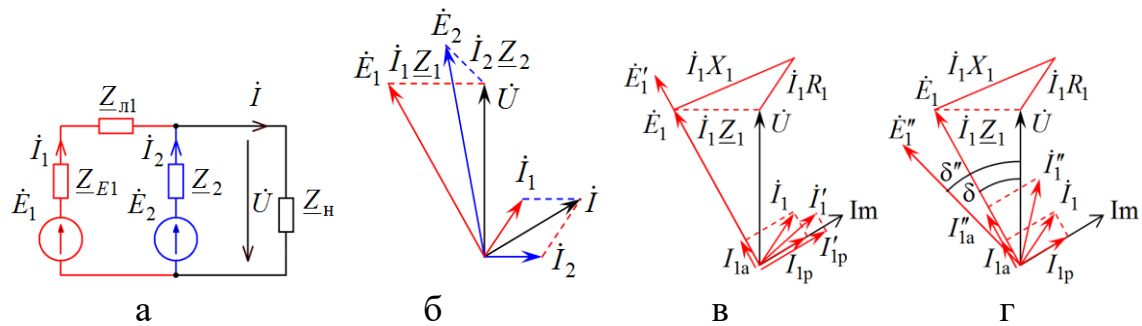


Рисунок 2 – Пояснення принципу розподілу навантажень

На рисунку 2, б наведено векторну діаграму паралельної роботи, на якій показано, що напруга мережі $\dot{U}$ є загальною для обох джерел енергії та навантаження на шинах розподільного пристрою. Струм навантаження $\dot{I}$ є сумою комплексних струмів джерел енергії $\dot{I}_1$ та $\dot{I}_2$. Різниця між векторами $\dot{E}_1$, $\dot{E}_2$ та напругою $\dot{U}$ визначається спадами напруги на проміжних опорах $\underline{Z}_1$ та $\underline{Z}_2$. Враховуючи, що як навантаження $\underline{Z}_H$, так і проміжні опори $\underline{Z}_1$, $\underline{Z}_2$ у загальному випадку є комплексними, між векторами струмів та відповідними напругами буде мати місце зсув по фазі.

На рисунку 2, в показано, що вектор струму може $\dot{I}_1$ бути представлений двома складовими, активною I_{1a} – його проекція на вектор $\dot{E}_1$, та реактивною I_{1p} – проекція на ось уявних значень Im . Збільшення електрорушійної сили $\dot{E}_1$ по модулю ($\dot{E}'_1$) приводить до зміни струму джерела ($\dot{I}'_1$) при незмінній напрузі $\dot{U}$ за рахунок зміни спаду напруги на проміжному опорі. При цьому збільшується реактивна складова струму джерела I'_{1p} , активна складова змінюється мало.

На рисунку 2, г показано, як впливає зміна кута випередження електрорушійної сили δ . При його збільшенні (δ''), збільшується активна складова струму $\dot{I}_1$ (I''_{1a}), його реактивна складова змінюється не суттєво.

Таким чином, при паралельній роботі двох джерел електричної енергії на загальне навантаження можливий випадок, коли одне джерело буде перевантажене активною потужністю і недовантажене реактивною та навпаки. В цих випадках виникають зрівнювальні струми, які циркулюють між джерелами електричної енергії, погіршуючи умови їх роботи.

Висновки

Схеми керування мікромереж за наявності декількох джерел електричної енергії слід доповнити пристроями визначення їх завантаженості активною та реактивною енергією, та пристроями перерозподілу енергії між паралельно працюючими джерелами. Крім того, при проектуванні таких пристроїв слід проводити додатковий аналіз зовнішніх характеристик джерел електричної енергії, які побудовані на різних принципах перетворення енергії.

Література

1. Moslem Uddin, Huadong Mo, Daoyi Dong, Sondoss Elsayah, Jianguo Zhu, Josep M. Guerrero, Microgrids: A review, outstanding issues and future trends, Energy Strategy Reviews, Volume 49, 2023, 101127, ISSN 2211-467X, <https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101127>.
2. Islam, Md & Hosen, Rubayet & Rahman, Md. (2019). A Study on Micro-grid Technology: Some Key Aspects. Asian Journal of Information Technology. 1. 25-28. 10.5281/zenodo.3344466.
3. Chakir, Asmae & Tabaa, Mohamed & Moutaouakkil, Fouad & Medromi, Hicham & Alami, Karim. (2020). Smart multi-level energy management algorithm for grid-connected hybrid renewable energy systems in a micro-grid context. Journal of Renewable and Sustainable Energy. 12. 10.1063/5.0015639.
4. ATICI, TURHAN & Taskin, Sezai & Şengör, İbrahim & Tozak, Macit & Demirci, Osman. (2022). Development of a control algorithm and conditioning monitoring for peak loadbalancing in smart grids with battery energy storage system. Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences. 30. 1370-1387. 10.55730/1300-0632.3854..

УДК 629.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ДАТЧИКІВ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ НА ОСНОВІ ЕФЕКТУ ХОЛА

Нечаус Андрій Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедра АЕ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: nechaus@ukr.net, ORCID: [0000-0001-8833-0802](https://orcid.org/0000-0001-8833-0802)

Добродецький Кирило Андрійович, бакалавр,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: dobrodeckijkirill@gmail.com

Електронні системи керування сучасних автомобілів здійснюють безперервний контроль безлічі параметрів, які визначають алгоритми роботи систем, вузлів, агрегатів та окремих пристроїв автомобіля. Впровадження сучасних систем допомоги водію, включаючи систему автопілоту, реалізація складних систем керування ґрунтується на інформації, яка отримується від різноманітних датчиків фізичних величин, при цьому вимоги до точності, швидкодії та достовірності датчиків постійно зростають. Не зважаючи на сучасний рівень технологій, для кожної технічної реалізації датчика можна виділити певні умови, які обумовлюють галузі та діапазони його застосування. Дана робота присвячена аналізу недоліків та способів їх усунення датчиків частоти обертання на основі ефекту Хола.

Приймаючи до уваги, що поступовий перехід від традиційних автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння до електричних транспортних засобів, стане причиною припинення використання у автомобілі таких датчиків як датчик масової витрати повітря, лямбда-датчик, тощо, слід зазначити, що датчики

частоти обертання завжди будуть наявні у автомобілі, який рухається на колесах, а також має приводний обертовий двигун, крім того такі датчики використовуються і в інших системах, робота яких супроводжується обертанням та поворотом. З цієї точки зору, роботу спрямовану на вдосконалення таких датчиків можна вважати актуальною і перспективною.

Приводні електричні двигуни сучасних електромобілів мають складні системи керування, які містять зворотні зв'язки і ґрунтуються на досить складних алгоритмах обробки інформації. Наприклад, поле-орієнтоване керування синхронним двигуном зі збудженням від постійних магнітів. Застосування бездатчикових систем керування, які виділяють корисну інформацію з параметрів напруги та струму електричного двигуна, має певні обмеження через наявність похибок, які виникають при динамічних змінах режиму роботи двигуна, що характерно саме для транспортних засобів. В такому разі застосування саме датчиків частоти є більш прийнятним рішенням, яке забезпечує задану точність та надійність при відносно низькій вартості.

Положення ротора електричного двигуна можна вимірювати шляхом вимірювання магнітних полів за допомогою лінійних датчиків Хола [1], [2]. Ці магнітні поля можуть створюватися як магнітними полями полюсів ротора, так і спеціальними додатковими магнітами розміщеними на роторі або його валу. Одним з головних недоліків такого рішення є сильна нелінійність, яка обумовлена складною формою магнітних полів, а також параметричними невизначеностями у геометрії та властивостях матеріалів.

Альтернативним рішенням для визначення частоти є використання дискретних датчиків Хола, які виробляють дискретні сигнали на виході залежно від полярності магнітного поля. По-перше, ступінчасто згенеровані сигнали можна згладжувати для отримання приблизно синусоїдної форми за допомогою фільтрів низьких частот; тоді для оцінки частоти можна використовувати традиційні системи фазового автопідстроювання частоти (PLL), а також додаткові фільтри для виділення корисного сигналу.

Однак основним недоліком дискретних датчиків Хола є те, що вони не дають достатньої точності на низьких або нульових швидкостях. В такому разі можна забезпечити задану точність використовуючи додатковий лінійний датчик Хола. Або ж застосовується дискретизація лінійного датчика Хола за допомогою налаштованих порогів спрацьовування [3]. Також для досягнення заданої роздільної здатності зворотного зв'язку можуть використовуватися інтегральні схеми оцінки кутового положення на основі аналогових періодичних сигналів за допомогою тригонометричних перетворень [4].

Висновки

Враховуючи, що використання лінійного датчика Хола в системах вимірювання частоти обертання та кутового положення, незважаючи на визначені недоліки, має певні переваги, пропонується вдосконалення системи обробки шляхом розробки та впровадження системи автопідстроювання частоти (FLL) за зразком рішень, запропонованих у [5].

Література

1. D. Reigosa, D. Fernandez, C. Gonzalez, S. B. Lee, and F. Briz, "Permanent Magnet Synchronous Machine Drive Control Using Analog Hall-Effect Sensors," IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 54, no. 3, pp. 2358-2369, 2018.
2. J. Kim, S. Choi, K. Cho, and K. Nam, "Position Estimation Using Linear Hall Sensors for Permanent Magnet Linear Motor Systems," IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 63, no. 12, pp. 7644-7652, 2016.
3. M. Morse, "Linear Hall Effect Sensor Angle Measurement Theory, Implementation and Calibration," Texas Instruments, Tech. Rep., 2018.
4. AS5047P-ATSM ams. Board Mount Hall Effect Magnetic Sensors 14 bit core res Up to 28krpm. Електронний ресурс. Режим доступу - <https://www.xonelec.com/mpn/ams/as5047patsm>.
5. G. Escobar, M. F. Martinez-Montejano, A. A. Valdez, P. R. Martinez and M. Hernandez-Gomez, "Fixed-Reference-Frame Phase-Locked Loop for Grid Synchronization Under Unbalanced Operation," in IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 58, no. 5, pp. 1943-1951, May 2011, doi: 10.1109/TIE.2010.2052534.

УДК 629.3

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЛІНІЙНОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ПОСЛІДОВНОГО ГІБРИДНОГО ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Нечаус Андрій Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедра АЕ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: nechaus@ukr.net, ORCID: [0000-0001-8833-0802](https://orcid.org/0000-0001-8833-0802)

Заховасв Денис Євгенійович, бакалавр,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: den64266909@gmail.com

У гібридних електромобілях, побудованих за послідовною схемою, двигун внутрішнього згоряння використовується виключно як джерело механічної енергії для генератора, який забезпечує заряд тягової акумуляторної батареї. Як один з варіантів покращення питомих та надійнісних характеристик генераторної установки було запропоновано застосування двигуна внутрішнього згоряння з вільним поршнем [1]. Один з варіантів побудови такого двигуна наведено на рисунку 1 [2]. Двигун має поршні 1 та 2, які здійснюють зворотно-поступальний рух у циліндрах 3, при чому, поршень 2 у робочому ході забезпечує такт стиснення поршня 1, і навпаки. У такому двигуні не здійснюється перетворення лінійного руху поршнів на обертальний рух, через що зникає потреба у окремих складових традиційних двигунів внутрішнього згоряння, таких як шатуни, колінчатий вал, газорозподільна система, тощо. Через це будова двигуна значно спрощується, а його надійність та ефективність підвищуються.

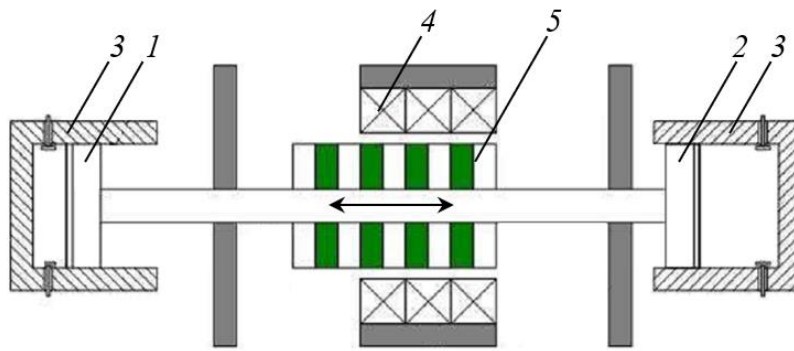


Рисунок 1 – Вільно-поршневий лінійний генератор

Перетворення лінійного зворотно-поступального руху поршнів на електричну енергію здійснюється лінійним генератором, який має котушки 4 (рисунок 1) на статорі та масив постійних магнітів 5 на трансляторі. Постійні магніти мають різну полярність яка чергується вздовж транслятора і розділені немагнітними шайбами. Подібні генератори отримали новий поштовх розробки у зв'язку з появою доступних потужних постійних магнітів на основі рідкоземельних металів. При русі індуктора вздовж обмоток статора магнітний потік перетинає котушки розміщені на статорі, індукуючи в них електрорушійну силу, при цьому можливі різні способи розміщення та з'єднання котушок для отримання одно- або багатофазних систем напруги.

На теперішній час у зарубіжній літературі є досить велика кількість публікацій присвячених розробці подібного роду пристроїв (рисунок 2) [2-4]. Розглядаються найпростіші конструкції як однофазного виконання генератора, наприклад, як показано на рисунку 2, а, так і більш складні варіанти багатофазного виконання з аксіальними котушками статора (рисунок 2, б), чотири та шести сторонні конструкції з радіальним розміщенням котушок (рисунок 2, в, г), а також з двома статорами – зовнішнім та внутрішнім (рисунок 2, д).

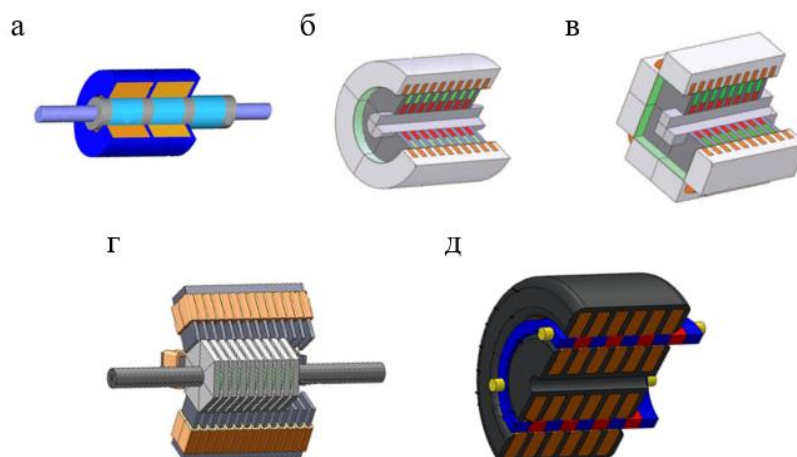


Рисунок 2 – Конструкції лінійних генераторів

Індуктор лінійного генератора, як було вказано раніше, являє собою

масив постійних магнітів з полярністю, що чергується. Однак, також досліджувалися питання щодо варіантів побудови цього масиву. Окремо слід відзначити конструкції зі збірками Хальбаха, а також використання магнітів різної геометрії (рисунок 3) [5]. Подібного роду заходи пропонуються для підвищення ефективності використання енергії постійних магнітів, зменшення вмісту вищих гармонік у вихідній напрузі та втрат на вихрові струми. Ще однією з проблем, яку доводиться вирішувати при проектуванні, є наявність сил магнітного притягання індуктора до феромагнітного осердя статора, що в деяких випадках також призводить до необхідності застосування компромісних технічних рішень.

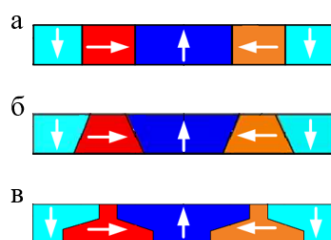


Рисунок 3 – Збірки Хальбаха для індукторів лінійних генераторів

Аналіз літератури показує, що технічна реалізація запропонованих технічних рішень лінійних генераторів поки що знаходиться на рівні діючих макетів та прототипів, як наприклад [6]. Серійного виробництва подібного роду пристроїв досі немає не зважаючи на доведені їх високі характеристики порівняно з традиційними технічними рішеннями. Крім того, розроблені певні рекомендації та критерії стосовно проектування лінійних генераторів для різних галузей застосування, при цьому, в більшості випадків, акцент робиться саме на автомобільній галузі.

Висновки

Зважаючи на переваги лінійних генераторів з вільно-поршневим двигуном внутрішнього згоряння порівняно з традиційними двигун-генераторними установками, їх високі питомі характеристики та перспективність їх застосування у складі гібридних електромобілів, пропонується розрахунок лінійного генератора із заданими технічними характеристиками.

Література

1. R. Mikalsen, A.P. Roskilly, A review of free-piston engine history and applications, Applied Thermal Engineering, Volume 27, Issues 14–15, 2007, Pages 2339–2352, ISSN 1359-4311, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2007.03.015>.
2. C. A. Oprea, L. Szabó and C. S. Martiş, "Linear permanent magnet Electric Generator for Free Piston Engine applications," 2012 XXth International Conference on Electrical Machines, Marseille, France, 2012, pp. 691–696, doi: 10.1109/ICEIMach.2012.6349946.
3. Oprea, Claudiu Alexandru et al. "Permanent magnet linear generator for

renewable energy applications: Tubular vs. four-sided structures.” 2011 International Conference on Clean Electrical Power (ICCEP) (2011): 588-592.

4. Tajdiny, Arman & Monsef, Hassan & Lessani, Hamid. (2021). Design and analysis of a novel yokeless mover permanent magnet linear generator for free piston engine converter. IET Electric Power Applications. June 2021 15(3). DOI:10.1049/elp2.12101.

5. I. I. Abdalla, T. Ibrahim and N. M. Nor, "Analysis of Tubular Linear Motors for Different Shapes of Magnets," in IEEE Access, vol. 6, pp. 10297-10310, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2775863.

6. No crankshaft, no problem: Toyota's free piston engine is brilliant. Електронний ресурс. Режим доступу - <https://www.roadandtrack.com/car-culture/a6326/out-of-turn-toyota-engine>.

УДК 629.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ НА МЕРЕЖУ ЖИВЛЕННЯ

Нечаус Андрій Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедра АЕ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: nechaus@ukr.net, ORCID: [0000-0001-8833-0802](https://orcid.org/0000-0001-8833-0802)

Петрачков Владислав Олегович, бакалавр,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: ostr9ik.2015@ukr.net

Зарядна станція електромобілів, відносно мережі живлення, відіграє роль досить потужного споживача електричної енергії. Крім того, виходячи з функцій, які вона виконує, містить у своєму складі силові напівпровідникові перетворювачі. Таким чином, при своїй роботі, вона має значний вплив на режим роботи мережі живлення. Розрізняють декілька основних впливів з боку зарядної станції на електричну мережу [1,2]:

- втрати потужності, які обумовлені перетіканням великої кількості електричної енергії у силових елементах мережі;
- коливання напруги, які обумовлені підключенням та відключенням споживачів великої потужності;
- несиметрія напруги, яка виникає при використанні потужних однофазних зарядних станцій;
- викривлення форми напруги та струму у мережі, які обумовлені роботою силових напівпровідникових перетворювачів.

Перша, друга і, частково, третя проблеми, повинні вирішуватися енергопостачальними компаніями, які забезпечують обслуговування електричних мереж. Зокрема, вони повинні забезпечити модернізацію мереж та їх основного обладнання, впроваджувати засоби регулювання та відповідні резерви потужності для забезпечення кінцевого споживача електричною енергією заданої якості у відповідній кількості. З боку розробників зарядних

станцій, повинні вирішуватися четверта та, частково, третя проблеми. Третя вирішується шляхом використання трифазних схем перетворювачів з боку мережі живлення, а четверта – являє собою досить великий перелік питань, пов'язаних з розробкою силових перетворювачів та їх супутнього обладнання, які забезпечують узгодження параметрів електричної енергії мережі живлення з вимогами електричної системи електромобілів, забезпечують якісні показники електричної енергії, а також заданий рівень електробезпеки користувачів.

Спрощена схема зарядної станції електромобілів наведена на рисунку 1.

До схеми входять: вхідний ($\Phi 1$) та вихідний ($\Phi 2$) фільтри, перший каскад перетворення змінної напруги (AC/DC), другий каскад регулювання постійної напруги (DC/DC). Побудова та схемні рішення щодо подібного роду пристроїв наведені у [2-3]. Застосування електричних фільтрів $\Phi 1$ та $\Phi 2$ дозволяє забезпечити задані рівні якості електричної енергії як з боку тягової акумуляторної батареї електромобіля для забезпечення її довговічності, так і з боку енергопостачальної компанії з точки зору задоволення інших споживачів.

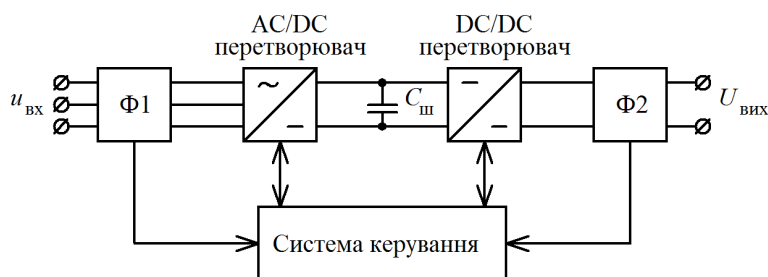


Рисунок 1 – Спрощена схема зарядної станції електромобілів

Перспективними рішеннями щодо побудови каскаду регулювання постійної напруги зарядної станції є її двонаправлене виконання із застосуванням високочастотного трансформатора у трифазному виконанні з підвищеними значеннями індуктивності витоку, яка відіграє роль індуктивної складової системи фільтрації напруги [4]. Збільшення цієї індуктивності досягається збільшенням ізоляційної відстані між первинною та вторинною обмотками трансформатора, що, своєю чергою, зменшує його ефективність. В такому разі задача проектування набуває ознак багатокритеріальної оптимізаційної задачі, яка вимагає додаткових досліджень.

Висновки

Застосування спеціальних схем напівпровідникових перетворювачів, а також спеціальних конструкцій трансформаторів у їх складі, дозволяє знизити вимоги до вхідного та вихідного фільтрів зарядних станцій електромобілів, водночас підвищуючи їх ефективність та масо-габаритні показники. Оцінка прийнятих технічних рішень повинна ґрунтуватися на результатах аналізу технологічної та економічної доцільності їх впровадження.

Література

1. Srivastava, Abhinav & Manas, Munish & Dubey, Rajesh. (2023). Electric

vehicle integration's impacts on power quality in distribution network and associated mitigation measures: a review. Journal of Engineering and Applied Science. 70(1), doi: 10.1186/s44147-023-00193-w.

2. M. R. Khalid, I. A. Khan, S. Hameed, M. S. J. Asghar and J. Ro, "A Comprehensive Review on Structural Topologies, Power Levels, Energy Storage Systems, and Standards for Electric Vehicle Charging Stations and Their Impacts on Grid," in IEEE Access, vol. 9, pp. 128069-128094, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3112189.

3. Musavi, Fariborz. (2014). Fundamentals of Chargers. In book: Advanced Electric Drive Vehicles (pp.439-464). doi: 10.1201/b17506-14.

4. Nguyen D-D, Bui N-T, Yukita K. Design and Optimization of Three-Phase Dual-Active-Bridge Converters for Electric Vehicle Charging Stations. Energies. 2020; 13(1):150. <https://doi.org/10.3390/en13010150>.

УДК 629.3

ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРИСКОРЕННЯМ ТА ГАЛЬМУВАННЯМ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Нечаус Андрій Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедра АЕ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: nechaus@ukr.net, ORCID: [0000-0001-8833-0802](https://orcid.org/0000-0001-8833-0802)

Хілевський Владислав Сергійович, бакалавр,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: thevladx69@icloud.com

Режими розгону та гальмування електромобілів є невід'ємною складовою у транспортному циклі. При цьому, особливо якщо мова йде про розгін, від двигуна вимагається розвинення закладених потужнісних характеристик, які забезпечують зрушення електромобіля з місця та досягнення бажаної швидкості руху [1-3]. Для подолання інерції, двигун розвиває певний механічний момент, що супроводжується значним збільшенням струмів, яке відповідає режимам роботи двигуна близьким до екстремальних. При реалізації режиму рекуперативного гальмування, електричний двигун електромобіля працює в режимі генератора, забезпечуючи заряд тягової акумуляторної батареї, що також супроводжується значним збільшенням струму. В такому разі, система керування двигуном повинна забезпечити відповідне регулювання керуючих впливів, які, з одного боку, забезпечують потреби водія щодо бажаної динаміки, а з іншого боку, не допустити аварійного струмового та температурного перевантаження двигуна, акумуляторної батареї та усієї електричної системи електромобіля.

Рух електромобіля можна описати рівнянням руху

$$Jm \frac{dv}{dt} = \varepsilon(F_T + F_r \pm W), \quad (1)$$

де J – момент інерції електромобіля; m – маса електромобіля; dv/dt – зміна швидкості (прискорення або уповільнення); ϵ – коефіцієнт приведення розмірності величин до єдиної системи одиниць; F_T – сила тяги; F_r – сила гальмування; W – сила опору руху.

Сили F_T , F_r створює електричний двигун електромобіля, сила опору руху W залежить від швидкості електромобіля та наявності схилів, поворотів, тощо.

На теперішній час, більш ефективним та перспективним типом двигуна електромобіля вважається синхронна машина зі збудженням від постійних магнітів. Структурна схема системи керування такої машини, побудована за принципом поле-орієнтованого керування наведена на рисунку 1. Основою системи керування є просторово-векторна широтно-імпульсна модуляція (SVPWM) регулятора напруги – інвертора. При цьому, режим роботи двигуна визначається керуючими впливами по моменту та по потоку з врахуванням положення ротора. Одним з найпоширеніших методів керування є застосування пропорційно-інтегрального керування, коли реакція машини одночасно визначається заданим струмом та поточним рушійним моментом. Навіть із простим пропорційно-інтегральним регулятором передатна функція системи керування двигуном стає досить складною, а вибір підсилення нетривіальним, що вимагає додаткових досліджень та вдосконалення системи з метою набуття нею здатності автоматичної адаптації до зміни динаміки руху електромобіля.

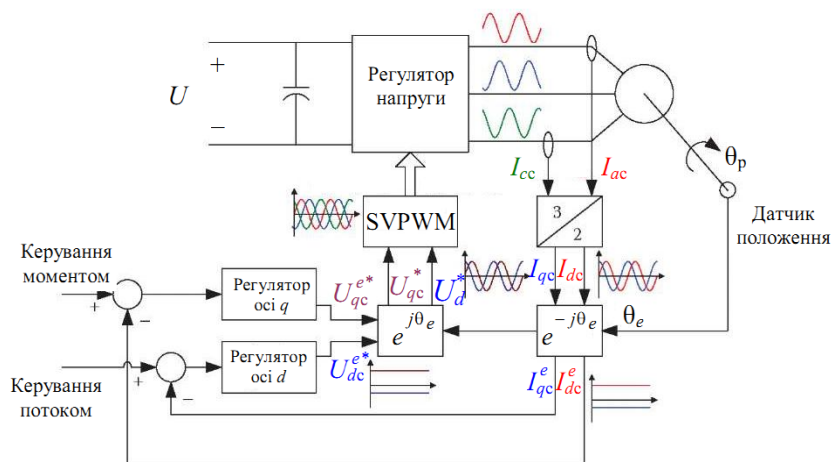


Рисунок 1 – Структурна схема поле-орієнтованого керування синхронною електричною машиною зі збудженням від постійних магнітів

Вважаючи, що електромобіль, як транспортний засіб, може мати різні масові характеристики, які обумовлені ступенем його завантаження, а також керується людиною, яка має індивідуальні навички щодо принципів та характеру водіння, система керування електричним двигуном повинна мати певну гнучкість, тобто здатність підлаштовуватися до потреб водія, умов руху та поточних характеристик електромобіля.

Висновки

Запропоновано математичну модель електромобіля з синхронною

машиною зі збудженням від постійних магнітів в якості приводного двигуна, яка дозволяє дослідити енергетичні процеси у динамічних режимах руху.

Література

1. U., Neethu; Karthick, N.; S. R., Deepu. Efficient Current Control Tracking in BLDC Motors for Electric Vehicles: A Comparative Analysis. Grenze International Journal of Engineering & Technology (GIJET), 2022, Vol 8, Issue 2, p. 289.
2. Gökçe, Can & Ustun, Ozgur & Yeksan, Ahmet. (2013). Dynamics and limits of electrical braking. ELECO 2013 - 8th International Conference on Electrical and Electronics Engineering. 268-272. 10.1109/ELECO.2013.6713845.
3. Salodkar, Minal & Rewadkar, Mr & Pawar, Mr & Thorpe, Mr & Patel, Mr & Karrahe, Om & Bind, Mr. (2022). Control of BLDC motor and Regenerative Braking in Electric Vehicle. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology. 10. 231-234. 10.22214/ijraset.2022.41172.

УДК 629.331

СИСТЕМИ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛА ВІД СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ У ЕЛЕКТРОМОБІЛЯХ

Фурсов Олександр Сергійович, студент-магістр,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Аргун Щасяна Валіковна, докт. техн. наук, професор кафедра автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

e-mail: shasyana@gmail.com, ORCID: [0000-0001-6098-8661](https://orcid.org/0000-0001-6098-8661)

Електромобілі є важливою складовою сталого транспорту, і їх розробники завжди шукають нові можливості для підвищення енергоефективності. Однією з таких можливостей є системи повторного використання тепла від систем кондиціонування та охолодження. Використання цього тепла дозволяє не лише підвищити ефективність електромобіля, а й зменшити витрати енергії, що в свою чергу сприяє збільшенню запасу ходу транспортного засобу.

Системи кондиціонування та охолодження в електромобілях виконують важливі функції, такі як забезпечення комфортної температури в салоні та охолодження батареї [1, 2]. Ці системи генерують значну кількість тепла, яке часто виводиться назовні як відпрацьоване. Повторне використання цього тепла може значно підвищити загальну енергоефективність транспортного засобу. Наприклад, теплову енергію від систем охолодження батареї можна використовувати для обігріву салону в холодну пору року, що зменшує потребу у додаткових джерелах енергії.

Наприклад, у електромобілів Tesla, система теплового насоса Model Y дозволяє використовувати тепло від батареї та інших компонентів для обігріву салону, що значно підвищує енергоефективність в холодну пору року. Це зменшує споживання енергії на опалення, дозволяючи збільшити запас ходу на одній зарядці.

Для реалізації повторного використання тепла в електромобілях розробляються спеціальні теплообмінні системи [3]. Вони включають в себе ряд компонентів, таких як теплообмінники, насоси та трубопроводи, які дозволяють ефективно передавати тепло між системами. Одним з найпоширеніших рішень є інтеграція теплового насоса, який може працювати як на охолодження, так і на обігрів, що забезпечує ефективне використання енергії в різних умовах.

Теплові насоси мають здатність використовувати відпрацьоване тепло від батареї та інших компонентів електромобіля для обігріву салону або попереднього підігріву акумуляторів перед поїздкою в холодну погоду. Це дозволяє уникнути використання значних обсягів енергії для традиційних систем обігріву, які можуть скоротити запас ходу електромобіля.

Розробники таких компаній, як Nissan, BMW та Volkswagen, також активно працюють над інтеграцією систем повторного використання тепла в електромобілі, таблиця 1.

Наприклад, Nissan Leaf використовує тепловий насос для підігріву салону, що дозволяє ефективніше використовувати енергію акумулятора в холодний період.

Таблиця 1 – Порівняння технологій повторного використання тепла в електромобілях

Технологія	Приклад використання	Переваги	Проблеми
Тепловий насос	Tesla Model Y, Nissan Leaf	Ефективне використання тепла для обігріву, зменшення витрат енергії	Додаткові витрати на розробку та інтеграцію, складність обслуговування
Теплообмінник	BMW i3	Використання тепла від батареї для підігріву салону, збільшення запасу ходу	Необхідність забезпечення надійної роботи при низьких температурах
Інтелектуальна система управління теплом	Volkswagen ID.4	Оптимізація розподілу теплової енергії залежно від потреб користувача	Складність алгоритмів управління, додаткові витрати на електроніку

Переваги систем повторного використання тепла

До переваг даних систем відноситься:

– **підвищення енергоефективності.** Використання відпрацьованого тепла для обігріву салону або інших компонентів електромобіля дозволяє зменшити навантаження на батарею та підвищити загальну ефективність використання енергії. Наприклад, тепловий насос, встановлений в Tesla Model Y, значно підвищує енергоефективність за рахунок повторного використання тепла від батареї та двигуна. Nissan Leaf також використовує систему теплового насоса

для зменшення витрат енергії на обігрів, що підвищує загальну ефективність роботи акумулятора;

- **збільшення запасу ходу.** Завдяки зменшенню витрат енергії на опалення, електромобіль може забезпечувати більший запас ходу, особливо в холодну пору року, коли традиційні системи обігріву споживають значну частину енергії. Наприклад, Tesla Model Y демонструє зменшення витрат на опалення завдяки використанню теплового насоса, що дозволяє збільшити запас ходу в холодну погоду;

- **комфорт для користувача.** Системи повторного використання тепла забезпечують швидке та ефективне обігрівання салону, що підвищує комфорт для пасажирів, особливо в умовах низьких температур. Наприклад, користувачі Tesla Model Y відзначають, що система теплового насоса дозволяє швидко прогріти салон навіть при значних морозах, що робить поїздки комфортнішими. Відгуки користувачів Nissan Leaf також свідчать про значне підвищення комфорту завдяки швидкому та енергоефективному обігріву салону, що є особливо важливим у зимовий період;

- **екологічна користь.** Зменшення енергоспоживання на обігрів сприяє зниженню загального навантаження на електромережу, що є важливим фактором у контексті масового впровадження електромобілів. Дослідження показують, що використання теплових насосів може знизити споживання енергії на обігрів до 30%, що дозволяє суттєво зменшити пікові навантаження на електромережу в зимовий період. Наприклад, аналіз, проведений у Німеччині, вказує на можливість скорочення загального споживання енергії електромобілями на 10-15% завдяки використанню відпрацьованого тепла.

Незважаючи на очевидні переваги, системи повторного використання тепла мають і певні виклики. Одним з них є складність інтеграції теплових насосів та теплообмінників у обмежений простір електромобіля, що потребує детального проектування та оптимізації кожного компонента. Крім того, необхідно забезпечити надійність роботи цих систем у широкому діапазоні температур, адже електромобілі експлуатуються в різних кліматичних умовах.

Іншим викликом є додаткові витрати на розробку та виробництво складних систем управління теплом. Це може підвищити вартість електромобіля, що може стримувати його популярність серед споживачів. Проте, з розвитком технологій та збільшенням попиту на електромобілі, вартість таких систем поступово зменшується.

Перспективи розвитку таких систем пов'язані з удосконаленням технологій теплових насосів та створенням більш компактних і ефективних теплообмінників. Також важливим напрямком є розробка інтелектуальних систем управління теплом, які дозволяють автоматично регулювати розподіл теплової енергії залежно від поточних умов експлуатації та потреб користувача.

Висновки

Системи повторного використання тепла від систем кондиціонування та охолодження в електромобілях мають значний потенціал для підвищення енергоефективності та комфорту користувачів. Вони дозволяють зменшити

витрати енергії на опалення салону та збільшити запас ходу, що є особливо важливим для забезпечення конкурентоспроможності електромобілів у порівнянні з традиційними транспортними засобами. Подальший розвиток цих технологій сприятиме створенню більш ефективних та зручних електромобілів, які відповідатимуть вимогам сучасного ринку та екологічним стандартам.

Література

1. Peng, D., Xiaoyonga, G.U., Ying, W., Jiacheng, X., Mengqiang, S., Kaiyun, L.I.: Distributed multi-heat-source hybrid heating system based on waste heat recovery for electric vehicles. *Applied Thermal Engineering*. 235, 121352 (2023)
2. Leoncini, G., Mothier, R., Michel, B., Clausse, M.: A review on challenges concerning thermal management system design for medium duty electric vehicles. *Applied Thermal Engineering*. 236, 121464 (2024)
3. Qi, Z.: Advances on air conditioning and heat pump system in electric vehicles – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 38, 754–764 (2014).
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.038>

УДК 629.016

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ АВТОТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ В УКРАЇНІ

Андрій Сохін, здобувач третього рівня навчання (PHd), Харківський національний автомобільно-дорожній університет, ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-2120-4120>

Ігор Коротєєв, здобувач третього рівня навчання (PHd), Харківський національний автомобільно-дорожній університет, ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-2120-4120>

Автотехнічну експертизу в Україні виконують в основному державні установи – це науково-дослідні інститути Міністерства Юстиції України та науково-дослідні центри МВС України [1, 2]. Є також небагато приватних установ та експертів [3, 4].

Автотехнічна експертиза – це експертне дослідження з метою встановлення механізму й обставин дорожньо-транспортної пригоди, технічного стану транспортних засобів, причин виходу з ладу їх деталей, а також обставин, що сприяли чи могли сприяти виникненню дорожньо-транспортної пригоди (ДТП).

Предмет автотехнічної експертизи – це фактичні дані про дорожню обстановку на місці пригоди, дії учасників пригоди і їх можливості, механізм ДТП, технічний стан транспортного засобу (ТЗ) та його деталей, а також про

обставини, що сприяли виникненню ДТП, що встановлює експерт-автотехнік на підставі своїх спеціальних знань і матеріалів справи (провадження).

Об'єктами автотехнічної експертизи є: слідова та речова обстановка на місці ДТП, транспортні засоби та їх деталі, вузли, агрегати, а також матеріали справи (провадження).

З огляду на предмет автотехнічної експертизи та зміст окремих спеціальних знань, склалися наступні її види:

- автотехнічна експертиза обставин і механізму ДТП;
- автотехнічна експертиза технічного стану ТЗ;
- автотехнічна експертиза деталей ТЗ;
- транспортно-трасологічна експертиза (експертиза слідів на ТЗ та місці ДТП);
- дорожньо-технічна експертиза (експертиза стану доріг та дорожніх умов на місці ДТП).

Окрім того, для встановлення механізму ДТП та обставин, які сприяли її виникненню призначаються комплексні експертизи, зокрема комплексна медико-автотехнічна (транспортно-трасологічна), комплексна дорожньо-технічна та автотехнічна та, у зв'язку з широким поширенням відеофіксації ДТП останнім часом, – комплексна автотехнічна [фототехнічна](#) та відеотехнічна експертизи.

Основними завданнями автотехнічної експертизи обставин і механізму ДТП є:

- Визначення швидкості руху ТЗ, зокрема, з урахуванням слідів гальмування (юзу), відкидання ТЗ після зіткнення та пошкоджень, що ТЗ отримав при зіткненні). Швидкість руху транспортних засобів, з урахуванням пошкоджень може визначатися з застосуванням програмних комплексів з дослідження механізму ДТП, що рекомендовані для використання в експертній практиці;
- визначення допустимої швидкості руху ТЗ за певних умов (на заокругленні дороги, за умов видимості дороги);
- визначення віддалення ТЗ, пішоходів та інших об'єктів від місця ДТП у певні проміжки часу;
- визначення часу подолання ТЗ певних ділянок шляху;
- встановлення безпечних дистанції чи інтервалу в певних дорожніх умовах;

- встановлення технічної можливості запобігання ДТП гальмуванням чи маневруванням, виходячи з наданих вихідних даних;
- встановлення гальмового та зупинного шляхів, та інших просторово динамічних характеристик пригоди;
- встановлення належних дій учасників дорожнього руху в дорожній обстановці, що склалась перед ДТП, з метою забезпечення безпеки руху;
- встановлення технічної можливості запобігання ДТП гальмуванням чи маневруванням, виходячи з наданих вихідних даних;
- встановлення відповідності дій водія ТЗ технічним вимогам Правил дорожнього руху
- встановлення причинного зв'язку між діями водія та виникненням ДТП.

Основними завданнями судової автотехнічної експертизи технічного стану ТЗ є:

- встановлення несправностей ТЗ, причин їх утворення та часу виникнення (наприклад до ДТП, чи внаслідок неї або після неї), можливості виявлення несправності звичайно застосованими методами контролю за технічним станом ТЗ;
- визначення механізму впливу несправності на виникнення та розвиток пригоди.

Останнім часом досить інтенсивно розвивається напрямок із встановлення причин утворення та часу виникнення несправностей ТЗ, не пов'язаних з ДТП – встановлення причин виходу з ладу двигуна ТЗ, трансмісії тощо. Зазначені вище завдання автотехнічної експертизи технічного стану ТЗ вирішуються в ході дослідження наступних питань:

1. Які несправності, виходячи з вимог Правил дорожнього руху до технічного стану ТЗ, мала (мав) система (механізм, вузол, агрегат) даного ТЗ?
2. Чи є в досліджуваному ТЗ несправності, що могли бути технічною причиною виникнення ДТП?
3. Коли, відносно моменту ДТП, її настання чи в процесі її розвитку, виникли дані несправності?
4. Яка причина відмови даного механізму, системи (рульового управління, гальмової системи тощо) ТЗ?

5. Чи мав водій можливість виявити несправність до моменту ДТП?

6. Чи мав водій технічну можливість запобігти пригоді за наявності даної несправності?

7. Які причини виходу з ладу системи (механізму, вузла, агрегату) ТЗ – неналежна експлуатація, виробничі недоліки, неналежний ремонт, тощо?

Основними завданнями судової автотехнічної експертизи деталей ТЗ, є:

- встановлення причин руйнування деталей ТЗ (внаслідок недоліків виготовлення, експлуатаційного зносу, в процесі ДТП, тощо);
- встановлення часу руйнування певної деталі ТЗ по відношенню до моменту ДТП.

Питання, що вирішуються при проведенні автотехнічної експертизи деталей ТЗ

1. Яка причина руйнування наданої на дослідження деталі ТЗ (внаслідок недоліків виготовлення, експлуатаційного зносу, перевищення допустимих навантажень, тощо)?

2. Чи відбулося руйнування певної деталі ТЗ до пригоди або стало її наслідком?

Предметом комплексної автотехнічної, фототехнічної та відеотехнічної експертизи є фактичні дані про механізм розвитку ДТП та обставини справи, встановлювані за результатами дослідження, як за матеріалами справи – схемами до протоколів огляду місця пригоди, слідчих експериментів, викопіюваннями з плану міста, діаграмами роботи світлофорних об'єктів; так і за відеозаписами пригоди з камер відеоспостереження, відеореєстраторів та інших засобів відеофіксації.

Об'єктами дослідження даної комплексної експертизи є первинні матеріали огляду місця пригоди, фотознімки у аналоговому і цифровому вигляді, відеозаписи з камер спостереження, відеореєстраторів, носії відео інформації в цифровій формі: на вбудованих та знімних носіях (флеш-картки, диски, вбудована пам'ять цифрової техніки), тощо.

До ситуаційних завдань комплексної автотехнічної, фототехнічної і відео технічної експертизи відноситься визначення:

- значень швидкості руху транспортного засобу або пішохода перед зіткненням (наїздом);
- значень сповільнення або прискорення транспортного засобу на певних ділянках;
- часу руху (існування) перешкоди (пішохода);

- відстаней, які подолали транспортні засоби та/або пішохід, з охарактеризованого особою, яка призначила експертизу моменту виникнення небезпеки для руху до моменту зіткнення (наїзду);

- режиму роботи світлофорного об'єкту на місці пригоди, встановлення фактичних сигналів світлофора на час виникнення ДТП.

Ідентифікаційними завданнями даної комплексної експертизи є:

- визначення марки і моделі транспортного засобу за відеозаписами та фотозображенням;

- визначення приналежності слідів, залишених на проїзній частині, транспортному засобу, тощо;

- визначення розміру (довжини) слідів і їх прив'язки до стаціонарних об'єктів і транспортних засобів;

- визначення розташування і траєкторії транспортного засобу на проїзній частині під час його руху;

- визначення взаємного розташування транспортних засобів на певних відрізках часу, визначення місця зіткнення (наїзду).

Основними завданнями даної комплексної експертизи є:

- встановлення механізму контактування тіла людини (наприклад пішохода) та ТЗ, зокрема встановлення положення пішохода по відношенню до ТЗ в момент контактування;

- встановлення механізму випадіння тіла людини з ТЗ;

- встановлення місця знаходження осіб у (на) ТЗ в момент пригоди, в тому числі встановлення хто з осіб, які перебували в на ТЗ під час події, перебував за кермом ТЗ?

Предметом комплексної дорожньо-технічної і автотехнічної експертизи з визначення впливу дорожнього фактору на оцінку дій водіїв у разі вчинення ДТП є фактичні дані про технічний рівень та експлуатаційний стан складових автомобільної дороги та дії водіїв за певних дорожніх умов.

Завданнями комплексної дорожньо-технічної і автотехнічної експертизи з визначення впливу дорожнього фактору на оцінювання дій водіїв у разі вчинення ДТП є встановлення:

- відповідності експлуатаційного стану складових автомобільних доріг (дорожнього покриття, рівності, коефіцієнта зчеплення, технічних засобів та інженерного облаштування) вимогам нормативів (ДБН, ДСТУ, СОУ, ГБН тощо) і безпеці дорожнього руху;

- відповідності дій водія транспортного засобу при фактичному експлуатаційному стані складових автомобільних доріг у разі вчинення ДТП;
- впливу (технічного причинно-наслідкового зв'язку) між невідповідністю експлуатаційного стану складової (складових) автомобільних доріг вимогам нормативів і безпеці дорожнього руху на вчинення ДТП.

Література

1. [ННЦІСЕ | Національний науковий центр «Інститут судових експертиз ім. Засл. проф. М.С. Бокаріуса»](#)
2. <https://kndise.gov.ua/inzhenerno-transportna/>
3. <https://zuekc.com.ua/sudovi-ekspertyzy-ta-doslidzhennia/avtotovarovnavcha-ekspertyza/doslidzhennia-tekhnichnoho-stanu-tz>
4. <https://nise.com.ua/eksertiza-transportnogo-sredstva>

УДК 656.13

ДОСЛІДЖЕННЯ МАНЕВРУ ТРОЛЕЙБУСА НА ПОВОРОТІ

Кульбашна Надія Іванівна, канд. техн. наук, доцент кафедри електричного транспорту, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,

e-mail: kulbakanadia810@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1551-1500>

Гелдишев Андрій Миколайович, магістрант, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

e-mail: andrii.heldyshev@kname.edu.ua

Швидке зростання кількості транспортних засобів призводить до збільшення інтенсивності руху в містах, що загострює транспортні проблеми, особливо на перехрестях. Тут збільшуються аварійність і затримки транспорту, виникають довгі затори, які викликають витрату енергоресурсів, а також підвищене зношування вузлів і агрегатів транспортних засобів.

Одним з найбільш важливих аспектів, пов'язаних із рухом транспортних потоків на перехрестях, є вивчення питань взаємодії між транспортними засобами, а особливо із виконанням маневрів, які б забезпечували безпечний

інтервал між транспортними засобами головної дороги у разі повороту і в'їзду до загального транспортного потоку. Ці питання досліджуються багатьма авторами, запропоновано низку методів оцінювання безпечного руху. Так у роботах [1, 2] встановлені часові та просторові розриви між транспортними засобами на хрестоподібних нерегульованих перехрестях, які уможливають безпечний в'їзд із прилеглих вулиць. У роботі [3] розроблені моделі злиття транспортних потоків, у яких оцінюються швидкості, безпечні зазори та час очікування і обсяг руху на головній дорозі. У роботі [4] пропонується спосіб дослідження транспортного потоку, який базується на моделі оцінки розривів між автомобілями.

У деяких роботах запропоновані емпіричні залежності, що пов'язують затримки перед перехрестями з інтенсивністю руху і показниками аварійності. Так у роботі [5] використаний методом адитивного конфліктного потоку, в якому ключовим параметром є час затримки для транспортного засобу в зоні конфлікту на перехресті, та розроблені математичні залежності часу перебування перед перехрестями із величиною конфліктного потоку.

Розроблялися також спроби отримати математичний опис процесу виїзду до магістралі, але вони мають певні недоробки внаслідок складного характеру взаємодій між автомобілями. Низкою авторів розроблені моделі виїзду на магістраль. Проте відсутність точних критеріїв вибору безпечної відстані між автомобілями і аналізу прийняття рішення водіями щодо виїзду на магістраль потребують подальшого вивчення.

Рішення щодо виконання маневру приймають водії транспортних засобів другорядного напрямку. У роботі [6] метод оцінювання небезпеки базується на оцінюванні поведінки водія під час виконання маневру за імітаційною моделлю із обліком індивідуального поведінки водіїв транспортних засобів на нерегульованих перехрестях. У роботі [7] побудована модель, у якій аналізується вплив дорожньо-транспортної пригоди на транспортний потік та встановлюється значення швидкості автомобіля, що заїжджає на дорогу, коли потік руху досягає повного насичення.

Процес роз'їзду транспортних засобів на нерівнозначних нерегульованих перехрестях на одному рівні відбувається у наступній послідовності [8, 9]: водії транспортних засобів головного напрямку здійснюють роз'їзд без затримок із незначним зниженням швидкості руху; водії транспортних засобів другорядного напрямку, під'їжджаючи до перехрестя, знижують швидкість руху практично до нуля, очікуючи безпечного інтервалу у транспортному потоці головного напрямку, після появи якого здійснюють проїзд перехрестя.

Очевидно, що під час оцінювання наявного вільного інтервалу між транспортними засобами головної дороги інтервал повинен бути або прийнятий, або відкинутий водієм. Суб'єктивна оцінка інтервалу може виявитися хибною, що буде означати наявність несприйнятливого (загрозливого для безпеки руху) інтервалу. Тому для оцінювання умов безпечного в'їзду необхідно враховувати усі сприйнятливі з погляду водія безпечні інтервали, враховуючи і загрозливі. Мінімальний інтервал між

транспортними засобами для безпечного входження до основного потоку містить такі складові як інтервал безпеки між автомобілями, час розгону під час виїзду та інтервал безпеки. Отже, для безпечного входження транспортних засобів другорядного напрямку необхідно виникнення умови безпечного в'їзду – наявності розриву у транспортному потоці головного напрямку.

Виходячи з вищенаведеного поставлена мета роботи: застосувати метод для оцінювання безпеки повороту тролейбуса, як габаритного транспортного засобу, на підставі натурних вимірювань часових проміжків.

Одним із способів отримання інформації про стан транспортних потоків є натурні дослідження. Вони були застосовані у роботі у вигляді методу стаціонарних постів. У представленій роботі визначався безпечний в'їзд тролейбуса у транспортний потік під час виконання правого повороту. Дослідження можуть проводитися як на нерегульованому перехресті так і регульованому у разі поєднання протягом однієї фази світлофорного циклу прямого і правоповоротного потоку або у разі тимчасового несправного стану світлофора. До характеристик, які потребували дослідження, належали безпечна відстань між транспортними засобами, що рухаються головною дорогою, та час маневрування тролейбуса під час в'їзду у потік.

Коли водій тролейбуса починає поворот, він спочатку очікує можливість виконати безпечний маневр, оцінюючі появу достатнього для безконфліктного злиття інтервалу між транспортними засобами. Така можливість оцінюється часом, який необхідний для в'їзду у потік $t_{\text{прол.}}$. Отже, водій тролейбуса перед початком руху вирішує можливість вчасно зробити безпечний маневр за період, коли проїжджа частина вільна. Тобто існує тимчасовий розрив між транспортними засобами, який оцінюється часом $\Delta t_{\text{в}}$. Безпечний в'їзд гарантується виконанням умови $t_{\text{прол.}} < \Delta t_{\text{в}}$.

Таким чином оцінка забезпечення безпеки під час в'їзду тролейбуса у потік під час проведення натурних обстежень складалася у вимірюванні величин $t_{\text{прол.}}$, $\Delta t_{\text{в}}$. Для проведення натурального обстеження дві групи спостерігачів розташовувалися таким чином. Перша група перебувала на головній дорозі до перехрестя на відстані гальмівного шляху до траєкторії руху тролейбуса і фіксувала проходження через умовну лінію часові інтервали між транспортними засобами, які на думку спостерігачів є потенційними інтервалами для створення безпечного повороту тролейбуса. Тобто завданням цих спостерігачів було вимірювання вільного проміжку між транспортними засобами, що рухалися головною дорогою.

Друга група фіксувала час, необхідний для повороту тролейбуса. Для цього на схемі обстеження умовними лініями позначалися місце початку руху тролейбуса для повороту та лінію завершення його в'їзду до потоку.

Проведення натурних спостережень проводилося на одному з перехресть м. Харкова. Це перехрестя є регульованим, але на потік транспортних засобів, що рухається головною дорогою та правоповоротний потік, з якого рухається тролейбус, виконують рух під час однієї фази світлофорного об'єкту.

Протягом обстеження фіксувалися тривалість повороту тролейбусу та проміжки часу між транспортними засобами головної дороги (так званий

розрив у транспортному потоці), протягом яких малася можливість тролейбуса в'їхати без перешкод у транспортний потік.

Рішення щодо безпечного в'їзду тролейбуса до потоку під час повороту, встановлювався на підставі обробки статистичних даних і побудовання сполученого графіку гістограм розподілу випадкових величин $t_{\text{трол.}}$ і $\Delta t_{\text{в}}$ (рис. 1).

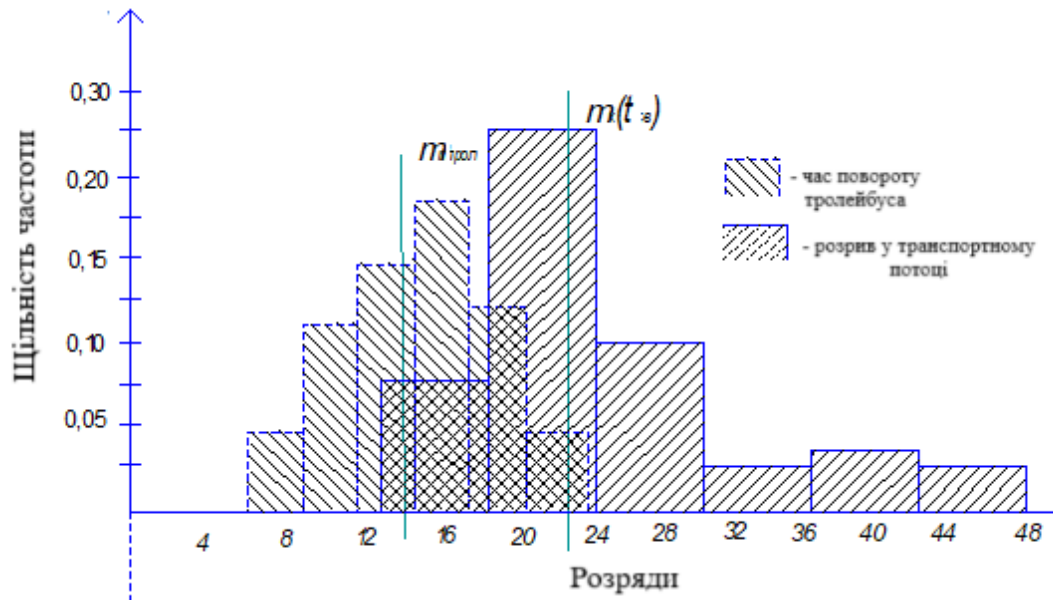


Рисунок 1 – Сполучена гістограма полігонів розподілу $t_{\text{трол.}}$ і $\Delta t_{\text{в}}$

З графіку (рис. 1) видно, що гістограма розподілу часу в'їзду в потік тролейбуса знаходиться лівіше гістограми часу розриву (вільного проміжку) між транспортними засобами головної дороги. За розрахованими значеннями математичних очікувань величин $t_{\text{трол.}}$ і $\Delta t_{\text{в}}$ встановлено, що значення часу в'їзду до потоку тролейбуса менші ніж вільний проміжок між транспортними засобами. Це задовольняє умові $t_{\text{трол.}} < \Delta t_{\text{в}}$, що свідчить про безпечний правий поворот тролейбуса на перехресті.

Література

1. Sangole J., Patil G. R., Patare P. Modeling gap acceptance behavior of two-wheelers at uncontrolled intersections using neuro-fuzzy. *Proc Soc Behav Sci*, 2010. P. 927–941.
2. Pawar D.S., Patil G.R. Temporal and spatial gap acceptance at uncontrolled intersections in India. *Transp Res Rec*, 2014. P. 129–136.
3. Kanagaraj V., Srinivasan K.K., Sivanandan R. Study of unique merging behavior under mixed traffic conditions. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, 2015. P. 98–112.
4. Ruskin H. J., Wang R. Modeling Traffic Flow at an Urban Unsignalized Intersection. *Computational Science – ICCS*, 2002. P. 381-390.

5. Chepuru Anuroop. Analysis of occupation time of vehicles at urban unsignalized intersections in non-lane-based mixed traffic conditions. *Journal of Modern Transportation*, 2016. 24, P. 304-313.
6. Мустафаев Г. К., Гецович Е. М. Експериментальне дослідження поведінки водія на нерегульованих перехрестях у пересічених потоках. *Автомобільний транспорт*, 2018. (42). С. 98.
7. Jie Lv , Yanyan Huang. Analysis of traffic flow under the influence of urban road traffic accident. *International Smart Cities Conference (ISC2)*. IEEE Wuxi, China. 2017.
8. Sadat Hoseini S. M., Fathi M., Vaziri M. Controlling Longitudinal Safe Distance Between Vehicles. *Promet – Traffic&Transportation*, Vol. 21, 2009, No. 5. P. 303–310.
9. Лапутин Р. О. Методика управління транспортними потоками на нерівнозначних перехрестях на одному рівні. *Вісті Автомобільно-дорожнього інституту*, 2008. № 2(7). С.19-25.

УДК 629.016

ЕКСПЕРТНІ ПИТАННЯ ПРОБЛЕМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОКАРІВ

Олександр Козлов, здобувач третього рівня навчання (PHd), Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: alexandreilcars@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3607-9410>

Роман Чемеріс, здобувач третього рівня навчання (PHd), Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1405-3847>

Денис Леонтєв, здобувач третього рівня навчання (PHd), Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4994-6415>

Асоціація технічної інспекції Technischer Überwachungsverein (TÜV) це незалежна організація, яка відповідає за проведення перевірок і випробувань транспортних засобів, щоб переконатися, що вони відповідають відповідним нормам і стандартам вивчила проблеми в електромобілях з пробігом [1].

Організації TÜV тестують електромобілі на основі директиви НУ і правил випробувань для конкретних типів. Основна увага приділяється стану високовольтної батареї, електричних кабелів і штекерних з'єднань. Серед іншого перевіряються кріплення, ізоляція та охолодження накопичувачів енергії.

Для звіту TÜV за 2023 рік було оцінено близько 9,6 млн даних перевірок легкових автомобілів, проведених у період з липня 2021 р. по червень 2022 р. У рейтингу легкових автомобілів віком від 2 до 3 років значаться 130 моделей. Серед них 5,3% електромобілів не проходять основний техогляд зі “значними дефектами” і після ремонту підлягають повторній перевірці. Основні проблеми

– підвіска переднього моста, робота гальм. За даними TÜV дефекти гальм виникають частіше, ніж у середньому, у всіх досліджених електромобілях [2].

Однією з причин цього є рекуперація, яку електромобілі використовують для відновлення енергії гальмування. Це розвантажує гальма, що залежно від стилю водіння може призвести до “залипання” гальмівних колодок (зниження коефіцієнта тертя). Відповідно існують паради експертів, що водій електромобіля повинен регулярно різко гальмувати, щоб відновити роботу гальмівних колодок.

Наприклад, з причин несправності, 8,9 відсотка перевірених автомобілів Tesla Model 3 не проходять перший загальний техогляд. Крім дефектів ближнього світла і протитуманних фар гальмівні диски у Model 3 виходять з ладу частіше, ніж у середньому по всіх оглянутих автомобілях. Те саме стосується і підвіски. Річ у тому, що електромобілі важчі за аналогічні моделі з двигунами внутрішнього згорання через велику акумуляторну батарею і це створює особливе навантаження на підвіску.

Nissan Leaf має 4,3 % браку. Ближнє світло і гальмівні диски є головними проблемами цієї моделі. BMW i3 з рівнем браку 5,9%, як у випадку з Leaf, має дефекти світла фар і гальмівних дисків.

Ще однією проблемою є дедалі більша герметизація днища електромобілів, що перешкоджає візуальному огляду як високовольтних кабелів, що перебувають під напругою, так і гальмівних магістралей. Тут потрібна адаптація до правил типових випробувань, які, наприклад, наказують відповідні оглядові люки в панелях для візуального контролю важливих для безпеки компонентів.

Переваги електрокарів перед автомобілями з двигуном внутрішнього згорання[3]:

- Ефективність: КПД електрокара становить до 90%, в той час як у найбільш ефективних і економічних двигунів внутрішнього згорання не перевищує 30%.
- Екологічність: електромотор не виділяє в атмосфері ніяких шкідливих речовин.
- Висока динаміка: у електромотора стабільно високий крутящий момент, що забезпечує миттєву відповідь при натисканні педалі газу і має дуже швидкий розгін.
- Надійність: будова електромотора є простішою, чим ДВЗ, практично не схильний до поломок і значно рідше вимагає обслуговування.

Недоліки електромобілів – це вища вартість, обмежений запас ходу у порівнянні з традиційними авто. Але в міру вдосконалення батарей електрокарів вони стають більш ефективними, пробіг на одному заряді збільшується, а час зарядки зменшується. Залишається ще один фактор – через особливості конструкції електрокари істотно важче. У середньому електрокари

важать на кілька сотень кілограмів більше, ніж автомобілі з ДВЗ аналогічного класу. Більшості електромобілів, представлених сьогодні на ринку, перевищує 1500 кг. Список автомобілів з акумуляторами вагою менше 1500 кг невеликий: до них відносяться Mini Cooper SE, Fiat 500e, BMW i3 у версіях на 22 та 42 кВт/год, Volkswagen e-up! у версіях на 18 та 36 кВт/год, а також Mitsubishi i-MiEV.

Блок акумуляторів – найважча і найпотужніша частина електрокара. Він містить у собі десятки кілограмів різних металів та інших хімічних елементів плюс конденсатори, мікросхеми, реле, компоненти системи охолодження, кабелі та ізоляційні матеріали. Крім того, батарея поміщена в потужний силовий корпус для захисту від механічних пошкоджень. Все це утворює «баласт» вагою від 200 кг до тонни з лишнім в залежності від розмірів і ємності акумулятора.

Наприклад, вага електричної Kia Soul EV важить близько 1,6 тонни – приблизно на 300 кг більше за таку ж машину з бензиновим двигуном 1,6 л. Близькі за характеристиками седани BMW – бензиновий M550i xDrive та електричний i5 xDrive M60 – мають споряджену масу 1885 та 2305 кг відповідно. Вага повнорозмірного електричного пікапа GMC Hummer EV 2023 випуску складає 4111 кг. Для порівняння, бензиновий GMC Sierra 2023, теж повнорозмірний пікап, важить менше 3 тонн.

Крім батареї, збільшення в масі дають електродвигуни і редуктори. Самі по собі вони легші і компактніші, ніж двигуни внутрішнього згоряння. Але у електрокарів буває не один, а два, три чи навіть чотири двигуни. Чим більша вага електромобіля, тим більше навантаження несуть деталі підвіски, а значить, вони повинні бути масивнішими і важчими. Також чим більше маса електрокара, тим більша кінетична енергія, а значить, потрібні потужніші і більші гальма. Щоб вмістити великі гальмівні диски та масивні багатопоршнєві гальмівні супорти, потрібні колеса більшого діаметру (їхня вага більша). Крім того, електромобілі зазвичай оснащені багатше за своїх бензинових і дизельних побратимів. Вони мають додаткові сервоприводи, електронні компоненти та системи підвищення комфорту.

Батарея електрокара – не тільки найпотужніший компонент електромобіля, але і один з найдорожчих. Такою її створює не тільки безліч електроніки, але і значна кількість рідкісноземельних матеріалів, що використовуються для заповнення осередків. Вартість акумулятора досягає чверті, а то й третини ціни електрокара. Скільки коштує батарея електромобіля залежить від ємності. У середньому акумулятори обходяться виробникам електрокарів у 111–125 доларів за кВтг, хоча найбільші виробники, такі як китайська CATL, обіцяють знизити цю ціну вдвічі. Так чи інакше, чим більша ємність, більша вага акумулятора, то вище буде підсумкова вартість електромобіля. Чим більша вага електромобіля, тим більше енергії потрібно для прискорення та підтримки швидкості і тим менше буде пробіг до підзарядки. За даними досліджень Департаменту енергетики США, кожен зайві 45 кг маси автомобіля збільшують витрату палива на 2%. Більша маса негативно впливає і економічність електрокарів.

Компонування електромобілів відрізняється від авто з ДВЗ. Під капотом електрокара, якщо це не гібридний автомобіль, немає потужного мотора з коробкою передач. Компактні блоки електромоторів із редуктором змонтовані безпосередньо на передній та задній осях. А під дном машини розташована важка батарея (вагою кілька сотень кг). Така конструкція забезпечує електрокарам ідеальне розважування та максимально низький центр тяжіння. Велика вага електромобіля, рівномірно розподілена між передніми та задніми колесами, дозволяє їм міцно триматися дороги, покращує керованість та стійкість. Разом з тим, велика маса машини вимагає і більш потужних підсилювачів рульового керування і гальм. Шини теж мають бути розраховані на велику масу, тому у потужних та дорогих електромобілів великі та широкі колеса [4].

Через велику вагу електромобілів до них виникають питання щодо безпеки дорожнього руху. Згідно з дослідженням Національного бюро економічних досліджень США, «базова ймовірність смертельного результату» при аварії збільшується на 47% з кожною додатковою тисячею кілограмів в автомобілі, а ризик смертельного результату ще вищий, якщо автомобіль, що зіткнувся, – легка вантажівка (позашляховик, пікап або мінівен). Йдеться про те, що при зіткненні легкої та важкої машин ймовірність небезпечних чи смертельних травм вища у пасажирів легкого автомобіля.

Більш важкі електромобілі небезпечніші для пішоходів та велосипедистів через довгу гальмівну колію. Це особливо актуально з огляду на те, що електрокари можуть дуже швидко розганятися (наприклад, семимісний мінівен Zeekr 009 розганяється за 4,5 секунди) і деяких водіїв це провокує на небезпечну їзду залишаючи менше часу на те, щоб зреагувати і загальмувати [5].

Вплив ваги електромобіля на дорожню інфраструктуру. У міру того, як автомобілі (не тільки електро, а й звичайні) додають у вазі, зростає навантаження на дорожню мережу. Електромобілі, вага яких більша за аналогічні авто з ДВЗ, піддають дорожнє полотно інтенсивному зносу. При цьому у багатьох країнах ремонт доріг фінансується з транспортного податку та акцизів на паливо, які не поширюються на електротранспорт. Іншими словами, власники електрокарів користуються дорогами, але практично не платять за їх ремонт та підтримку у робочому стані. І хоча частка електромобілів у трафіку поки не така велика, щоб це представляло серйозну проблему, у перспективі це може змінитися.

У деяких країнах порушується питання про невідповідність застарілій дорожньо-транспортній та паркувальній інфраструктурі новим, великим за вагою транспортним засобам. Увагу до цієї проблеми привернув обвал у 2023 році в Нью-Йорку паркінгу 1925 року споруди, коли другий поверх з припаркованими автомобілями просто впав. Тим часом у Великій Британії Британська паркувальна асоціація вже рекомендувала збільшити міцність несучих конструкцій на багатоповерхових паркінгах на тлі зростання електромобільного парку.

У світі продано 2 млн 141 тисяча електромобілів. Майже кожен четвертий електромобіль зробила Tesla. Станом на 1 березня 2023 року в Україні зареєстровано 49 753 електромобілі. Станом на 1 грудня 2021 року кількість зареєстрованих електромобілів в Україні становила 32 662 одиниці. У цій цифрі - як нові, так і вживані машини, які ввозяться офіційними імпортерами та приватними особами. Також цікавим є розподіл електромобілів по регіонах України. Лідирує Київ, де на 1 грудня 2021 року налічувалося 7176 машин на електротязі. А у всій Київській області їхня кількість досягла 10906 одиниць або 33,3% від загальної чисельності в країні [6].

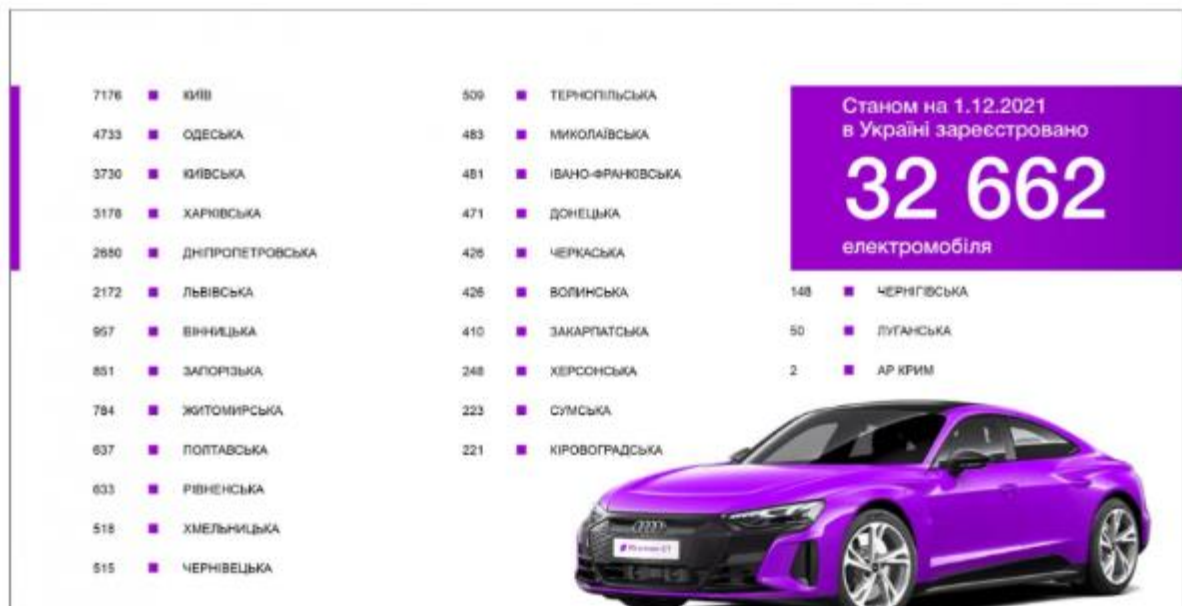


Рисунок 1 - Розподіл електромобілів по регіонах України станом на 1 грудня 2021 року

На другому місці - Одеська область: тут зареєстровано 4733 електромобіля (14,5% від загальної кількості в країні). На третьому - Харківська область з 3178 електромобілями (9,7%).

Закривають Топ-5 Дніпропетровська та Львівська області: 2680 (8,2%) та 2172 (6,6%) електромобіля відповідно.

Література

1. <https://www-tuv.com>.
2. <https://uamotors.com.ua/auto/88797>
3. <https://electro-mobility.com.ua/blog/vaha-elektromobilia-iaka-vona-i-na-shcho-vplyvaie/>
4. <https://rovian.ua/ua/blog/budova-ta-printsip-roboti-elektromobilya/>
5. <https://go-tou.com/en/news/electric-car-design-how-do-electric-cars-work>
6. [Кількість електромобілів в Україні – оприлюднена статистика станом на 1 грудня 2021 року | РБК Україна](#)

СПІВПРАЦЯ CYBID В УКРАЇНІ НА БАЗІ ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНЬОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Renata Bulka, керівник підприємства Cybid, Польща, місто Краків;

Ольга Вовк, провідний фахівець підприємства Cybid, Польща,
місто Краків, e-mail: Olha.Vovk@cybid.com.pl;

Олексій Сараєв, доктор технічних наук, професор кафедри автомобілів,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: sarayev9@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6582-560X>;

Сергій Данець, заступник директора Харківського науково-дослідного
експертно-криміналістичного центру МВС України, доцент кафедри
автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: danez@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4155-1856>;

Едуард Сагайдак, адвокат, здобувач третього рівня навчання (PHd) ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Cybid продовжує співпрацю з Харківським національним автомобільно-дорожнім університетом (ХНАДУ) при підготовці сучасних фахівців з дослідження дорожньо-транспортних пригод (ДТП) в Україні. В першу чергу Cybid покращує рівень навчання завдяки застосуванню у навчальному процесі ХНАДУ програмного забезпечення Cybid V-SIM [1]. Це сучасне програмне забезпечення включено до робочої програми дисципліни «Автотехнічна експертиза» [2]. Студенти двох спеціальностей «Автомобільний транспорт» та «Галузеве машинобудування» отримують практичні навички з моделювання ДТП та набувають фахових компетенцій.

Важливим є те, що програмне забезпечення Cybid V-SIM дозволяє проводити симуляцію найбільш розповсюдженого виду ДТП – це зіткнення транспортних засобів, а також досліджувати найбільш травматичні та летальні види ДТП – наїзди на пішохода, велосипедиста тощо (рис. 1). Зручно використовувати інтерактивну базу Cybid V-SIM для отримання технічних характеристик близько тисячі дорожніх транспортних засобів різних років випуску від історичних до сучасних моделей різних категорій L, M, N, O за міжнародною класифікацією. Ці переваги програмного забезпечення Cybid V-SIM сприяють і задовольняють меті та завданням навчання сучасного університету, а також рівню наукових досліджень які проводяться за допомогою цифрових науково-технічних засобів на кафедрі автомобілів ім. А.Б. Гредескула ХНАДУ і в науково-дослідному експертно-криміналістичному центрі МВС України [3-5].

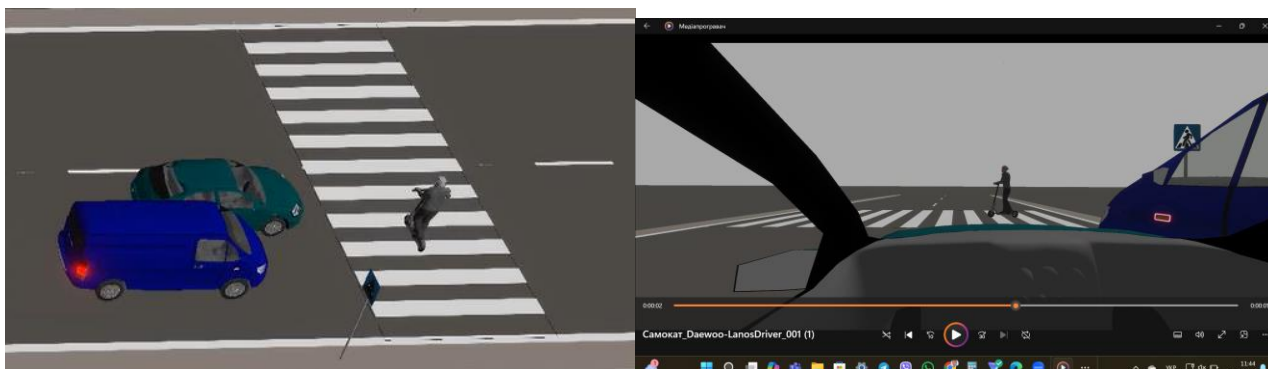


Рисунок 1 – Найбільш інформативна 3d симуляція ДТП (вид з різних позицій) у програмному середовищі Cybid V-SIM 6.0

Програмне забезпечення Cybid V-SIM включено до програми підвищення кваліфікації експертів з дослідження ДТП, яка розроблена у ХНАДУ науково-педагогічними працівниками кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула. Завдяки чому експерти мають можливість ознайомитися з перевагами та функціональними можливостями Програмного забезпечення Cybid V-SIM (рис. 2).

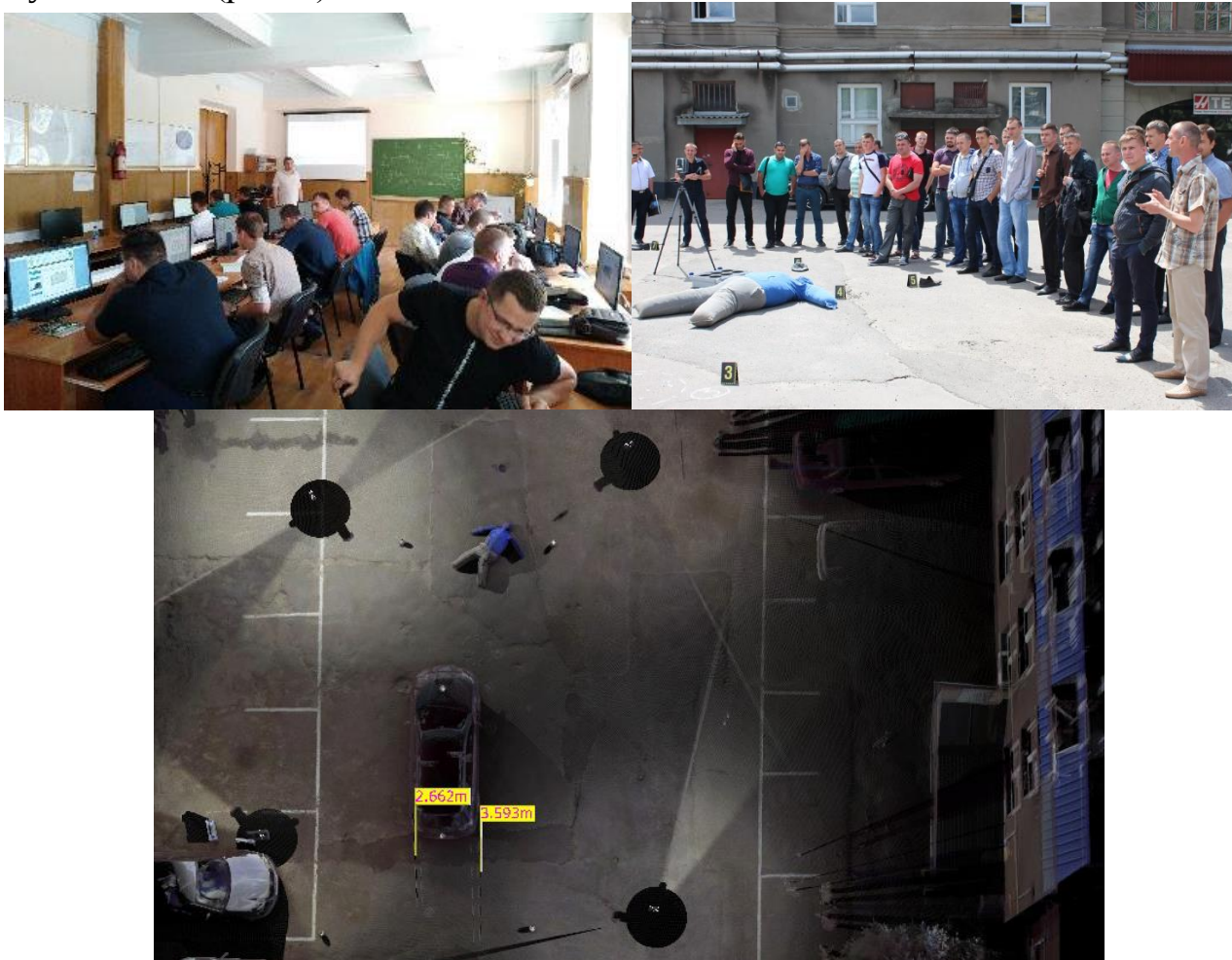


Рисунок 2 - Заняття для експертів і студентів на базі кафедри автомобілів з використанням продукту Cybid

До програми навчання з використанням Cybid V-SIM входить робота з інтерактивною базою даних транспортних засобів, складання схеми та розрахунків ДТП, відтворення дорожньої інфраструктури, симуляція розвитку ДТП, оцінка параметрів руху транспортних засобів і пішоходів (рис. 3).

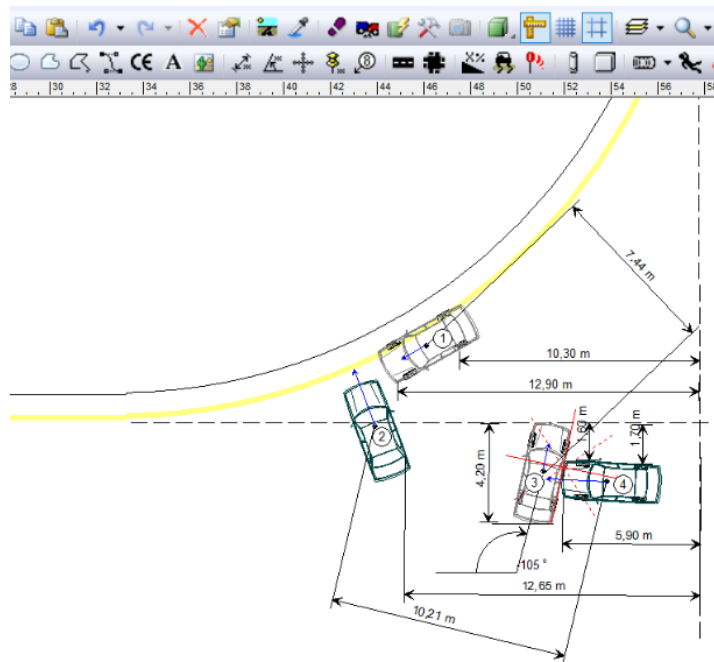


Рисунок 3 – Розрахункова масштабна схема ДТП, складена у програмі CYBID V-SIM на підставі об’єктивних даних, які взято зі схеми ДТП та протоколу слідчого експерименту

Розрахункова масштабна схема ДТП поєднує в собі кінцеве розташування автомобілів (відповідно позиції 1 та 2) і розташування автомобілів у момент зіткнення (відповідно позиції 3 та 4). Таким чином масштабна схема, яка була складена на підставі об’єктивних вихідних даних встановлених слідством, дозволяє за допомогою програми Cybid V-SIM визначити геометричні параметри переміщення автомобілів з моменту зіткнення до моменту їх кінцевого розташування і потім перейти до затверджених в Україні методів розрахунку, а також продовжувати симуляцію повної картини зіткнення транспортних засобів у програмному середовищі Cybid V-SIM.

Цікавим напрямком застосування програми Cybid V-SIM є проведення віртуальних експериментів. Наприклад, з використанням програми CYBID V-SIM було виконано порівняльне моделювання динаміки гальмування різних моделей транспортних засобів: Audi A6 III b Sedan 2.0 TDI 136KM multitronic; BMW 5-Serie IV Sedan 520d ; Citroën C4 I b Hatchback 5d 1.4i 16V 88KM; Ford Mondeo III Saloon 1.8 16v 110 Ambiente; Jeep Grand Cherokee III (WK) 3.0 V6 CRD Laredo; Porsche Carrera GT RS. Цей останній автомобіль – без антиблокувальної системи гальм. Початкові умови віртуального експерименту наступні: швидкість руху 90 км/год, коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою 0,8, без нахилу дороги, екстрене гальмування, порожній стан. Результати моделювання подані у графічному вигляді (рис. 4).



Зверху вниз: Audi A6, BMW 520d, Citroën C4, Ford Mondeo III, Jeep Grand Cherokee III, Porsche Carrera GT RS, Lada 2112, Volga GAZ-24

Рисунок 4 – Кінцеве розташування автомобілів після моделювання їх екстреного гальмування у програмному середовищі Cybid V-SIM

Параметри моделювання автоматично занесені у відповідний протокол Cybid V-SIM. Результати моделювання показало, що автомобілі різних марок, але однакової категорії M_1 , при однакових початкових умовах гальмують з різною ефективністю (табл.1). Різниця складає 11–25 %.

Таблиця 2.1 – Результати моделювання процесу екстреного гальмування автомобілів категорії M_1 у програмному середовищі Cybid V-SIM

Модель авто	Час гальмування, с	Шлях гальмування, м	Сповільнення, м/с^2
Audi A6	3,29	41,69	7,60
BMW 520d	3,12	40,12	8,013
Citroën C4	3,32	41,96	7,53
Ford Mondeo	3,24	40,92	7,72
Jeep Grand Cherokee	3,38	43,08	7,4
Porsche Carrera GT RS	4,16	50,25	6,01

Під час воєнної агресії проти України, постійного бомбардування Українських міст та громадської інфраструктури, коли у студентів відсутня можливість навчатися в аудиторіях університету, програмне забезпечення Cybid V-SIM дає можливість проводити дистанційно практичні та лабораторні заняття з дослідження ДТП, віртуальні експерименти на гальмівну ефективність транспортних засобів, їх стійкість руху та керованість.

Завдяки таким перевагам програмне забезпечення Cybid V-SIM є основним програмним продуктом, який застосовується при вивченні дисципліни «Автотехнічна експертиза» на першому, другому, третьому рівнях навчання (бакалавр, магістр, PhD) та при підвищенні кваліфікації експертів, що відбувається на базі кафедри автомобілів ХНАДУ.

Ініціатором та керівником співпраці Cybid в Україні в теперішній час є Renata Bułka. Куратор проекту співпраці є Ольга Вовк. Лектори та науковці проекту співпраці в ХНАДУ - Олексій Сараєв, Сергій Данець, Едуард Сагайдак. Основним завданням та результатом проекту співпраці на найближчі роки є розширення застосування програмного забезпечення Cybid V-SIM 6.0 та інших продуктів Cybid при підготовці майбутніх фахівців, у роботі експертів, науковців, адвокатів тощо.

Література

1. <https://www.cybid.com.pl/publikacje/>
2. Туренко А.М., Клименко В.І., Сараєв О.В., Данець С.В. Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП : підруч. для ВНЗ. Х. : ХНАДУ, 2013. 320 с.
3. Danez S., Saraiev O. Mathematical modeling of speed change of vehicles at emergency braking. *Technology audit and production reserves*. 2018. №3/1(41). P. 22–28.
4. Данець С.В. Особливості проведення транспортно-трасологічних експертиз у випадку, коли транспортні засоби, що досліджуються, знаходяться у різних місцях. *Криміналістичний вісник: наук. прак. зб.* 2013. Вип. 20. С. 144–147.
5. Данець С.В. Застосування новітніх технологій лазерного сканування під час огляду місця дорожньо-транспортної пригоди. *Криміналістичний вісник: наук. прак. зб.* 2014. Вип. 2. (22). С. 166–171.

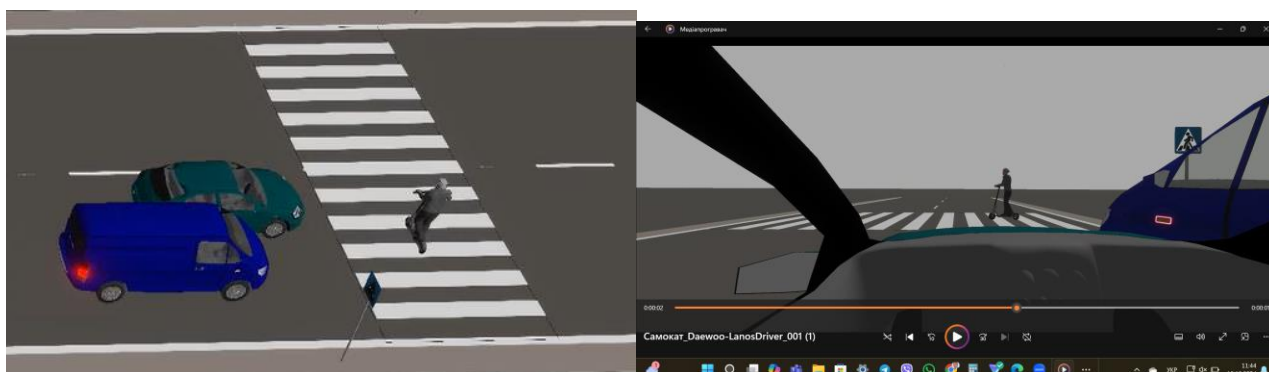
WSPÓŁPRACA CYBID NA UKRAINIE NA PODSTAWIE CHARKOWSKIEGO KRAJOWEGO UNIWERSYTETU SAMOCHODOWEGO I DROGOWEGO

Renata Bułka, szef przedsiębiorstwa Cybid, Polska, miasto Kraków;
Olga Vovk, wiodący specjalista przedsiębiorstwa Cybid, Polska, miasto Kraków,
e-mail: Olha.Vovk@cybid.com.pl ;
Oleksii Saraiev, doktor nauk technicznych, profesor wydziału motoryzacji,
Charkowski Narodowy Uniwersytet Samochodowy i Drogowy,
e-mail: sarayev9@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6582-560X>;

Serhii Danez, zastępca dyrektora Charkowskiego Eksperyckiego Centrum Badań i Kryminalistyki Ministerstwa Spraw Wewnętrznych Ukrainy, profesor nadzwyczajny Wydziału Samochodów, Charkowski Narodowy Uniwersytet Samochodowy i Drogowy, e-mail: danez@ukr.net , ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4155-1856>;
Eduard Sagaidak, prawnik, posiadacz trzeciego stopnia wykształcenia (doktorat), Charkowski Narodowy Uniwersytet Samochodowy i Drogowy

Cybid kontynuuje współpracę z Charkowskim Narodowym Uniwersytetem Samochodowym i Drogowym (KhNADU) w zakresie kształcenia nowoczesnych specjalistów w zakresie badania wypadków drogowych (wypadków drogowych) na Ukrainie. Przede wszystkim Cybid podnosi poziom edukacji dzięki wykorzystaniu oprogramowania Cybid V-SIM [1] w procesie edukacyjnym Khnadu. To nowoczesne oprogramowanie jest uwzględnione w programie pracy dyscypliny „Badania samochodowe” [2]. Studenci dwóch kierunków „Transport samochodowy” i „Inżynieria Mechaniczna Przemysłu” zdobywają praktyczne umiejętności w zakresie modelowania wypadków drogowych oraz zdobywają kompetencje zawodowe.

Ważne jest, że oprogramowanie Cybid V-SIM umożliwia symulację najczęstszego rodzaju wypadku drogowego - kolizji pojazdów, a także badanie najbardziej traumatycznych i śmiertelnych typów wypadków drogowych - kolizji z pieszym, rowerzystą itp. (ryc. 1). Wygodnie jest skorzystać z interaktywnej bazy danych Cybid V-SIM, aby uzyskać charakterystykę techniczną około tysiąca pojazdów drogowych różnych lat produkcji, od modeli historycznych po nowoczesne modele różnych kategorii L, M, N, O według międzynarodowej klasyfikacji. Te zalety oprogramowania Cybid V-SIM przyczyniają się i realizują cele współczesnego szkolnictwa uniwersyteckiego, a także poziom badań naukowych prowadzonych przy pomocy cyfrowych narzędzi naukowo-technicznych na wydziale samochodowym im. A.B. Departament Edukacji Khnadu i Ekspert Naukowo-Badawczy Centrum Kryminalistyczne Ministerstwa Spraw Wewnętrznych Ukrainy [3-5].



Rysunek 1 – Najbardziej pouczająca symulacja 3D wypadku drogowego (widok z różnych pozycji) w środowisku oprogramowania Cybid V-SIM 6.0

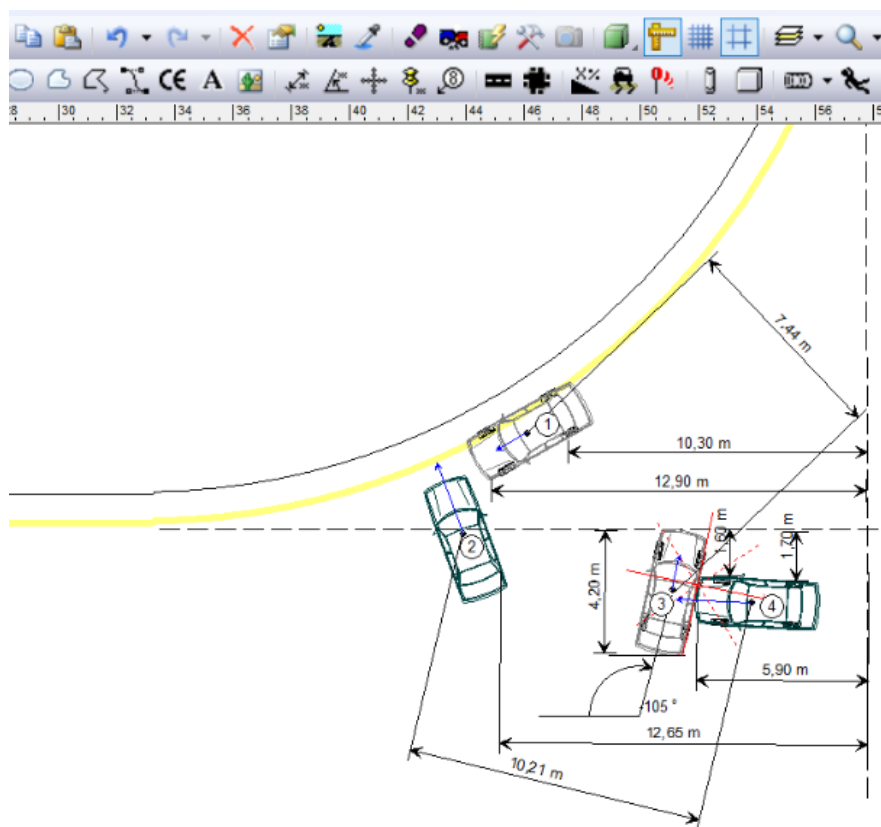
Oprogramowanie Cybid V-SIM wchodzi w skład programu szkoleniowego dla ekspertów w zakresie badań wypadków drogowych, który został opracowany w KhNADU przez kadrę naukowo-pedagogiczną wydziału motoryzacji im. A.B.

Gredekula Dzięki temu eksperci mają możliwość zapoznania się z zaletami i funkcjonalnością oprogramowania Cybid V-SIM (rys. 2).



Rysunek 2 – Zajęcia dla ekspertów i studentów na przykładzie wydziału samochodowego z wykorzystaniem produktu Cybid

Program szkolenia z wykorzystaniem Cybid V-SIM obejmuje pracę z interaktywną bazą danych pojazdów, sporządzenie schematu i obliczenie wypadków drogowych, odtworzenie infrastruktury drogowej, symulację rozwoju wypadków drogowych, ocenę parametrów ruchu pojazdów i pieszych (rys. 3).



Rysunek 3 – Obliczony schemat wypadków drogowych na dużą skalę opracowany w programie CYBID V-SIM na podstawie obiektywnych danych zaczerpniętych ze schematu wypadku drogowego i protokołu eksperymentu dochodzeniowego

Obliczony wielkoskalowy schemat wypadku drogowego łączy w sobie ostateczne położenie samochodów (odpowiadające pozycjom 1 i 2) oraz położenie samochodów w momencie zderzenia (odpowiadające pozycjom 3 i 4). Zatem program na dużą skalę, który został opracowany na podstawie obiektywnych danych początkowych ustalonych w toku dochodzenia, pozwala na wykorzystanie programu Cybid V-SIM określić parametry geometryczne ruchu samochodów od momentu zderzenia do momentu ich ostatecznego umiejscowienia, a następnie przystąpić do metod obliczeniowych zatwierdzonych na Ukrainie, a także kontynuować symulację pełnego obrazu zderzenia pojazdów w programie środowisko Cybid V-SIM.

Ciekawym obszarem zastosowań programu Cybid V-SIM jest prowadzenie wirtualnych eksperymentów. Przykładowo za pomocą programu CYBID V-SIM wykonano modelowanie porównawcze dynamiki hamowania różnych modeli pojazdów: Audi A6 III b Sedan 2.0 TDI 136KM multitronic; BMW serii 5 IV Sedan 520d; Citroën C4 I b Hatchback 5d 1.4i 16V 88KM; Ford Mondeo III sedan 1.8 16v 110 Ambiente; Jeep Grand Cherokee III (WK) 3.0 V6 CRD Laredo; Porsche Carrera GT RS. Ten ostatni samochód nie posiada układu przeciwblokującego. Warunki początkowe wirtualnego eksperymentu są następujące: prędkość jazdy wynosi 90 km/h, współczynnik przyczepności kół do nawierzchni wynosi 0,8, nie ma nachylenia drogi, hamowanie awaryjne, stan pusty. Wyniki symulacji przedstawiono graficznie (rys. 4).



Od góry do dołu: Audi A6, BMW 520d, Citroën C4, Ford Mondeo III, Jeep Grand Cherokee III, Porsche Carrera GT RS, Lada 2112, Volga GAZ-24

Rysunek 4 – Ostateczna pozycja samochodów po symulacji ich hamowania awaryjnego w środowisku oprogramowania Cybid V-SIM

Parametry symulacji są automatycznie wprowadzane do odpowiedniego protokołu Cybid V-SIM. Wyniki symulacji wykazały, że samochody różnych marek, ale tej samej kategorii M1, w tych samych warunkach początkowych hamują z różną skutecznością (tab. 1). Różnica wynosi 11–25%.

Tabela 1 – Wyniki symulacji procesu hamowania awaryjnego samochodów kategorii M1 w środowisku programu Cybid V-SIM

Model samochodu	Czas hamowania, s. 10	Droga hamowania, m	Opóźnienie, m/s ²
Audi A6	3.29	41,69	7,60
BMW 520d	3.12	40.12	8013
Citroëna C4	3.32	41,96	7,53
Forda Mondeo	3.24	40,92	7,72
Jeepa Grand Cherokee	3,38	43.08	7.4
Porsche Carrera GTRS	4.16	50,25	6.01

W czasie agresji militarnej na Ukrainę, ciągłych bombardowań ukraińskich miast i infrastruktury publicznej, gdy studenci nie mają możliwości studiowania w salach uniwersyteckich, oprogramowanie Cybid V-SIM umożliwia prowadzenie zdalnych zajęć praktycznych i laboratoryjnych z zakresu badań wypadków drogowych, wirtualnych eksperymenty dotyczące skuteczności hamowania pojazdów, stabilności ich ruchu i sterowności.

Dzięki tym zaletom oprogramowanie Cybid V-SIM jest głównym produktem programowym wykorzystywanym w nauce dyscypliny „Ekspertyza motoryzacyjna” na pierwszym, drugim, trzecim poziomie edukacji (licencjat, magister, doktor) oraz w doskonaleniu kwalifikacji ekspertów, co odbywa się na podstawie działu samochodów, którego poszukuję

Ініціатором і лідером співпраці Cybid на Україні jest obecnie Renata Bułka. Kuratorką projektu współpracy jest Olga Vovk. Wykładowcy i naukowcy projektu współpracy w KhNADU – Oleksiy Saraiev, Serhiy Danets, Eduard Sagaydak. Głównym zadaniem i efektem projektu współpracy na najbliższe lata jest poszerzenie zastosowania oprogramowania Cybid V-SIM 6.0 oraz innych produktów Cybid w kształceniu przyszłych specjalistów, w pracy ekspertów, naukowców, prawników itp.

Literatura

1. <https://www.cybid.com.pl/publikacje/>
2. Turenko A., Klymenko V., Saraiev O., Danez S. Automatyczne badanie techniczne. Badanie okoliczności wypadków drogowych: poradnik. dla uniwersytetów. Kh.: KhNADU, 2013. 320 s.
3. Danez S., Saraiev O. Matematyczne modelowanie zmiany prędkości pojazdów podczas hamowania awaryjnego. Audyt technologiczny i rezerwy produkcyjne. 2018. Nr 3/1(41). 22–28.
4. Danez S. Specyfika prowadzenia badań transportu i trasy w przypadku, gdy badane pojazdy znajdują się w różnych miejscach. Biuletyn kryminalistyczny: nauka. praktyka kol. 2013. Wydanie 20. s. 144–147.
5. Danez S. Zastosowanie najnowszych technologii skanowania laserowego podczas oględzin miejsca wypadku drogowego. Biuletyn kryminalistyczny: nauka. praktyka kol. 2014. Wydanie 2. (22). Str. 166–171.

УДК 656.025.2

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ АВТОБУСІВ НА МАРШРУТАХ

Авер'янов Володимир Сергійович, канд. техн. наук, доцент кафедра автомобілів та транспортно-логістичних систем, Дніпровський державний технічний університет,

e-mail: averynov@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6594-3964

Боць Владислав Вікторович, бакалавр,
Дніпровський державний технічний університет,
e-mail: vladbots15@gmail.com

Актуальність дослідження пов'язана з підвищенням ефективності роботи пасажирської транспортної мережі у міжпіковий період шляхом переходу від інтервальної роботи в години “пік” на роботу за розкладом в моменти спаду пасажиропотоку.

Метою дослідження є визначення моменту переходу з інтервальної форми руху автобусів на маршруті загального використання на організацію руху за розкладом і навпаки.

Об'єктом дослідження являється транспортна мережа автобусів загального користування по обслуговуванню перевезень пасажиропотоків у м. Кам'янське.

Робота автобусів по розкладу при низькій частоті їх руху дає скорочення часу пасажирів в очікуванні посадки, збільшення коефіцієнта наповнення. Проте, до наступного часу відсутня науково-обґрунтована методики визначення моменту переходу з інтервальної форми руху автобусів на маршруті перевезень на організацію руху за розкладом і навпаки.

Задача складається у визначенні кількості транспортних засобів (інтервалу руху), необхідних для засвоєння існуючого у місті пасажиропотоку, а також виборі форми роботи автобусів (за розкладом або інтервалом). Така задача вирішується при переході від позапікових періодів до пікових і назад. Пропонується у якості цільової функції визначення моменту зміни форми руху прийняти сумарні витрати, які включають транспортні втрати від зниження завантаження транспортної системи, і витрати пасажирів, які пов'язані з очікуванням поїздки і витрат перевізника, обумовлених організацією процесу перевезення по різних формам роботи [1, 2, 4].

Залежність, що дозволяє зробити вибір на користь того чи іншого засобу організації роботи автобусів на лінії, виглядає таким чином:

$$\begin{aligned} Q_{\Pi} t_{\text{оч.р}} S_{\text{ч.п}} + \frac{A_p \cdot l_o}{t_o} \cdot S_{\text{пер.а}} + A_p \cdot C_{\text{пв}} + (A_m - A_p) \cdot C_{\text{пв}} \leq \\ \leq Q_{\Pi} t_{\text{оч.і}} S_{\text{ч.п}} + \frac{A_i \cdot l_o}{t_o} \cdot S_{\text{пер.а}} + A_i \cdot C_{\text{пв}} + (A_m - A_i) \cdot C_{\text{пв}} \end{aligned} \quad (1)$$

де Q_{Π} – обсяг попиту на перевезення на найбільш завантаженій ділянці маршруту, пас;

$t_{\text{оч.р}}, t_{\text{оч.і}}$ – відповідно середній час очікування пасажиром посадки при роботі за розкладом і інтервалом, год;

A_p, A_i – відповідно кількість автобусів, які працюють за розкладом і інтервалом;

A_m – розрахункова кількість транспортних засобів, для роботи на маршруті з урахуванням резерву;

l_o – довжина оборотного рейсу, км.;

t_o – час обороту на маршруті, год;

$S_{\text{оп}}$ – вартість однієї пасажиро-години очікування посадки, грн;

$C_{\text{пв}}$ – постійні витрати, які приходяться на годину роботи автобуса, грн/год;

$C_{\text{п.п.}}$ – постійні витрати, які приходяться на годину простоювання автобуса без роботи, грн/год;

$S_{\text{пер.а}}$ – змінні витрати, які приходяться на 1 км. пробігу автобуса при роботі на маршруті, грн/км;

Кількість транспортних засобів, необхідних для перевезення пасажирів, розраховується по формулі [3]

$$A_m = \frac{Q_n \cdot t_o}{q_n \cdot \gamma} = \frac{t_o}{I}, \quad (2)$$

де q_n – пасажиромісткість автобуса;

γ – коефіцієнт використання пасажиромісткості;

t_o – час обороту автобуса на маршруті;

I – інтервал руху автобусів на маршруті.

У процесі роботи інтервал руху може відхилятися від розрахункового і тоді фактичний інтервал I_ϕ розраховується по формулою [5]

$$I_\phi = I + \frac{\sigma_I^2}{I}, \quad (3)$$

Час очікування при роботі по інтервалу визначається по формулі

$$t_{оч.і} = \frac{I_\phi}{2} = \frac{I + \sigma_I^2 / I}{2} = \frac{I}{2} + \frac{\sigma_I^2}{2 \cdot I}. \quad (4)$$

Підставляючи формулу (3) і (4) в (1) отримуємо вираз

$$\begin{aligned} & Q_n(t_{оч.р} S_{чп} + \frac{l_o}{q_p \cdot \gamma_p} \cdot S_{пер.а} + \frac{t_o}{q_p \cdot \gamma_p} \cdot C_{пв}) + (A_m - \frac{Q_n \cdot t_o}{q_p \cdot \gamma_p}) \cdot C_{пп} \leq \\ & \leq Q_n((\frac{I}{2} + \frac{\sigma_I^2}{2 \cdot I}) \cdot S_{оп} + \frac{l_o}{q_i \cdot \gamma_i} \cdot S_{пер.а} + \frac{t_o}{q_i \cdot \gamma_i} \cdot C_{пв}) + (A_m - \frac{Q_n \cdot t_o}{q_i \cdot \gamma_i}) \cdot C_{пп} \end{aligned} \quad (5)$$

де γ_i, γ_p – відповідно коефіцієнт використання пасажиромісткості при роботі по інтервалу і за розкладом;

q_i, q_p – відповідно місткість автобусів, працюючих по інтервалу і за розкладом.

Ліва частина нерівності відображає суму витрат пасажирів, пов'язані з очікуванням посадки, у вартісному вигляді, а також витрати перевізника на організацію руху на маршруті по розкладу, а права частина – по інтервалу. Час очікування посадки при роботі за розкладом на маршруті визначається статистичними методами. Якщо ліва частина нерівності менше правої, то доцільна форма організації руху автобусів за розкладом, у протилежному випадку ефективна робота автобусів буде по інтервалу. Якщо обидві частини нерівності дорівнюють одна іншій, тоді різниці у формі організації автобусів на маршруті не буде.

Висновки

Таким чином, можливо встановити умову для вибору оптимальної форми організації роботи автобусів загального користування на маршруті. При цьому забезпечується відповідність провізних можливостей пасажирського транспорту попиту, який сформувався.

Література

1. Босняк М.Г. Пасажирські автомобільні перевезення. Навчальний посібник. – К.: Видавничий дім „Слово”, 2013 – 386 с.
2. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С. Організація автобусних перевезень в містах: навч. посіб., К.: Національний транспортний університет, 2008. – 192 с.
3. Шматко Д.З., Коробочка О.М., Авер'янов В.С. Вдосконалення та організація транспортної мережі автобусних міських перевезень. Наукове видання – Кам'янське: ДДТУ, 2018 – 155 с.
4. Карнарчук В.Є., Курніков І.П. Виробничі системи на транспорті: підручник. – К.: Вища школа, 2017 – 359 с.
5. Доля В.К. Пасажирські перевезення. Підручник – Харків: ХНУМГ, вид-во “Форт”, 2011 – 504 с.
6. Кислий В.М., Біловодська О.А., Олефіренко О.М. Логістика: теорія та практика: навч. посіб. – К.: Центр учбової літератури, 2015 – 360 с.

УДК 656.015

ФОРМУВАННЯ ПОПИТУ НА РИНКУ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ В МІЖМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Кочина Анастасія Анатоліївна, канд. техн. наук, доцент кафедра транспортних систем і логістики, Харківський державний біотехнологічний університет, e-mail: kochina.tsl@gmail.com, ORCID: [0000-0001-8377-4770](https://orcid.org/0000-0001-8377-4770)

Неякісна інформація про параметри попиту є часто причиною невірних висновків і невірних рекомендацій. Проблема оцінки попиту являється особливо актуальною при вирішенні наукових і практичних задач в області підвищення ефективності транспортних систем.

Головні елементи попиту на ринку міжміських автомобільних вантажоперевезень це постійні та разові замовлення [1]. Істотно збільшився обсяг замовлень на перевезення вантажів, що мають разовий характер під впливом розвитку середніх, малих підприємств та приватного бізнесу. Однією з причин такого застосування разових замовлень є розвиток інформаційних технологій, що спричинив появу та успішне функціонування спеціалізованих логістичних сайтів.

Серед основних чинників при формуванні міжміських вантажопотоків [2] необхідно брати до уваги:

– дислокаційні фактори, які характеризуються необхідністю в перевезеннях, тобто задоволення потреб населення чи виробництва в певних товарах чи сировині. Відповідно до визначення інформації на основі аналізу обсягів поглинання товарів чи сировини можливо визначити рівень та інтенсивність виконання вантажних перевезень, їх зародження та напрями реалізації;

– номенклатура вантажів, спеціалізація регіонів на виробництві певних продуктів;

– фізичні характеристики вантажу, що є основою для вибору методу транспортування та виду транспорту;

– операційні фактори – масштаби виробництва, застосування каналів розподілу продукції, географічна диверсифікація товарів;

– географічні фактори – щільність населення та розташування агломерації безпосередньо впливає на характеристики розподілу готової продукції;

– фактори динаміки – сезони коливання попиту на певні продукти;

– цінові фактори.

При визначенні попиту на транспортні послуги в дослідженнях також розглядається його випадкова природа. При цьому елементарною одиницею, що формує попит, є заявка на транспортне обслуговування.

Заявка це потреба клієнта в послугах, яка підкріплена купівельною спроможністю й представлена на ринку для її задоволення. Заявка на обслуговування є підставою й причиною взаємодії між елементами логістичної системи (ЛС) доставки вантажів – експедитором, перевізником, вантажним терміналом і вантажовласником.

Сукупність потенційних і реальних заявок на послуги підприємства утворюють попит на його послуги, відповідно, сукупність заявок на послуги всіх підприємств регіону являє собою попит на транспортні послуги в регіоні.

Кожна заявка може бути кількісно оцінена набором показників до яких можливо віднести:

– обсяг партії вантажу;

– відстань доставки;

– інтервал надходження заявки.

З точки зору пропозиції для існуючого попиту у транспортному обслуговуванні слід розглядати велику кількість нових транспортних компаній. На сьогоднішній день на території України працює значна кількість великих, середніх та малих автотранспортних підприємств, що надають послуги по перевезенню вантажів у міжміському сполученні.

Транспортні підприємства, що відносяться до великих на ринку транспортних послуг, налічують найменший відсоток від загальної кількості підприємств-перевізників. Найбільший відсоток припадає на малі транспортні підприємства, які працюють на ринку регулярних та разових замовлень на перевезення вантажу в міжміському сполученні.

При регулярних вантажних перевезеннях інформація про потребу в послугах надходить до перевізника через налагоджені договірні зв'язки або особисті знайомства. Разові замовлення, які мають випадковий характер й надходять до перевізника через різноманітні інформаційні джерела, зазвичай являються випадками одноразових потреб вантажовласників у перевезенні вантажу в міжміському сполученні.

Джерелом інформації про потік заявок на транспортне обслуговування, є різноманітні логістичні провайдери, які надають спеціалізовану інформацію в інтерактивному режимі в Україні.

До основних елементів логістичних сайтів відносяться:

- інформаційно-логістичний сервіс у вигляді електронного атласу доріг, що постійно оновлюється, який представляє атлас автомобільних доріг;
- довідково-пошукова система та інформаційна база даних про існуючі компанії та організації, що надають комплекс послуг пов'язаних з перевезеннями, експедируванням і страхуванням вантажів, який представляє каталоги перевізників, вантажовласників, експедиторів, страхових компаній;
- блок у якому користувачі можуть розмістити різного роду оголошення, наприклад про наявність вакансій або про продаж ТЗ та ін., який представляє інформаційний центр;
- замовлення про наявність вантажів для перевезення, який представляє пропозиції вантажовласників;
- замовлення про наявність вільного або попутного транспорту, який представляє пропозиції перевізників;
- інформаційний простір, де учасники ринку вантажоперевезень можуть поділитися професійним досвідом, знайти роботу і попередити колег про недобросовісних партнерів, який представляє форум.

Бази даних логістичних порталів зберігають основну інформацію про складові замовлення вантажовласників і дозволяють здійснювати подальший пошук потенційних клієнтів з параметрами, що відповідають вимогам, які в змозі задовольнити транспортні підприємства.

Виділяють серед найпопулярніших українських логістичних сайтів «lardi-trans.com» та «della.ua». Найкращим чином внутрішній український ринок разових замовлень на перевезення вантажів у міжміському сполученні представлений сайтом «lardi-trans.com». Десятки рекламодавців використовують «lardi-trans.com», адже лише тут створилася найбільша цільова аудиторія у сфері автомобільних перевезень.

Компанія «lardi-trans.com» є зареєстрованою торговельною маркою на території України та інших країн. Проект, який зароджувався як сайт для своїх заявок, сьогодні перетворився на багатофункціональний робочий майданчик для багатьох транспортних фірм, в тому числі Європейських). Основна мета сайту полягає в налагодженні комунікації між різними учасниками ринку вантажних перевезень, так чи інакше, залучених до цієї сфери, створення зручних інструментів для щоденної роботи. «Lardi-trans.com» забезпечує клієнтів не лише оперативною інформацією про вантажі та транспорт, на ньому також розроблені та впроваджені такі затребувані сервіси як "Зона надійності", "Нотатки", "Форум", "Розрахунок відстаней" тощо.

Необхідно враховувати, що на транспортно-інформаційні портали замовлення надходять деякою сукупністю, тому одне і теж замовлення може дублюватися декілька разів. Відповідно первинний масив даних повинен бути ретельно очищений та оброблений для отримання достовірної інформації щодо кількості заявлених протягом доби замовлень на міжміські вантажоперевезення

[3]. Для цього треба виконати процедуру визначення моментів надходження замовлень на перевезення вантажу $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \dots, \tau_n$ коли існує можливість отримання послідовності індикаторів $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$, використання яких дозволить визначити отримає або не отримає замовлення на перевезення окремий перевізник, тобто ймовірність отримання перевізником замовлення.

Як визначено в роботі [3] початковий найпростіший потік разових замовлень з параметром λ трансформується в найпростіший потік разових замовлень на перевезення вантажів, які надходять до перевізника з параметром λ_p . За ідеальних умов, а саме коли вхідний потік замовлень умовно налаштований саме для цього перевізника, така математична модель є найпростішим представленням процесу отримання замовлень перевізником. Якщо розглядати процес отримання замовлення в реальних умовах на замовлення може претендувати не лише один перевізник тобто необхідно визначення рівня конкуренції на ринку транспортних послуг за для цього визначаються ймовірності отримання та неотримання замовлення перевізником. Тому перед перевізником постає питання оперативного прийняття рішення щодо виконання альтернативних варіантів замовлення, для чого повинна існувати ефективна стратегія поведінки перевізника у цій ситуації. Адже саме від того яким чином перевізник реагує на зміни ринку разових замовлень – шляхом використання заздалегідь розроблених та обґрунтованих варіантів управлінських рішень, або, посилаючись виключно на власний досвід, залежить його конкурентна позиція на ринку транспортних послуг. Побудована у роботі [2] модель обслуговування разових замовлень на міжміських вантажних перевезеннях є налаштованим та зручним у виконанні інструментом для проведення імітаційних експериментів, метою яких є оцінка різних стратегій обслуговування випадкової складової ринку транспортних послуг та прийняття на їх основі обґрунтованих управлінських рішень.

Оцінка ефективності роботи підприємства з надання транспортних послуг автомобіля має оцінюватись за не за окреме обслуговування разового замовлення, а оборотний рейс. Це дозволить об'єктивно оцінювати фінансові результати діяльності автотранспортного підприємства. Ймовірність отримання потрібного замовлення на повернення до місця розташування базового підприємства є досить низькою. Відповідно перевага надається замовленням у напрямку початкового пункту відправлення. Тому, під час дослідження процесу обслуговування разових замовлень необхідно займатися формуванням та оцінкою ефективності не конкретних маршрутів, а набору правил, на підставі яких приймаються рішення перевізником у процесі своєї діяльності. Ці правила надалі позначаються як стратегії. Для отримання стратегії необхідно визначити види напрямків перевезення вантажів за їх привабливістю стосовно перспектив отримання наступного замовлення.

Співвідношенням інтенсивності знаходження разових замовлень до інтенсивності надходження автомобілів, що на них претендують здійснюється поділ напрямків перевезення вантажів за їх привабливістю стосовно перспектив отримання наступного замовлення. В якості значення інтенсивності

надходження автомобілів пропонується розглядати інтенсивність надходження потоку разових замовлень у відповідний регіон.

Література

1. Прейгер Д.К., Собкевич О.В., Ємельянова О.Ю. Стратегічні напрями розвитку транспортної галузі України у післякризовий період. К.: НІСД. 2012. 106 с.
2. Мосьпан Н. В. Формування стратегій автотранспортних підприємств по обслуговуванню разових замовлень на перевезення вантажів у міжміському сполученні : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Харків, 2018. 212 с.
3. Горбачов П.Ф, Мосьпан Н.В. Формалізація процесу обслуговування разових замовлень на перевезення вантажів у міжміському сполученні. *Вісник ХНАДУ*. 2016. Вип. 72. С. 66–74.2.

УДК 656.072

МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВАНТАЖНОГО ТРАНСПОРТНОГО ПОПИТУ

Любий Євген Володимирович, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: lion_khadi@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0681-0920>

Цинь Сяосюань, аспірантка кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: xiaoxuan@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3736-619X>.

Прогнозування попиту є важливою частиною етапу планування і оцінки будь-якого проєкту, пов'язаного з інфраструктурою різних типів і систем транспорту. У найбільш загальному розумінні під попитом розуміється потреба, що підкріплена покупною спроможністю і представлена на ринку для задовільнення [1]. В свою чергу, згідно [2] транспортним попитом є «потреби мешканців, суб'єктів господарювання та інших установ у переміщенні території, що визначається відповідно до системи розселення, просторового розміщення ділових центрів, виробничих об'єктів, об'єктів соціальної та транспортної інфраструктури». Інформація про ці потреби всіх учасників транспортного ринку є основою для оцінки існуючого рівня транспортного обслуговування користувачів транспортних послуг, а також розробки заходів для підвищення його ефективності.

Надійні результати прогнозування попиту на вантажні і пасажирські перевезення є необхідними вихідними даними для планування, проєктування і оцінювання транспортних систем і ланцюгів постачань, тому завдання отримання точних прогнозів щодо змін обсягів транспортного попиту є дуже важливою частиною загальної оцінки інфраструктурних проєктів [3].

Аналіз методів прогнозування транспортного попиту доцільно почати із огляду методів, які використовуються в галузі вантажного автомобільного транспорту і логістики в цілому, оскільки, в переважній кількості випадків, вони є більш спрощеними на відміну від моделей, що використовуються на пасажирському транспорті, і ґрунтуються на різноманітній статистичній інформації на минулі проміжки часу. До основних моделей, що використовуються для прогнозування транспортного попиту в галузі вантажних автомобільних перевезень можна віднести [4]:

- моделі аналізу трендів і часових рядів (Trend and Time Series Analyses);
- моделі еластичності (Elasticity Methods);
- моделі логістичних мереж (Logistic Network Models);
- моделі сукупного попиту (Aggregate Demand Models);
- дезагреговані моделі попиту (Disaggregate Demand Models);
- поведінкові моделі (Behavior-based Models);
- моделі «витрати – випуск» (Input-Output Models).

Переваги і недоліки представлених моделей наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристика методів прогнозування вантажних перевезень

Метод	Переваги	Недоліки/Обмеження
Моделі аналізу трендів і часових рядів (Trend and Time Series Analyses)	Прості у розумінні і використанні. Потребують історичної інформації, але не вимагають великих обсягів даних. Можливість аналізувати за видами транспорту і товарами.	Не висока точність, якщо базуються на короткострокових історичних даних. Використовують припущення про те, що минулі тенденції є показовими для майбутньої діяльності. Моделям на вистачає динаміки пояснювальних факторів, що впливають на попит на перевезення.
Моделі еластичності (Elasticity Methods)	Можуть використовувати спостережувані або оціночні дані. Можуть бути використані для короткострокового або довгострокового аналізу.	Складність збору вхідних даних. Складність співвідношення численних факторів, що впливають на попит.
Моделі логістичних мереж (Logistic Network Models)	Гарно реалізується на великих географічних територіях. Враховують взаємодію між виробниками, споживачами, вантажовідправниками, перевізниками та урядом.	Використовується припущення про спільне досконале знання про рух вантажу між вантажовідправником і перевізником. Складність впровадження.

Моделі сукупного попиту (Aggregate Demand Models)	Наявність (доступність) необхідних даних. Легко застосовуються до товарів, часу та витрат для визначення попиту на перевезення.	Не враховують вибір маршруту. Не оцінюють загальний попит на перевезення.
Дезагреговані моделі попиту (Disaggregate Demand Models)	Оцінюють попит на перевезення за видами транспорту в мережі. Точніші, ніж моделі сукупного попиту.	Витратомісткі. Складність збирання необхідних вхідних даних.
Моделі «витрати – випуск» (Input-Output Models)	Простота і швидкість впровадження.	Не є комплексними.

Прогнозування діяльності вантажного транспорту є важливим для прийняття обґрунтованих політичних рішень щодо інвестицій у збільшення пропускної спроможності. Процес прийняття рішень, особливо в державному секторі, вимагає тривалого часу для планування та фінансування. Тому дуже важливо узгодити майбутню пропозицію вантажної інфраструктури з майбутнім попитом на вантажні перевезення. Наявність моделей прогнозування надає особам, які приймають рішення як у державному, так і в приватному секторах, впевненості у прийнятті довгострокових інвестиційних рішень.

Останнім часом науковцями і практиками для формування моделей вантажного транспортного попиту використовується чотирьох етапна прогнозна модель, яка є дуже поширеною в галузі пасажирських перевезень і складається з чотирьох складових: генерація поїздок (Trip Generation), розподіл поїздок (Trip Distribution), вибір виду транспорту (Mode Choice) та розподіл поїздок (Trip Assignment) [5].

Висновки

Результат аналізу методів моделювання транспортного попиту на прикладі вантажного транспорту свідчать про те, що вони, здебільшого, не мають самостійного характеру і є спробою використання пасажирських методів, незважаючи на те, що напрямки вантажних перевезень значно менше залежать від відстаней доставки, і в набагато більшому ступені обумовлені зв'язками між виробниками і споживачами в ланцюгах постачань.

Література

1. Філософський енциклопедичний словник / за ред. В.І. Шинкарук. – Інститут філософії ім. Г.С. Сковороди НАНУ: Абрис, 2002. – 751 с. ISBN 966-531-128-X.
2. Про затвердження Порядку розроблення, оновлення, внесення змін та затвердження містобудівної документації [Електронний ресурс] Верховна Рада України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/926-2021-%D0%BF#Text>.

3. T., Tsekeris, Ch., Tsekeris. Demand Forecasting in Transport: Overview and Modeling Advances, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*. 2011. 24(1), с. 82-94. DOI: 10.1080/1331677X.2011.11517446.

4. R., Schaefer, M., Worth, J., Heilman, N., Kehoe. Freight Demand Modeling and Data Improvement Implementation Handbook. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration Office of Freight Management and Operations. Washington, DC, 2017. – 60 p.

5. Urban Freight Transport Planning and Management. [Developed of Toolkits under the “Sustainable urban transport project”]. Ministry of Urban Development Government of India, 2019. – 126 p.

УДК 656.025.2

ПОБУДУВАННЯ МОДЕЛІ МАРШРУТНОЇ СИСТЕМИ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Сасов Олександр Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедра автомобілів та транспортно-логістичних систем, Дніпровський державний технічний університет,

e-mail: sasov@ukr.net, ORCID: 0000-0002-8697-6324

Костенко Дмитро Анатолійович, магістр,
Дніпровський державний технічний університет,
e-mail: kostenkodima@ukr.net

Актуальність дослідження пов'язана з транспортним проектуванням і функціонуванням маршрутних систем, де використовується ряд показників для порівняльної оцінки економічності маршруту.

Метою дослідження є вдосконалення маршрутної системи з застосуванням економіко-математичних методів, тобто, виходячи з обсягів перевезення пасажирів, визначення необхідної кількості рухомого складу по конкретному маршруту.

Об'єктом дослідження являється автобусні маршрути загального користування представлені у вигляді моделі, яка складається з трьох частин: топологічної схеми, переліку маршрутів і матриці пасажиропотоків.

Оскільки вдосконалення маршрутної системи досить складний і працемісткий процес, він практично неможливий без застосування економіко-математичних методів. Так, маршрутну автотранспортну систему можна представити як модель, яка складається з трьох частин: топологічної схеми, переліку маршрутів і матриці пасажиропотоків.

Топологічна схема представляє собою плаский граф з вершинами в мікрорайонах населеного пункту і транспортними зв'язками між мікрорайонами, які характеризуються відстанню і часом сполучення. Для побудовання топологічної схеми населені пункти розбиваються на мікрорайони

з урахуванням двох основних вимог: пішохідної доступності в межах мікрорайону і його відносної відокремленості [1,2].

Перелік маршрутів повинен містити по кожному з них інформацію про трасу руху, довжині маршруту як добутку довжин відповідних ділянок топологічної схеми від початкового до кінцевого пункту, а також о середній пасажиромісткості автобусів по маршрутам, кількості їх і інтервалах руху. Така модель дозволяє отримати майже всі характеристики маршрутної системи [2,3]. Алгоритм розрахунку оптимізації маршрутної автотранспортної системи полягає в мінімізації сумарних витрат часу пасажирів на поїздки на базі матриці пасажиро потоків і транспортної мережі, яка задається топологічною схемою зв'язків мікрорайонів конкретного населеного пункту.

Функція мети може бути представлена як

$$C = \sum_{k=1}^n \sum_{f=1}^{n'} Q'_{fk} t_{оч_k} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m P_{ij} \left(t_{Д_{ij}} + t_{пер_{ij}} \right) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $k=1,2,...,n$ – маршрути автобусів;

$f=1,2,...,n'$ – зупинки на маршруті;

Q_{fk} – кількість пасажирів, очікуючи автобуси на зупинці k -го маршруту;

$t_{оч_k}$ – час очікування початку посадки пасажирів на k -м маршруті;

m – кількість мікрорайонів населеного пункту;

P_{ij} – кількість пересування між пунктами i і j ;

$t_{Д_{ij}}$ – витрати часу пасажирів на пересування;

$t_{пер_{ij}}$ – витрати часу на пересадку при проїзді між мікрорайонами i і j .

Потім переходять до вибору видів транспорту. Кожний з видів транспорту може бути оцінений по трьом факторам: економічному, технічному і експлуатаційному. Економічний фактор визначається витратами на організацію руху, будівництво, придбання транспортних засобів, а також експлуатаційними витратами. Технічний фактор характеризується швидкостями руху, зручністю використання, безпекою руху. Показниками експлуатаційного фактору являються інтервали руху, пропускна здатність зупиночних пунктів, можливість реалізації передбачених швидкостей руху.

При розрахунках розглядається три можливих випадки: для міста яке тільки проектується, для міста яке розвивається і має транспортну мережу; для встановлення зв'язку міста з новим районом. У всіх цих випадках необхідно враховувати розміри пасажирських потоків, дальність поїздок пасажирів, собівартість перевезень і обсяги капіталовкладень. Необхідно встановити межі, в яких конкретні види автотранспорту і типи рухомого складу будуть мати найкращі економічні показники [4].

Користуючись розрахунковими значеннями річних обсягів перевезень пасажирів різних видів транспорту згідно їх частки в опануванні загальноміського обсягу перевезень, можна визначити необхідну кількість рухомого складу для кожного виду транспорту, наприклад для автобусного буде складати

$$A = \frac{Q_p^A}{W_Q^A} = \frac{Q_p^A l_{in}^{cp} \eta_n}{365 V_T T_n q^{cp} \gamma_\partial \alpha_B}, \quad (2)$$

де Q_p^A – річний обсяг перевезень, який припадає на автобусний транспорт, пас.;
 l_{in}^{cp} – середня дальність поїздки на автобусному транспорті, км;
 η_n – коефіцієнт нерівномірності обсягів перевезень пасажирів;
 V_T – технічна швидкість, км/год;
 T_n – час перебування в наряді, год;
 q^{cp} – середня місткість рухомого складу;
 γ_∂ – динамічний коефіцієнт використання місткості;
 α_B – коефіцієнт використання парку автомобілів.

Розподілене по маршрутам загальне навантаження дає підставу для пропорційного по маршрутного розподілення рухомого складу. Кількість автобусів на конкретному маршруті визначається по формулі

$$A_M = \frac{Q_M A \alpha_B}{Q_p^A}, \quad (3)$$

де Q_M – навантаження (обсяг перевезень) на даному маршруті.

До основних техніко-економічних показників роботи міського пасажирського транспорту відноситься річна продуктивність на одно автобусомісце [5].

Продуктивність автобусомісце (в пас-км) визначається по формулі

$$W_c = 365 \alpha_B T_n V_e \beta q \gamma, \quad (4)$$

де α_B – коефіцієнт використання автобусів;

T_n – середній час знаходження рухомого складу у АТП за добу, год;

V_e – експлуатаційна швидкість, км/год;

β – коефіцієнт використання пробігу;

q – місткість автобуса;

γ – коефіцієнт використання місткості автобусів.

Висновки

Запропонована модель маршрутної системи, яка складається з трьох частин (топологічна схема, матриця пасажиропотоків і кількість маршрутів) дозволяє оптимізувати маршрутну систему і отримати всі її характеристики. Алгоритм розрахунку оптимізації полягає в мінімізації витрат часу пасажирів на поїздки на базі матриці пасажиропотоків і транспортної мережі, яка задається топологічною схемою конкретного населеного пункту.

Література

1. Босняк М.Г. Пасажирські автомобільні перевезення. Навчальний посібник. – К.: Видавничий дім „Слово”, 2013 – 386 с.

2. Шматко Д.З., Коробочка О.М., Авер'янов В.С. Вдосконалення та організація транспортної мережі автобусних міських перевезень. Наукове видання – Кам'янське: ДДТУ, 2018 – 155 с.

3. Вдовиченко В.А., Потаман М.М. Пасажирські автобусні перевезення: підручник. – Харків.: ХНАДУ, 2017 – 385 с.

4. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С. Пасажирські перевезення: підручник – К: НТУ, 2017 – 265 с.

5. Кислий В.М., Біловодська О.А., Олефіренко О.М. Логістика: теорія та практика: навч. посіб. – К.: Центр учбової літератури, 2015 – 360 с.

УДК 656.025.2

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОВІЗНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ МАРШРУТІВ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

Шматко Дмитро Захарович, канд. техн. наук, доцент кафедра автомобілів та транспортно-логістичних систем, Дніпровський державний технічний університет,

e-mail: shmatkodima@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7447-5955

Бабак Віктор Олександрович, магістр,
Дніпровський державний технічний університет,
e-mail: VBabak@gmail.com

Актуальність дослідження пов'язана з механізмом реалізації вибору шляху слідування пасажирів та вдосконаленню схем маршрутів автобусів загального користування. Цей механізм може бути застосований і при прогнозуванні провідних можливостей в залежності від рівня рентабельності перевезень.

Метою дослідження є визначення основних закономірностей провізних можливостей маршрутів автобусів загального користування, а також зміни показників роботи маршрутної мережі в цілому і по кожному маршруту окремо.

Об'єктом дослідження являється показник який характеризує ступінь комфортабельності поїздки пасажирів який залежить від провізних можливостей маршрутної системи.

Питання розподілення пасажиропотоків між маршрутами на суміщених ділянках є менш дослідженим. Існуючі моделі розподілення пасажиропотоків [1-3] ставлять питання вибору пасажиром того або іншого шляху слідування в залежності від інтегральних показників пересування, таких як сумарний час очікування, час руху у транспорті, кількість пересадок, інтенсивності руху, виду транспорту, рівня заповнення салону. Значимість цих факторів підкреслення у багатьох працях, які присвячені опитуванням пасажирів про шляхи пересування. Ці дослідження не враховують вартість проїзду у

транспорті. Тому запропоновано видозмінити залежність вірогідності обиравання маршруту із множини можливих і представити у наступному вигляді

$$P_i = \frac{I_i \cdot f_{i.прив}}{\sum_j I_j \cdot f_{j.прив}}, \quad (1)$$

де I_i – інтенсивність руху на маршруті i ;

$f_{i.прив}$ – функція привабливості маршруту i ;

r – кількість маршрутів, які проходять через сумісну ділянку.

Функція привабливості маршруту у котрій поряд з якісними показниками пересування використовується і вартісний показник може бути представлений у вигляді

$$f_{i.прив} = \left(\frac{\tau_{cp}}{\tau_i} \right)^{K_\tau} \cdot \left(\frac{\gamma_{cp}}{\gamma_i} \right)^{K_\gamma} \cdot \left(\frac{T_{cp}}{T_i} \right)^{K_T}, \quad (2)$$

де τ_{cp} – середній час слідування по ділянці, год;

τ_i – час слідування по ділянці для маршруту i ;

γ_{cp} – середнє значення коефіцієнта використання пасажиромісткості;

γ_i – значення коефіцієнта використання пасажиромісткості для маршруту i ;

T_{cp} – середнє значення тарифу, грн.;

T_i – значення тарифу для маршруту i , грн.;

K_τ – коефіцієнт, який враховує ступінь впливу часу пересування при виборі маршруту;

K_γ – коефіцієнт, який враховує ступінь впливу рівня заповнення салону при виборі маршруту;

K_T – коефіцієнт, який враховує ступінь впливу тарифу при виборі маршруту.

Коефіцієнти, які визначають ступінь впливу показників при виборі маршруту руху можуть приймати різні значення для різних регіонів населених пунктів. До факторів, які впливають на значення цих коефіцієнтів можна віднести наступні: Рівень доходів населення, наявність особистого автотранспорту, наявність інших видів пасажирського транспорту, режим роботи промислових підприємств, існуючий рівень автотранспортного обслуговування на міських автобусних маршрутах загального користування. Значення цих коефіцієнтів можуть бути визначені шляхом анкетного дослідження. Для цього необхідно попередньо виділити у місті ряд однотипних регіонів, уточнити їх характеристики, розрахувати обсяг виборки і на підставі розроблених анкет визначити значення коефіцієнтів. У якості параметра. Який характеризує провізні можливості маршрутів, може бути інтенсивність руху. Таким чином, при відомих трасах маршрутів достатньо визначити інтенсивність руху на кожному маршруті. Для рішення цієї задачі можна

записати систему рівнянь, у котрій у якості невідомих виступає інтенсивність руху і рівень заповнення салону, який визначає комфортність їздки пасажирів [4, 5].

Динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості для i -го маршруту може бути визначений по залежності

$$\gamma_i = \gamma_{cp} \cdot F_{i.прив}, \quad (3)$$

де γ_{cp} – середнє значення динамічного коефіцієнта використання пасажиромісткості для всіх маршрутів у місті;

$F_{i.прив}$ – функція привабливості маршруту в цілому.

Функція привабливості маршруту в цілому залежить від значення цього показника на кожній ділянці маршруту і може бути визначена як середньо виважена по формулі

$$F_i = \frac{\sum_{k=1}^s f_{ik} \cdot l_{ik}}{\sum_{k=1}^s l_{ik}}. \quad (4)$$

Основною різницею закономірностей визначення провізних можливостей маршрутів від раніше досліджених являється введення поряд з технологічними показниками привабливості маршруту вартісних показників.

Висновки

Використовуючи запропоновану модель можливо змінюючи тарифи і загальну кількість рухомого складу провести аналіз перерозподілу провідних можливостей серед маршрутів і зміни показників роботи маршрутної мережі в цілому і по кожному автобусному маршруту загального користування окремо.

Література

1. Шматко Д.З., Коробочка О.М., Авер'янов В.С. Вдосконалення та організація транспортної мережі автобусних міських перевезень. Наукове видання – Кам'янське: ДДТУ, 2018 – 155 с.
2. Босняк М.Г. Пасажирські автомобільні перевезення. Навчальний посібник. – К.: Видавничий дім „Слово”, 2013 – 386 с.
3. Карнарчук В.Є., Курніков І.П. Виробничі системи на транспорті: підручник. – К.: Вища школа, 2017 – 359 с.
4. Кашканов А.А. Спеціалізований рухомий склад автомобільного транспорту. Навчальний посібник – Вінниця: ВДТУ, 2002 – 164 с.
5. Кислий В.М., Біловодська О.А., Олефіренко О.М. Логістика: теорія та практика: навч. посіб. – К.: Центр учбової літератури, 2015 – 360 с.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ІМОВІРНІСНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ НЕЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Батракова Анжеліка Геннадіївна, докт. техн. наук, професор кафедра ПДГЗ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: agbatr@ukr.net ORCID: 0000-0002-4067-4371

Урдзік Сергій Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедра ПДГЗ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: urdzick@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6914-1221

Дорожко Євген Вікторович, канд. техн. наук, доцент кафедра ПДГЗ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: evgeniy.dorozhko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2894-2131

Батраков Олег Дмитрович, аспірант,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: oleg.batrakof@gmail.com, ORCID: 0009-0009-9113-2407,

Назаренко Ірина Валентинівна, аспірант,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: iryna379nazarenko@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8516-1433

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю вирішення важливої науково-практичної задачі підвищення достовірності оцінки стану нежорсткого дорожнього одягу за результатами діагностики. Різноманіття моделей оцінювання стану покриття з руйнуваннями пояснюється: мінливістю ґрунтово-геологічних, кліматичних умов; різноманіттям фізико-механічних характеристик матеріалів конструктивних шарів дорожнього одягу і ґрунтів земляного полотна; неоднорідністю геометричних параметрів дорожніх одягів у поздовжньому і поперечному профілях. Імовірнісні методи аналізу надійності проектних рішень дозволяють враховувати вплив невизначеності і зміни параметрів конструкції [1]. Використання випадкових величин для вхідних параметрів дозволяє враховувати зміну параметра через неоднорідну поведінку матеріалів, кліматичних умов і змінності структурних властивостей.

Метою дослідження є розроблення методу оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу на етапі експлуатації, що враховує неоднорідність параметрів конструкції у просторі та спирається на методи імовірнісного аналізу, положення теорії надійності та теорії ризику.

Об'єктом дослідження є нежорсткий дорожній одяг на етапі експлуатації.

Предметом дослідження є оцінювання стану конструкції нежорсткого дорожнього одягу з урахуванням неоднорідності геометричних, фізико-механічних параметрів та показників структурної неоднорідності конструкції.

Основним показником, що характеризує стан дорожнього одягу на етапі експлуатації, можна вважати його надійність, яка враховує фактичний розкид параметрів конструкції дорожнього одягу та їх змінювання у процесі експлуатації. З іншого боку, оцінювання стану дорожнього одягу, що

знаходяться в експлуатації, доцільно проводити за показниками, які характеризують здатність конструкції чинити опір впливу транспортного навантаження та погодно-кліматичних факторів, і спираються на результати інструментальної діагностики [2 - 5]. Тому в роботі обґрунтовано основні показники, що характеризують стан нежорсткого дорожнього одягу на етапі експлуатації – індекс технічного стану (TCI) і коефіцієнт варіації індексу технічного стану конструкції дорожнього одягу.

Враховуючи, що більшість властивостей матеріалів, а також напруження у конструкціях підпорядковуються нормальному закону розподілу [2, 6, 7], у роботі обґрунтовано, що індекс технічного стану дорожнього одягу також підкорюється нормальному закону розподілу. Отримані результати створюють основу моделі оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу, яка базується на теоретико-імовірнісному підході та залучає методи статистичної обробки результатів інструментальних вимірювань. Модель оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу дозволяє:

- оцінити надійність та ризик руйнування нежорсткого дорожнього одягу за результатами діагностики;
- встановити зв'язок між індексом технічного стану і надійністю конструкції дорожнього одягу;
- дослідити закономірності змінювання надійності конструкції дорожнього одягу залежно від коефіцієнтів варіації індексу технічного стану (TCI), а також внутрішніх і зовнішніх параметрів моделі.

Під час досліджень виконаний розрахунок надійності конструкції дорожнього одягу для автомобільних доріг I- IV категорій за умови змінювання коефіцієнту варіації в діапазоні від 5 % до 35 % та визначені граничні значення показників стану конструкції нежорсткого дорожнього одягу – індексу технічного стану та коефіцієнта варіації індексу технічного стану конструкції нежорсткого дорожнього одягу.

Оцінювання впливу коефіцієнту варіації індексу технічного стану на формування вибірки даних та перевірка адекватності моделі оцінювання стану дорожнього одягу за результатами діагностики проводилися на автомобільних дорогах загального користування. Експериментальними дослідженнями підтверджено адекватність розробленої моделі та розроблено методику формування та статистичної обробки вибірки даних, що забезпечує задану достовірність за фактичного стандартного відхилення (σ_{TCI}) індексу технічного стану конструкції дорожнього одягу.

Висновки

У роботі вирішені наступні науково-практичні задачі. Розроблено показники і критерії оцінювання стану дорожнього одягу – індекс технічного стану (TCI) і коефіцієнт варіації індексу технічного стану конструкції дорожнього одягу шляхом залучення теоретико-імовірнісного підходу та методів статистичної обробки результатів інструментальних вимірювань, що дозволило:

- врахувати варіацію параметрів шарів дорожнього одягу, неоднорідність

показників напружено-деформованого стану;

– оцінити надійність конструкції дорожнього одягу, яка ґрунтується на встановленому зв'язку між коефіцієнтом надійності та індексом технічного стану конструкції дорожнього одягу.

Застосування теорії ризику до задачі оцінювання стану дорожнього одягу дозволило встановити граничні значення індексу технічного стану конструкції дорожнього одягу, за яких імовірність відмови дорожнього одягу відповідає заданому ризику руйнування.

Визначено граничні значення коефіцієнту варіації ($CV_{гр}$) та індексу технічного стану конструкції дорожнього одягу ($TCI_{гр}$) для автомобільних доріг різних категорій, що спираються на положення теорії надійності, теорії ризику та вимоги нормативних документів та дозволяють оцінити стан нежорсткого дорожнього одягу за результатами діагностики і визначити надійність за заданим або встановленим за результатами діагностики коефіцієнтом варіації та індексом технічного стану.

Отримані результати удосконалюють методи оцінювання стану нежорсткого дорожнього одягу на етапі інженерних передпроектних вишукувань, що дозволяє вирішувати задачі розроблення проєктів капітального ремонту дорожнього одягу, призначення ремонтних робіт, раціонального планування та розподілу фінансових і матеріальних ресурсів.

Література

1. Vyrozhemskyi V., Voloshyna I., Aliyev K., Shumchyk V. Research of Cracks Formation at Transport Facilities of Azerbaijan. *RILEM Bookseries*, 2016. Vol. 13. PP. 145–151.
2. Гамеляк І.П. Основи забезпечення надійності конструкцій дорожнього одягу: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.11. Київ, 2005. 438 с.
3. Luo Xue, Wang Hang, Cao Shunqin, Ling Jian, Yang Siyuan and Zhang Yuqing A hybrid approach for fatigue life prediction of in-service asphalt pavement. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 2023. Vol. 381. Issue 2254 <http://doi.org/10.1098/rsta.2022.0174>.
4. Sun J., Bieliatynskyi A., Krayushkina K., Akmalidina O. Research progress of steel slag asphalt concrete. *3S Web of Conferences*, 2020. Vol. 175, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017511014>.
5. Dmitry O. Batrakov, Angelika G. Batrakova, Sergey N. Urdzik Nondestructive Diagnostics and Detection of the Subsurface Cracks in the Non-Rigid Pavements with GPR. *Diagnostyka*, 2021. Vol. 22(2). P. 85–95.
6. Abhishek Mittal Reliability analysis of asphalt pavements: concepts and applications. *Safety and Reliability Modeling and its Applications. Advances in Reliability Science*, 2021. P. 1-15. DOI:[10.1016/B978-0-12-823323-8.00009-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823323-8.00009-X).
7. Maji, A., Singh, D. & Chawla, H. Developing probabilistic approach for asphaltic overlay design by considering variability of input parameters. *Innov. Infrastruct. Solut.* 2016. Vol. 1, article number 43. <https://doi.org/10.1007/s41062-016-0046-3>.

СТАН РОЗВИТКУ РОЗВІДНИХ МОСТІВ У СВІТІ: ОГЛЯД

Бугаєвський Сергій Олександрович, докт. техн. наук, професор, декан дорожньо-будівельного факультету, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

e-mail: bugaevskiysa@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2861-0268

Ненастіна Тетяна Олександрівна, докт. техн. наук, проф., завідувач кафедри хімії та хімічної технології, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,

e-mail: nenastina@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6108-4023

Задорожний Андрій Олексійович, канд. техн. наук, доцент, Військовий інститут танкових військ Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»,

e-mail: zsnj1971@ukr.net, ORCID: 0000-0002-1031-0585

Бугаєвська Юлія Володимирівна, канд. пед. наук, доцент кафедри українознавства, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: bugaevskaylia@ukr.net, ORCID: 0000-0001-9982-8526

Міст через водні шляхи сполучення з високогабаритними суднами може бути споруджений у звичайному рівні, але з розвідною прогоною будовою [1-5]. Для пропуску суден вона має підніматися чи повертатися. На цей період потрібно закривати рух мостом, що призводить до деякого зниження пропускної здатності. Якщо по одному зі шляхів рух помірний, то розвідний міст не помітно впливає на пропускну здатність шляху з інтенсивним рухом.

Розвідні мости є не тільки спорудою, призначеною для пропуску навантаження, але й механізмом, у якому рухаються великі маси конструкцій. Ці особливості викликають ускладнення та збільшення вартості конструкції розвідного мосту. Значна економія коштів при будівництві зниженого мосту з розвідним прогоном призводить до більш складної та дорожчої експлуатації споруди, яка здебільшого виявляється виправданою.

1. Системи розвідних мостів. З великої кількості різновидів систем розвідних мостів найбільш поширені такі:

1.1 *Вертикально-підйомні мости (vertical lifting bridge).*

1.2. *Поворотні мости (swing bridge).*

1.3. *Мости, що розкриваються (bascule bridge).*

1.4. *Особливі типи розвідних мостів.*

1.4.1. *Висувні мости (retractable bridge) з переміщенням прогону в горизонтальному напрямку.*

1.4.2. *Мости з підйомною проїзною частиною.*

1.4.3. *Складаний міст (curling bridge).*

1.4.4. *Розкладний міст (folding bridge).*

1.4.5. *Перекидний міст (tilt bridge).*

1.4.6. *Плавучий розвідний міст.*

2. Дивовижні розвідні мости у всьому світі. Оскільки міста та населення продовжують зростати, використання мостів не тільки покращує доступність та інфраструктуру для всіх видів транспорту, але й досліджує різноманітні художні підходи, які сприяють пошуку точок дотику між незнайомцями. Нижче ми перераховуємо дивовижні розвідні мости у всьому світі (Табл. 1).

Таблиця 1 – Деякі дивовижні розвідні мости у всьому світі

№	Країна	Місце знаходження	Рік побудови	Довжина, м	
				всього мосту	розвідного прогону
1	El Ferdan Swing Bridge, Єгипет	західна судноплавна смуга Суецького каналу недалеко від м. Ісмаїлії	2001	640,0	340,0
2	Erasmus Bridge, Нідерланди	річка Ньїве-Маас у центрі м. Роттердам	1996	802,0	89,0
3	Woman's Bridge, Аргентина	канал Док 3 у м. Буенос-Айрес	2001	170,0	112,5
4	The Fan Bridge, Великобританія	канал Гранд Юніон, м. Лондон	2014	20,0	20,0
5	Scale Lane Footbridge, Великобританія	річка Халл, м. Кінгстон-апон-Халл	2013	53,0	35,0
6	Arthur Kill Vertical Lift Bridge, США	протока Артур Кілл, штат Нью-Йорк	1959	-	170,0
7	Foryd Harbour Bridge, Уельс	гавань Форід, м. Ріп	2013	68,0	2,0 – 32,0
8	Slauerhoff Bridge, Нідерланди	м. Леуварден, провінція Фрісландія	2000	15,0	15,0

Міст Еразма Роттердамського (Erasmus Bridge) – вантовий міст через річку Ньїве-Маас у центрі м. Роттердам (Нідерланди), перший з боку Північного моря (рис. 1, а). Через свою незвичну конструкцію та пізнаваним контурам швидко став одним із символів міста й дістав красномовну народну назву «Лебідь-міст».

Міст Жінки (Woman's Bridge) – пішохідний розвідний міст, споруджений за проектом іспанського архітектора Сантьяго Калатрави через канал Док 3 у м. Буенос-Айрес (Аргентина). Ця єдина споруда Калатрави в Південній Америці перетинає Док 3 і з'єднує невеликі вулиці у міському районі Пуерто-Мадеро (рис. 1, б).

Фан-бридж (The Fan Bridge) – пішохідний розвідний міст через канал у Паддінгтоні, м. Лондон, Великобританія (рис. 1, в). Він складається з п'яти розташованих поруч секцій різної довжини зі зміщеними шарнірами розміщення різної довжини. При відкритті сегменти піднімаються під різними кутами піднесення. Візуальний ефект при відкритті можна порівняти з ефектом японського віяла.

Scale Lane Footbridge – пішохідний розвідний міст у формі апострофа в м. Кінгстон-апон-Халл, Великобританія (рис. 1, г). Міст має механізм, що обертається, що дозволяє йому відкриватися горизонтально, пропускаючи судна по річці Халл.

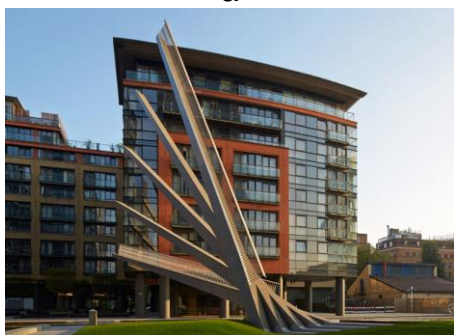
3. Розвідні мости в Україні. Інгульський міст – розвідний міст через річку Інгул у м. Миколаїв (Україна), призначений для пропуску суден з Миколаївського суднобудівного заводу. Амурський міст або Старий міст – розвідний двоярусний міст (автомобільний та залізничний) через річку Дніпро у м. Дніпро (Україна), поєднує райони міста. Південнобузький міст – розвідний міст через річку Південний Буг, побудований на так званій Варварівській мілині. Поєднує Варварівку і решту м. Миколаїв. Крюківський міст – розвідний двоярусний міст (автомобільний та залізничний) через річку Дніпро у м. Кременчук (Україна), який сполучає правобережну частину міста, Крюків, з лівобережною.



а



б



в



г

Рисунок 1 - Erasmus Bridge, Нідерланди (а); Woman's Bridge, Аргентина (б); The Fan Bridge, Великобританія (в); Scale Lane Footbridge, Великобританія (г)

Основна вимога експлуатації розвідних мостів – безвідмовність роботи розвідного прогону, якій задовольняють: системи прогонової будови, що чітко і без порушення регулювання працюють під навантаженням; прогонові будови, що володіють можливо більшою жорсткістю; системи розвідної частини, що не потребують додаткових операцій для приведення в рух прогонової будови; механічне та електричне обладнання, що комплектується з типових, нормалізованих деталей тощо. Крім того, необхідна бездоганна організація експлуатації розвідного прогону, нагляду та догляду за обладнанням.

Висновки

Загальну технічну політику у сфері застосування розвідних мостів характеризують такі напрями [5]:

1. Подальше вдосконалення систем розвідних прогонових будов.
2. Полегшення ваги прогонових будов за рахунок застосування зварювання, низьколегованих сталей та алюмінієвих сплавів, а також ортотропної плити проїзної частини.
3. Застосування уніфікованих конструкцій та вузлів механічного та електричного обладнання.
4. Застосування гідравлічного обладнання з використанням типових насосних установок замість механічного обладнання.
5. Скорочення термінів, зниження вартості будівництва, покращення експлуатаційних характеристик мостів шляхом застосування раціональних систем прогонових будов та, зокрема, гідромеханічного обладнання, а також прогресивних методів будівництва.

Література

1. Manual. PART 1 – INTRODUCTION. 2016 by the American Association of State Highway and Transportation Officials.
<https://downloads.transportation.org/SCOH-16-07%20Movable%20Bridge/CH01.pdf>.
2. Pont Gustave Flaubert. https://de.wikipedia.org/wiki/Pont_Gustave_Flaubert.
3. Rochefort-Martrou Transporter Bridge.
https://en.wikipedia.org/wiki/Rochefort-Martrou_Transporter_Bridge.
4. Tees Transporter Bridge.
https://en.wikipedia.org/wiki/Tees_Transporter_Bridge.
5. Flying Bridges. A Short History of Transporter Bridges. An eBook by Cyril J Wood.
<http://www.canalscape.net/Diarama%20Website/Flying%20Bridges/Transporter%20Bridge%20Files/Transporter%20Bridges.htm>.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗСУВОСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ НА ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ ПЛИТАХ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Дорошко Євген Вікторович, канд. техн. наук, доцент кафедра ПДГЗ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: evgeniy.dorozhko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2894-2131

Батракова Анжеліка Геннадіївна, докт. техн. наук, професор кафедра ПДГЗ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: agbatr@ukr.net ORCID: 0000-0002-4067-4371

Захарова Еліна Володимирівна, асистент кафедра ПДГЗ, Харківський
національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: linazaharova21@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8811-451X

Шелкова Ірина Сергіївна, асистент кафедра ПДГЗ, Харківський національний
автомобільно-дорожній університет,
e-mail: irinagunko98@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2562-2175,

Кулівар Вячеслав Вячеславович, доктор філософії, доцент кафедри
будівництва, геотехніки і геомеханіки, Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»,
e-mail: kulivar.v.v@ntmu.one, ORCID: 0000-0002-7817-9878

У практиці дорожнього будівництва України та інших країн досить часто використовують конструкції дорожнього одягу, що складається з асфальтобетонного покриття, влаштованого на основі з цементобетонних плит, оскільки асфальтобетонний шар підвищує рівність покриття та покращується зчеплення колеса з покриттям порівняно з поверхнею цементобетонної плити [1, 2]. Якість покриття дорожнього одягу впливає на рівень шуму, обсяги викидів вихлопних газів автомобілів, швидкість та вартість перевезень. Отже, забезпечення міцності покриття дорожнього одягу є одним із важливих завдань, що дозволяють покращити екологічний стан придорожнього простору та знизити вартість перевезень [3]. Одним із важливих завдань у проблемі забезпечення міцності асфальтобетонного покриття на цементобетонних плитах є забезпечення стійкості до зсуву асфальтобетонного покриття [4]. Проведені дослідження виконано з метою забезпечення зсувостійкості асфальтобетонного покриття на цементобетонних плитах, що дозволить підвищити термін служби дорожнього одягу, зменшити витрати на передчасні ремонтні роботи та знизити екологічне забруднення придорожнього простору.

Від дії зовнішнього навантаження асфальтобетонне покриття знаходиться у складному напружено-деформованому стані. Це пояснюється тим, що на покриття діє вертикальне навантаження та горизонтальна сила [1, 5]. Горизонтальне навантаження виникає внаслідок тягового зусилля на колесах (при прискоренні) чи гальмівної сили (при гальмуванні).

Для визначення напружено-деформованого стану асфальтобетонного шару на цементобетонній плиті від дії транспортного навантаження проведено моделювання методом скінчених елементів аналогічно до опису в роботах [1, 2, 6].

Статичне розрахункове навантаження групи А₂ згідно з ДБН В.2.3-4 [7] прикладається через круглий штамп, діаметр якого дорівнює відбитку сліду колеса автомобіля. Величина вертикального навантаження дорівнює 0,8 МПа, горизонтальна сила приймається 5 кН (імітуючи рівномірний рух на перегоні), 15 кН (імітуючи рух на кривих у плані та поздовжньому профілі) та 45 кН (імітуючи рух при екстремому гальмуванні).

Висновки

В результаті моделювання та розрахунку обґрунтовано мінімально допустимі товщини асфальтобетонного покриття на цементобетонних плитах з умови забезпечення зсувостійкості покриття від дії транспортного навантаження для різних умов руху, а саме:

- руху на перегоні;
- руху по кривій у плані та поздовжньому профілі;
- руху при екстремому гальмуванні.

Встановлено, що на ділянках з регулярним екстремим гальмуванням необхідно забезпечити товщину асфальтобетонного шару не менше 8 см. Для умов руху на перегоні та кривих у плані та поздовжньому профілі можливе використання асфальтобетонного покриття товщиною до 5 см.

Література

1. Dorozhko, Y., Batrakova, A., Tymoshevskiy, V., Zakharova, E. Ensuring Adhesion Between The Asphalt-concrete Road Surface And Rigid Base At The Roadbed Design Stage. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 3. 84–92 (2021).
2. Dorozhko, Y., Arsenieva, N., Sarkisian, H., Synovets, O. Determining the most dangerous loading application point for asphalt-concrete layers on a rigid base. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (7-99). 36–43. (2019).
3. Musiienko I. The Implementation of Highways Tracing Physical Model – «flexible Bracelet». Procedia Engineering, 134, 365–370. (2016).
4. Onischenko, A., Aksenov, S., Nevynhlovskyy, V. Numerical Simulation of Stress-Strain State of Asphalt Concrete Pavement on the Carriageway of the South Bridge in Kiev. Procedia Engineering, 134, 322–329. (2016).
5. Kushnir O.V., Hamelak I.P., Raikovsky V.F. Design of a design of road clothes for transportation of heavy and large-sized freights by roads of Ukrain. Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, VIII(30), 244, 53–62. (2020).
6. Salii I., Kiyashko V., Kosarchuk V., Aharkov O., Kovalchuk V., Chausov M. Modern methods of analysis of stress-strain state of road pavement. Ecological Sciences. 33. 51–56. (2020).

7. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. [Чинний від 2016–04–01]. Київ, 2015. 109 с. (Національний стандарт України).

УДК 528:71:332

КЛАСИФІКАЦІЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ

Захарова Еліна Володимирівна, асистент кафедри ПДГЗ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: linazaharova21@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8811-451X

Геодезичний прилад – прилад, призначений для використання в геодезії. Геодезичні прилади можна класифікувати за різними ознаками: призначенням, точності, конструктивними особливостями, ступенями автоматизації будь-якої окремої операції або комплексу операцій, характеру видаваної інформації, в залежності від використовуваного носія інформації і т. п. Класифікація геодезичних приладів може бути загальною і приватною. Що покласти в основу класифікації, буде залежати від поставленого завдання.

Для загальної класифікації геодезичних приладів рекомендуються такі співвідпорядковані ознаки [1-3]:

- цільове призначення технічних засобів;
- функціональне призначення;
- фізичний принцип, покладений в основу дії групи приладів.

Для приватних класифікацій, що поширюються на кожен окремий вид приладу, характерними ознаками можна вважати:

- конструктивні особливості;
- метрологічні властивості (точність, діапазон вимірювань і т.д.);
- специфічні властивості всередині виду та інші.

З усіх основних типів геодезичних приладів, які випускаються у теперішній час провідними світовими брендами є Trimble Navigation, Leica, JAVAD, Spectra Precision, Nikon, Pentax.

Існуючі сучасні геодезичні прилади поділяються за:

- функціональним призначенням;
- точністю: високоточні, точні (середньої точності) і технічні;
- фізичною природою носіїв інформації: механічні, оптико-механічні, електронні, оптико-електронні та радіотехнічні;
- умов експлуатації: лабораторні (стаціонарні) і польові (пересувні).

Геодезичні прилади конкретних типів допускається класифікувати за типом відлікових пристроїв, конструкції осьових систем, виду зорових труб, наявності компенсатора кутів та іншими ознаками, які визначають конструктивні особливості.

Загальна класифікація геодезичних приладів наведена у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальна класифікація геодезичних приладів

Геодезичні прилади	для визначення положення точок у горизонтальній площині		для кутових вимірів	теодоліти, буссолі, транспортири
			для лінійних вимірів	рулетки, дальноміри
	для визначення положення точок у вертикальній площині		з горизонтальним промінем візування	нівеліри
			з похилим промінем візування	тахеометри
			фізичні	цифрові нівеліри, електронні тахеометри
			механічні	оптичні нівеліри, оптичні теодоліти
	для визначення положення точок у просторі	зі змінним параллактичним кутом	у полярній системі координат	електронні тахеометри, глобальні навігаційні системи, наземні лазерні сканери
		з калькулятором або міні-EOM	у прямокутній системі координат	координатні тахеометри, інерційні системи, стереокомпозитори
	для камеральних робіт			координатографи, масштабні лінійки, планіметри, транспортири
	спеціального призначення			адаптери трегера
	комплектуючі приналежності і пристосування			центрири, візирні марки, віхи для встановлення відбивача

Геодезичні прилади для визначення положення точок в горизонтальній площині в свою чергу поділяються на кутові та лінійні виміри.

В геодезичних польових роботах часто доводиться вимірювати відстань по земній поверхні, а так само горизонтальні кути (кутові виміри). До геодезичних приладів для кутових вимірів відносяться: теодоліти, буссолі, транспортири, екліметри, екери та ін.

При вимірюванні відстаней (лінійні виміри) застосовують безпосередній або непрямий методи вимірювань. Відповідно до застосованих методів всі прилади для вимірювання відстаней можна розділити на три групи [3, 4]:

1. Механічні мірні прилади – вимірювання виконують послідовним укладенням мірного приладу зазвичай довші траверса (створу) вимірюваної відстані. Представниками цієї групи є: мірні стрічки, рулетки, дальноміри, інварні і сталеві дроти, дорожні колеса.

2. Геометричні дальноміри – довжину лінії отримують з вирішення параллактичного трикутника. Представниками цієї групи є: оптичні дальноміри з постійним параллактичним кутом (нитяний дальномір) і оптичні дальноміри з постійною базою (дальномір подвійного зображення).

Геометричні дальноміри, що використовують для визначення відстаней, мають узагальнену назву – оптичні дальноміри. Конструктивно оптичні дальноміри виготовляються в двох виконаннях: в вигляді самостійного приладу або у вигляді насадки на зорову трубу.

Одну з величин приймають постійною, іншу вимірюють. Залежно від цього оптичні дальноміри бувають:

- з постійним параллактичним кутом і зі змінною базою у вигляді вертикальної рейки, яка встановлюється поза приладом (або нитяний дальномір): ADA SHOOTER 400, Nikon Laser 1200 S, Carl Zeiss 10x56 PRF Victory

- з постійною базою зі змінним параллактичним кутом (або дальноміри подвійного зображення).

В даний час з оптичних дальномірів в основному використовується нитяний дальномір.

Нитяний дальномір – оптичний дальномір з постійним кутом, утворений променями, що проходять через два віддалемірних штриха сітки ниток і вузлову точку об'єктива зорової труби. Точність вимірювання відстаней нитяним дальноміром відносно невелика і складає близько 1:300 до 1:500 вимірюваної відстані. Однак для багатьох практичних завдань інженерної геодезії (перш за все для виконання теодолітних і топографічних зйомок) цієї точності виявляється досить.

3. Електромагнітні (фізичні) дальноміри – принципи дії дальномірів засновані на вимірі часу проходження електромагнітних хвиль. Представниками цієї групи є: світлодальноміри, радіодальноміри і лазерні дальноміри (лазерні рулетки) [4].

Електромагнітні (фізичні) дальноміри розрізняють за принципом дії:

- імпульсний дальномір – електромагнітний дальномір, який використовує імпульси випромінювання;

- фазовий дальномір – електромагнітний дальномір, в якому для визначення часу проходження хвиль вимірюють різниці фаз безперервного випромінювання;

- частотний дальномір – електромагнітний дальномір, який використовує зміни частоти випромінюваних коливань.

До електромагнітних дальномірів відносяться:

- світлодальномір – електромагнітний дальномір, який використовує електромагнітні хвилі світлового діапазону. По області застосування світлодальноміри бувають:

- СГ – світлодальномір геодезичний для вимірювання довжин ліній в державних геодезичних мережах, дальність дії до 50 км, точність 6-110 мм. Марки СГ-50 (10, 20, 50 км), СГ-20, СГ-10.

- СТ – світлодальномір топографічний, застосовують для вимірювань в геодезичних мережах згущення і для виконання топографічних зйомок, дальність дії до 15 км, точність 5-80 мм. Випускаються СТ-15, СТ-10, СТ-5.

– СП – світлодальномір, застосовують для вимірювань довжин ліній при вирішенні задач прикладної геодезії і маркшейдерії, дальність дії до 3 км, точність 0,3-11 мм.

Радіодальномір – електромагнітний дальномір, який використовує електромагнітні хвилі радіодіапазону. Приклади радіодальномірів:

– «Луч» – дальність дії 50 км, точність вимірювань ± 15 см, маса 21 кг, 60 Вт, 12В.

– «Хвиля» – дальність дії 15км, точність вимірювань ± 3 см, маса 10 кг, 10Вт, 12В.

– «Трап» – дальність дії 15 км, точність вимірювань ± 3 см, маса <10 кг, 10Вт, 12В.

Лазерний дальномір – прилад для вимірювання відстаней із застосуванням лазерного променя, призначені для вимірювання відстаней до 200 метрів, з точністю до 1,0 мм.

Їх також часто називають лазерними рулетками, так як вони відмінно замінюють класичні рулетки, при цьому роблячи роботу по вимірюванню відстаней швидкою і безпечною. Особливо зручно використовувати лазерні дальноміри для проведення вимірювань у важкодоступних місцях, а завдяки високій точності, вони є найбільш затребуваним засобом вимірювання відстаней в інженерній геодезії, при топографічній зйомці, у військовій справі, в навігації, в астрономічних дослідженнях, у фотографії. Приклади лазерних дальномірів: Leica Disto A5, ADA ROBOT 60, Geo-Fennel EcoDist Plus і т.д.

Висновки

У роботі розглянуто загальну класифікацію геодезичних приладів.

Література

1. В. Ващенко Геодезичні прилади та приладдя: Навч. посіб. В. Ващенко, В. Літинський, С. Перій; Нац. ун-т "Львів. політехніка". Львів: Євросвіт, 2003. 160 с.

2. Я. М. Костецька Геодезичні прилади: Підруч. для студ. геодез. спец. вузів. Ч. 2. Електронні геодезичні прилади. Я. М. Костецька; Ін-т змісту і методів навчання. Львів, 2000. 324 с.

3. І. С. Тревий Геодезичні прилади: Навч. посібник. О. І. Мороз, І.С. Тревого, Т.Г. Шевченко. Львів: Нац. ун-т "Львівська політехніка", 2005. 264 с.

4. І.С. Тревого, Т.Г. Шевченко, О.І. Мороз. Геодезичні прилади: Практикум. Львів: Нац. ун-т "Львівська політехніка", 2007. 196 с.

ШЛЯХИ ВІДНОВЛЕННЯ ЧОРНО-ЩЕБЕНЕВИХ ПОКРИТТІВ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЇХ ДОВГОВІЧНОСТІ

Масалітін Євген Олександрович, аспірант,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: zhenia.masalitin@gmail.com

Актуальність та значимість теми роботи обумовлена необхідністю вирішення важливої практичної задачі для відновлення інфраструктури України.

Метою дослідження є відновлення дорожнього покриття за рахунок використання матеріалів вторинної переробки (чорно-щебенеve покриття), збільшення міжремонтних строків та підвищення довговічності таких покриттів а також встановлення обґрунтованих технологічних параметрів виготовлення суміші та її влаштування. Обґрунтованість доцільності відновлення чорно-щебенеvих покриттів це відновлення важливих логістичних маршрутів із забезпеченням всіх якісних показників таких покриттів одночасно зі зниженням собівартості відновлювальних робіт, а також розгалуженість мережі доріг з чорно-щебенеvим покриттям на прикладі Сумської області (рис.1).



Рисунок 1 – Мережа автомобільних доріг

Об'єктом дослідження є експериментальна ділянка автомобільної дороги загального користування державного значення Т-19-06 КПП «Рижівка-Білопілья-Жовтневе-Лебедин-Лантратівка км 17+896 – км 18+196 (рис. 2).



Рисунок 2 – Експериментальна ділянка автомобільної дороги

Предметом дослідження є оптимізація підбору, складу та випробування зразків отриманого експериментального матеріалу.

В ході роботи було підібрано експериментальним шляхом склад суміші яка за показниками зернового складу повинна відповідати ДСТУ 8976 «Матеріали дорожні виготовлені за технологією холодного ресайклінгу. ТУ» (рис. 3).

Підбір та випробування зразків матеріалу

Склад суміші

1. Відфрезерований матеріал – 60%
2. Щебінь – ф. 5-10 – 20%
3. Гранівідсів – 20 %
4. Портландцемент М400 – 5%
5. Бітумна емульсія ЕКП-60 – 3%
6. Вода – 2%



Випробувальна лабораторія ТОВ «АВТОМАГІСТРАЛЬ-ПІВДЕНЬ»
65058, Україна, м. Олександрія, вул. Романа Кармена, 21
Діагностика та визначення вимірних властивостей ТОВ СУЧАСНІ ДОРОЖНІ МАТЕРІАЛИ
№ 06-048/2020 від 24.07.2020 р.
Протокол лабораторних випробувань згідно з договором № 08082022-01 від 08.08.2022 р.

ПРОТОКОЛ № 106/10/23

Назва матеріалу: СКР,КВ,Д,М60-ДСТУ 8976
Місце відбору (виробник): Аварійний ремонт автомобільної дороги Т-19-06 «Рижівка – Білопільля – Миколайка – Лебелів – Лантратівка км 17+896 – км 18+196

Умови проведення випробувань: t = 20 °C; W = 78 %
Результати випробувань:

6.1. Зерновий склад										
Розмір сит, мм	70	40	20	10	5	2,5	0,63	0,315	0,14	0,071
Вимоги ДСТУ 8976	0	0	0-10	20-40	35-65	50-80	60-85	75-95	80-97	85-100
Вміст за масою										

Зерновий склад:

Розмір сит, мм	70	40	20	10	5	2,5	0,63	0,315	0,14	0,071
Вимоги ДСТУ 8976	0	0	0-10	20-40	35-65	50-80	60-85	75-95	80-97	85-100
Вміст за масою мінеральних зерен, %	-	0	6,2	31,4	55,3	73,2	76,8	90,6	92,5	95,2

Висновок: Дана проба матеріалу за показником зерновий склад та за основними фізико-механічними властивостями *відповідає вимогам* ДСТУ 8976 «Матеріали дорожні виготовлені за технологією холодного ресайклінгу. ТУ»

Рисунок 3 – Склад суміші

В роботі наведено порівняння конструкції дорожнього одягу до та після проведення відновлювальних робіт, опрацьовано технологію та послідовність виконання робіт.

Виконаним економічним розрахунком визначено порівняльну собівартість влаштування покриття запропонованим варіантом у співвідношенні до класичних асфальтобетонних сумішей (рис. 4).

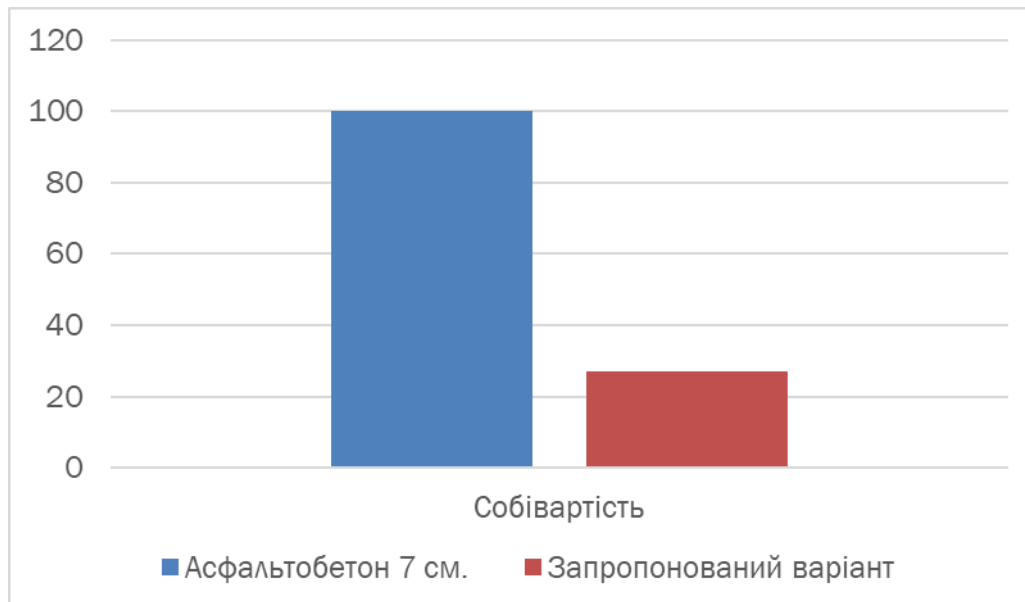


Рисунок 4 – Собівартість влаштування покриття

В ході роботи проведені лабораторні випробування зразків отриманих матеріалів (табл.1).

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості

№ з/п	Назва показників	Од. вим.	Показники якості		Випробувано за методикою ДСТУ 8977
			Норми згідно ДСТУ 8976	За результатами випробувань	
1	Середня густина	г/см ³	не нормується	2,27	–“– п.7.1
2.	Водонасичення, % за об'ємом, не більше	%	6,5	2,2	–“– п.7.2
3.	Границя міцності при стисканні, за температури: + 20 °С, + 50 °С, не менше ніж	МПа	6,0-7,5 2,0	7,3 2,5	–“– п.7.4

В ході випробувань, було підтверджено відповідність отриманого матеріалу до ДСТУ 8976 «Матеріали дорожні виготовлені за технологією холодного ресайклінгу. ТУ» [8].

В процесі догляду за експериментальною ділянкою, виявлено недоліки у вигляді викрашування влаштованого шару покриття, зазначений недолік

потребує детального аналізу та відпрацюванні заходів які унеможливають появу сегрегації у подальшому.

В подальшій роботі планується розроблення комплексу вимог до складу, структури та властивостей відновлених чорно-щебених покриттів, що забезпечить довговічність відновлених покриттів в сукупності з мінімізацію витрат на матеріальні ресурси.

Серед наступних пріоритетних напрямків роботи визначено:

- раціональний підбір компонентів суміші
- додаткове дослідження варіацій суміші на показники границі міцності водостійкості та коефіцієнта морозостійкості.
- розгляд акрилової емульсії Soil Stabilization Plus, як складової комплексного в'язучого.
- опрацювання недоліків по захисному шару.
- дослідження коефіцієнта зчеплення захисного шару
- дослідження модуля пружності

Висновки

Досліджено можливість відновлення дорожнього покриття з використанням чорно-щебених матеріалів (матеріалів вторинної переробки), отриманих за технологією холодного ресайклінгу. Проведені випробування підтвердили відповідність отриманого матеріалу чинним стандартам (ДСТУ 8976). Однак, під час експлуатації експериментальної ділянки дороги виявлено недоліки, зокрема викрашування шару покриття, що потребує додаткового аналізу.

Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку вимог до складу матеріалів та вивчення можливостей покращення міцності, водостійкості та морозостійкості покриттів, а також на впровадження акрилової емульсії для стабілізації ґрунту.

Література

1. ДСТУ 4044:2019 Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови.
2. ДСТУ 9117:2021 Бітум та бітумні в'язучі. Настанова щодо виробництва та застосування дорожніх бітумів, модифікованих полімерами.
3. ДСТУ Б В.2.7-129:2013 Емульсії бітумні дорожні. Технічні умови.
4. ДСТУ 9134:2021 Бітум та бітумні в'язучі. Настанова щодо виробництва та застосування дорожніх бітумів, модифікованих комплексами добавок.
5. СОУ 42.1-37641918-124:2014 Щебінь чорний для дорожніх робіт. Технічні умови.
6. ДСТУ-Н Б В.2.3-38:2016 Настанова з влаштування захисних шарів зносу покриття дорожнього одягу автомобільних доріг

7. ДСТУ 9178:2022 Настанова з улаштування шарів дорожнього одягу з щибених, гравійних та укріплених матеріалів.
8. ДСТУ 8976:2020 Матеріали дорожні, виготовлені за технологією холодного ресайклінгу. Технічні умови.

УДК 625.852: 666.972.53

ВПЛИВ МОРОЗНО-СОЛЬОВОЇ ДЕСТРУКЦІЇ НА МОРОЗОСТІЙКІСТЬ ДОРОЖНІХ БЕТОНІВ

Толмачов Сергій Миколайович, докт. техн. наук, професор кафедри ТДБМ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: tolmachov.serg@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1011-3861

Ільїн Ярослав Вікторович, канд. техн. наук, доцент кафедри ТДБМ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: yailin12011993@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2998-3955

Маляр Володимир Володимирович, канд. техн. наук, професор кафедри ТДБМ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: vladimirmalyar16@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5230-5947

На сьогоднішній день підвищення довговічності та терміну служби покриттів автомобільних доріг є важливим завданням. Це особливо актуально у зв'язку з реалізацією програм так званих «розумних» доріг [1]. Основними показниками довговічності асфальтових і цементних бетонів, що застосовуються у покриттях автомобільних доріг, є морозостійкість та стійкість до одночасного циклічного впливу заморожування-відтавання і хлористих солей.

Об'єктом дослідження є асфальтові і цементні дорожні бетони, що піддаються впливу морозно-сольової деградації.

Предметом дослідження виступає вплив циклічного заморожування-відтавання і хлористих солей на міцнісні характеристики асфальтових і цементних бетонів.

Метою цього дослідження є оцінка впливу заморожування-відтавання на міцнісні властивості бетону та встановлення механізму морозно-сольової деградації, що є спільним для асфальтових і цементних дорожніх бетонів.

Випробування на морозно-сольову стійкість асфальтових і цементних бетонів проводили за однаковою методикою, описаною в ДСТУ [2]. Дослідження впливу циклічного заморожування-відтавання на міцнісні властивості асфальтобетону показали, що міцнісні характеристики асфальтобетону після 50 циклів (стандартна кількість) заморожування-відтавання суттєво змінюються (табл. 1).

Установлено, що циклічне заморожування-відтавання призводить до різкого зниження міцності асфальтобетону при вигині. Міцність зменшується на 35...54 % порівняно з міцністю зразків до початку випробувань. Оскільки

міцність при згині передусім залежить від якості адгезійних контактів, то найбільш ймовірно, що основні руйнування (утворення тріщин) починаються саме в зоні контакту бітуму та мінерального в'язучого. Це побічно підтверджують результати зміни часу життєвого циклу. Цей час зменшується ще більше – на 58...78 %.

Таблиця 1. Вплив заморожування-відтавання на міцність асфальтобетонів на різних бітумах

Показник			
	БНД 70/100	БНД 100/150	БНД 70/100 + ПАР
Міцність при згині, МПа до випробувань	3,14	1,80	3,65
Міцність при згині, МПа після випробувань	2,05	0,82	1,99
К_{мрз} по міцності при вигині	0,65	0,46	0,54
Час життєвого циклу до випробувань, с	15303	12243	17808
Час життєвого циклу після випробувань, с	6443	2725	9517
К_{мрз} по часу життєвого циклу	0,42	0,22	0,53
Міцність при стиску, МПа до випробувань	5,15	-	-
Міцність при стиску, МПа після випробувань	3,85	-	-
К_{мрз} по міцності при стисненні	0,75	-	-

Фактично структура зразків асфальтобетону після 50 циклів випробувань повністю руйнується. Випробування міцності при стисненні, можливо, не такі точні, оскільки крім в'язучого у випробуванні бере участь каркас макроструктурних компонентів. За рахунок цього асфальтобетон може здаватися міцнішим. Так, при випробуванні морозостійкості за міцністю при стисненні коефіцієнт морозостійкості становить 0,75, тоді як коефіцієнт за міцністю при вигині становить 0,65.

Ці дослідження дозволили встановити несподіваний факт. Незважаючи на те, що температура крихкості менш в'язкого бітуму нижча, ніж температура крихкості більш в'язких бітумів, міцність і час життєвого циклу асфальтобетону на більш в'язкому бітумі значно вищі, ніж на менш в'язкому бітумі. Можливо, це пояснюється більшою міцністю адгезійних контактів на в'язкому бітумі, а також більшою щільністю асфальтового в'язучого та асфальтового розчину.

Поверхнево-активні речовини (ПАР) позитивно впливають на адгезію бітуму. Вони адсорбуються на поверхні розділу «кам'яний матеріал-бітум» і не впливають на об'ємні властивості бітуму. Дослідження, проведені під керівництвом В.О. Золотарьова [3], показали, що застосування ПАР знижує температуру крихкості бітуму на кілька градусів, що позитивно впливає на морозостійкість асфальтобетону. Вода проникає в зону контакту меншою мірою і менше відшаровує бітумну плівку від поверхні кам'яного матеріалу.

Дослідження міцності асфальтобетону з ПАР показали, що після 50 циклів заморожування-відтавання вона знижується на 46 %, тоді як в асфальтобетонів без ПАР – на 35 % (табл. 1). Попри деяке зниження абсолютної міцності ПАР сприяє значному підвищенню часу життєвого циклу

асфальтобетонів. Він збільшується на 48 % порівняно з асфальтобетонами без ПАР. Це підтверджує високу ефективність застосування ПАР для підвищення морозостійкості асфальтобетонів.

Випробування цементного бетону, які проводили в двох різних середовищах, підтвердили особливості одночасного впливу морозу і солей на міцність порівняно з впливом тільки морозу.

При насиченні зразків бетону водою і подальшому заморожуванні-відтаванні відбувається поступове зниження міцності бетону з часом. Це обумовлено утворенням у структурі цементобетону тріщин через тиск льоду і води та подальший їх розвиток. Утворення і ріст тріщин підтверджує оптична мікроскопія. Очевидно, що після 300 циклів випробувань утворення і ріст тріщин свідчить про деструкцію бетону, що відображається на його міцності.

Отримані дані суперечать результатам [4], оскільки міцність бетону за таких випробувань помітно знижується від самого початку.

Однак, при насиченні цементобетону в середовищі хлориду натрію і подальшому циклічному заморожуванні-відтаванні міцність бетону після певної кількості циклів зростає, а потім – різко падає. На нашу думку, це пов'язано з кристалізацією хлористих солей у порах і дефектах бетону.

Знімки оптичної мікроскопії показують зростаючий кристал солі, що поступово заповнює пору мікроструктури бетону. Але вже після 300 циклів випробувань кристал солі заповнює весь об'єм пори і починає тиснути зсередини пори. Про це свідчить поява тріщин на кристалі. Це сприяє руйнуванню бетону і зниженню його міцності.

Описані явища узгоджуються з характером кривих при випробуваннях цементного бетону на заморожування-відтавання при насиченні бетону водою або водним розчином хлориду натрію.

Слід підкреслити ще одну важливу причину морозно-сольової деструкції бетонів, на яку останнім часом не звертають уваги. Це осмотичний тиск сольових розчинів. Цікаво, що це явище можна спостерігати і при негативних, і при позитивних температурах. У першому випадку це обумовлено дифузією водних розчинів солей, які утворюються на поверхні асфальтобетонного або цементобетонного покриття, коли ведеться боротьба з льодом і снігом. При цьому солі проникають ззовні покриття всередину бетонів. При позитивних температурах у період дощів або при поливі покриттів водою відбувається прямий осмос, при якому солі мігрують зсередини бетону на поверхню. Провести розрахунок величини цього тиску можна, використовуючи відому формулу Вант-Гоффа для осмотичного тиску істинних розчинів [5]:

$$P = \frac{c \cdot R \cdot T}{M}, \quad (1)$$

де: M – маса одного моля розчиненої речовини; c – вагова концентрація розчиненої речовини; $R = 8,31$ Дж/(К·моль) або Нм/(К·моль) – універсальна газова стала; T – температура у градусах Кельвіна.

Розрахунки, проведені для розчинів хлориду натрію, що використовуються в зимовий період, показали, що максимальна величина осмотичного тиску при температурі -18°C становила 10,2 МПа, а при температурі $+20^{\circ}\text{C}$ – 13,2 МПа. Якщо врахувати, що максимальна міцність асфальтового бетону при вигині не перевищує 2...3 МПа, а цементного бетону – 6...7 МПа, то осмотичний тиск становить велику небезпеку для дорожніх і аеродромних бетонів.

Висновки

Проведені дослідження показали, що причини руйнування асфальтобетонних і цементобетонних покриттів автомобільних доріг і аеродромів при циклічному впливі заморожування-відтавання і одночасному впливі розчинів неорганічних солей здебільшого однакові. До них належать: безпосередній тиск льоду при його утворенні в порах і дефектах структури бетонів; тиск води на стінки пор при утворенні льоду; внутрішні напруження, що виникають у бетонах на початковому етапі заморожування або відтавання через різницю в коефіцієнтах температурного розширення заповнювачів і в'язучих, і які особливо небезпечні для асфальтобетонів; тиск солей, які кристалізуються в порах і дефектах структури бетонів; осмотичний тиск сольових розчинів, що застосовуються в зимовий період.

Циклічний морозно-сольовий вплив на міцнісні характеристики асфальтових і цементних бетонів неоднозначний і залежить від складу бетонів, особливостей впливу агресивних середовищ і температурно-часових факторів у період самовідновлення бетонів.

Література

1. A. Gnatov, S. Argun, N.Rudenko, Smart road as a complex system of electric power generation 2017 IEEE 1st Ukrain Conference on Eltctrical and Computer Engineering, UKRCON 2017 – Proceedings.
2. ДСТУ Б В.2.7-47-96 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги. Прийнято та надано чинності наказом Держкоммістобудування України від 01.11.96 р. № 189, Чинний з 01.04.1997. К., ДП «УкрНДНЦ», 1997. – 8 с.
3. Обґрунтування і розробка неруйнуючого деформаційного методу оцінки морозостійкості асфальтобетону [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Ільїн Ярослав Вікторович; Харків. нац. ун-т буд-ва та архітектури. - Харків, 2020. - 21 с.
4. Moukwa M. Deterioration of concrete in cold sea waters/ Moukwa M.// Cement and Concrete Research. -1990. -20, №3.- p.p. 439-446.
5. М.О.Мchedлов-Петросян Колоїдна хімія. Підручник / Харків, 2012. – 500 с.

ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПЛАСТИЧНОСТІ ЛИТИХ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ

Пиріг Ян Іванович, канд. техн. наук, старш. наук. співробітник кафедри ТДБМ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: pirig2000@gmail.com, ORCID: [0000-0003-0957-2251](https://orcid.org/0000-0003-0957-2251)

Оксак Сергій Володимирович, канд. техн. наук, професор кафедри ТДБМ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: sv.oksak@gmail.com, ORCID: [0000-0002-3084-3469](https://orcid.org/0000-0002-3084-3469)

Галкін Андрій Володимирович, канд. техн. наук, доцент кафедри ТДБМ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: a.galkin0906@gmail.com, ORCID: [000-0002-9708-7215](https://orcid.org/000-0002-9708-7215)

Ільїн Ярослав Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедри ТДБМ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: yailin12011993@gmail.com, ORCID: [0000-0003-2998-3955](https://orcid.org/0000-0003-2998-3955)

Місніченко Сергій Олександрович, аспірант кафедри ТДБМ, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: smisnichienko2@ukr.net, ORCID: [0009-0004-1697-9249](https://orcid.org/0009-0004-1697-9249)

В сучасному дорожньому будівництві литий асфальтобетон знаходить використання для влаштування покриттів як на автомобільних дорогах, так і на різноманітних штучних спорудах (мостових переходах, тунелях, паркінгах) [1 – 3]. Особливості складу литих асфальтобетонних сумішей (підвищена кількість в'язучого та наповнювача), а також технології їх виготовлення та укладання в дорожнє покриття, обумовлюють необхідність використання спеціальних показників якості. Основним показником, що дозволяє оцінити технологічні характеристики литих асфальтобетонних сумішей є пластичність. Показники технологічної пластичності литих сумішей та експлуатаційної пластичності литих асфальтобетонів є основою для підбору гранулометричного складу, вибору оптимальної кількості бітумного в'язучого та призначення технологічних температур приготування литих сумішей та укладання їх в дорожнє покриття.

Враховуючи, що у вітчизняній дорожній галузі не застосовуються для оцінки якості литих асфальтобетонних сумішей показники технологічної пластичності, огляд існуючих у різних країнах світу методів і вибір з них найбільш прийняттого з метою подальшої стандартизації та введення у вітчизняні технічні умови на литий асфальтобетон, є актуальним.

Всі відомі до цього часу методи визначення технологічної пластичності литих асфальтобетонних сумішей за принципом дії та конструктивними особливостями можуть бути умовно розподілені на три групи: методи основані на визначенні часу занурювання випробувального пристрою в нагріту до технологічних температур литу асфальтобетону суміш; методи основані на визначенні діаметра розтікання під власною вагою нагрітої до технологічної

температури литої асфальтобетонної суміші; методи основані на встановленні крутного моменту мішалки під час перемішування литої асфальтобетонної суміші, нагрітої до технологічної температури.

Методи основані на визначенні часу занурювання випробувального пристрою є найдавнішими за часом використання. Найбільш поширеним представником методів, що відносяться до цієї групи є метод Люєра, який широко використовується в країнах Східної Азії (Китайській Народній республіці, Південній Кореї, Японії) [4, 5]. Метод є чутливим до зернового складу литої суміші та типу бітумного в'язучого, може використовуватися для характеристики зміни пластичності сумішей з часом їх перемішування та для призначення оптимальної кількості в'язучого. Метод Люєра є стандартизованим, а отримувані показники нормуються у відповідних технічних умовах.

В країнах Європи використовується більш вдосконалений метод, який є стандартизованим в Чеській Республіці (CSN 73 6160) [6]. Суттєвою перевагою даного методу є проведення випробування на значно меншому обсязі литої суміші, ніж в методі Люєра, та використання закритої ємності, що запобігає остиганню суміші.

Враховуючи переваги методів цієї групи (простота конструкції приладів; простота методики проведення випробування; за рахунок тривалого часу використання встановлено та експериментально підтверджено існування залежностей з іншими показниками якості; відносно малий час проведення випробування) та їх недоліки (відносно великий обсяг суміші, необхідної для проведення випробування; вплив температури навколишнього середовища на отримувані результати) вони можуть бути рекомендовані для проведення операційного контролю якості литих асфальтобетонних сумішей під час їх виготовлення на заводі та укладання на місці влаштування дорожнього покриття.

Методи основані на визначенні діаметра розтікання під власною вагою литої асфальтобетонної суміші також можуть бути використані під час операційного контролю якості виготовлення сумішей. Цьому сприяють їх переваги: відсутність необхідності використання складного лабораторного обладнання; час проведення випробування, який не перевищує 2 – 3 хвилин. Загальними недоліками, що притаманні всім методам цієї групи є: налипання суміші на внутрішню поверхню ємності, в якій знаходиться суміш, або розрив суцільності суміші під час її витікання з вихідної ємності.

Найбільш поширеними методами, що відносяться до цієї групи є метод осідання конусу Д. Абрамсу [7], а також метод, оснований на використанні струшувального столика [8]. Ці методи є стандартизованими в ряді країн Європейського Союзу, а також використовувались в 60 – 80-х роках у вітчизняній дорожній галузі.

На даний час найбільш сучасними, перспективними та досконалими є методи визначення пластичності, що основані на встановленні крутного моменту мішалки під час перемішування литої асфальтобетонної суміші [9, 10]. Завдяки тому, що використовується більш складне лабораторне обладнання, до

складу якого зазвичай входять комп'ютеризовані системи отримання та обробки результатів, прилади цієї групи забезпечують отримання результатів, що характеризуються високою збіжністю та відтворюваністю. Це в свою чергу сприяє підвищенню чутливості отримуваних результатів до особливостей гранулометричного складу литих сумішей, реологічного типу та складу бітумних в'язучих та різноманітних технологічних факторів. Все це є причиною того, що методи даної групи використовуються переважно в наукових цілях або під час проєктування складу литих асфальтобетонних сумішей. Причиною того, що методи цієї групи досі не стали загальноприйнятними є: недосконалість лабораторного обладнання; можливість сегрегації та агломерації кам'яних матеріалів литої суміш під час її випробування за рахунок конструктивних особливостей лопатей, що використовуються у випробуванні.

Висновки

На основі даних літературних та нормативних джерел здійснено аналіз методів оцінювання пластичності литих асфальтобетонних сумішей, що використовуються в різних країнах світу. Для практичного застосування в дорожній галузі України прийнято 4 методи (метод Люєра; метод, який є європейським аналогом методу Люєра; метод, оснований на оцінюванні пластичності за висотою розтікання суміші під власною вагою та метод, оснований на визначенні крутного моменту), які будуть більш детально розглянуті та експериментально перевірені для подальшого впровадження у вітчизняну дорожню галузь.

Література

1. Staritzky M. Gussasphalt. Berlin, 1934. 112 p.
2. Nikolaidis A. Highway engineering: Pavements, materials and control of quality. CRC Press, 2014.
3. Nicholls C. Asphalt mixture specification and testing. CRC Press, 2017.
4. Chen J.S. et al. Fundamental characterization of engineering properties of gussasphalt mixtures. *Journal of Materials in Civil Engineering*. 2011. T. 23. №. 12. P. 1719-1726.
5. Luo S. et al. Design of gussasphalt mixtures based on performance of gussasphalt binders, mastics and mixtures. *Construction and Building Materials*. 2017. T. 156. P. 131-141.
6. CSN 73 6160 Zkoušení asfaltových směsí. 2008. 24 p.
7. Muller M. Gussasphalt. Weiterbildung. 16.01.2021. 56 p.
8. Sikinger T., Simmleit N. Prüfung der Verarbeitbarkeit von Gussasphalt. Bitumen. *Heft 4*, 2001. P. 27-29.
9. Ali A. et al. Workability evaluation of foamed warm-mix asphalt. *Journal of materials in civil engineering*. 2014. T. 26. №. 6. P. 1-6.
10. Gudimettla J.M., Cooley L.A., Brown E. Workability of hot mix asphalt. Auburn University. 2003. 66 p.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ З ВИЗНАЧЕННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Хомутенко Денис Геннадійович, аспірант кафедри ТДБМ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: denis.homutenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1226-3601

Маляр Володимир Володимирович, канд. техн. наук, професор кафедри ТДБМ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: vladimirmalyar16@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5230-5947

Підвищення довговічності асфальтобетонного покриття автомобільних доріг на сьогодні є пріоритетною задачею. Враховуючи те, що поперечні тріщини, спричинені охолодженням конструкції асфальтобетонного покриття, є одним з основних дефектів, низькотемпературні напруження в асфальтобетоні потребують дослідження спрямованого на покращення низькотемпературних властивостей асфальтобетону. Своєю чергою, для дослідження низькотемпературних властивостей асфальтобетону необхідний надійний та простий експериментальний метод дослідження. Таким експериментальним методом є метод ACCD (Asphalt Concrete Cracking Device) [6].

Оскільки охолодження зразка асфальтобетону під час проведення експериментальних випробувань зазвичай проводиться зі швидкістю 10 °C за годину, проведення таких досліджень займає багато часу. Враховуючи обмеженість ресурсів це є негативним аспектом. Тому комп'ютерне моделювання такого експерименту є актуальною задачею.

Метою дослідження є комп'ютерне моделювання експерименту з визначення низькотемпературної тріщиностійкості асфальтобетону.

Об'єктом дослідження є низькотемпературні властивості асфальтобетону.

Предметом дослідження є оцінка напружено-деформованого стану при охолодженні асфальтобетону.

Скінченно-елементне моделювання може бути використане для проведення комп'ютерного моделювання низькотемпературних напружень в асфальтобетоні [3].

Відповідно до [1] прилад ACCD складається з кільця з інвару (сплав 36Н) зовнішнім діаметром 61,0 мм, внутрішнім діаметром 22,6 мм, та кільця з асфальтобетону зовнішнім діаметром 150,0 мм. Оскільки метод ACCD заснований на положеннях механіки руйнування твердого тіла, зразок асфальтобетону має закладений дефект у вигляді прорізу глибиною 22,4 мм та шириною 4,0 мм.

Умови експерименту: температура початку експерименту 20 °C, швидкість охолодження 10 °C за годину.

Властивості асфальтобетону та інвару, які використано для розрахунку, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Прийняті властивості матеріалів

№ з/п	Параметр	Температура, °С	Величина	Одиниця виміру	Примітка
1	2	3	4	5	6
Інвар					
1	Щільність		8150	кг/м3	ПК Granta Selector 2023 R1
2	Модуль лінійного розтягування (модуль Юнга)	-190	129	МПа	
		-40,2	139		
		-0,15	142		
		19,9	143		
		20	143		
3	Коефіцієнт поперечного стискання (коефіцієнт Пуассона)		0,29		
4	Коефіцієнт температурного розширення	-190	1,85	$\alpha^t \cdot 10^{-6}$	
		-40,2	1,33		
		-0,15	1,22		
		19,9	1,21		
		20	1,21		
5	Теплопровідність	-190	6,48	Вт/(м·К)	
		-40,2	12,6		
		-0,15	13,5		
		19,9	13,9		
		20	13,9		
6	Питома теплоємність при сталому тиску	-0,15	467	Дж/(кг·К)	
		19,9	478		
		20	478		
Асфальтобетон					
7	Щільність		2450	кг/м3	
8	Модуль лінійного розтягування (модуль Юнга)	-20	22320		[4]
		-10	13288		
		0	7223		
		10	3881		
		20	2091		
9	Коефіцієнт поперечного стискання (коефіцієнт Пуассона)	-20	0,1		[2]
		-10	0,1		
		0	0,14		
		5	0,18		
		10	0,235		
		15	0,29		
		20	0,33		
10	Коефіцієнт температурного розширення	-20	3,22	$\alpha^t \cdot 10^{-5}$	[4]
		-10	3,49		
		0	3,35		
		10	3,25		
		20	3,20		
11	Теплопровідність		1,43	Вт/(м·К)	ПК Granta Selector 2023 R1
12	Питома теплоємність при сталому тиску		850	Дж/(кг·К)	ПК Granta Selector 2023 R1

Для проведення чисельних розрахунків методом скінчених елементів використано програмний комплекс САЕ.

За результатами скінченно-елементного моделювання експерименту з визначення низькотемпературної тріщиностійкості асфальтобетону за методом

ACCD, отримано значення еквівалентних напружень, які виникають у зразку асфальтобетону та кільці з інвару (рис. 1).

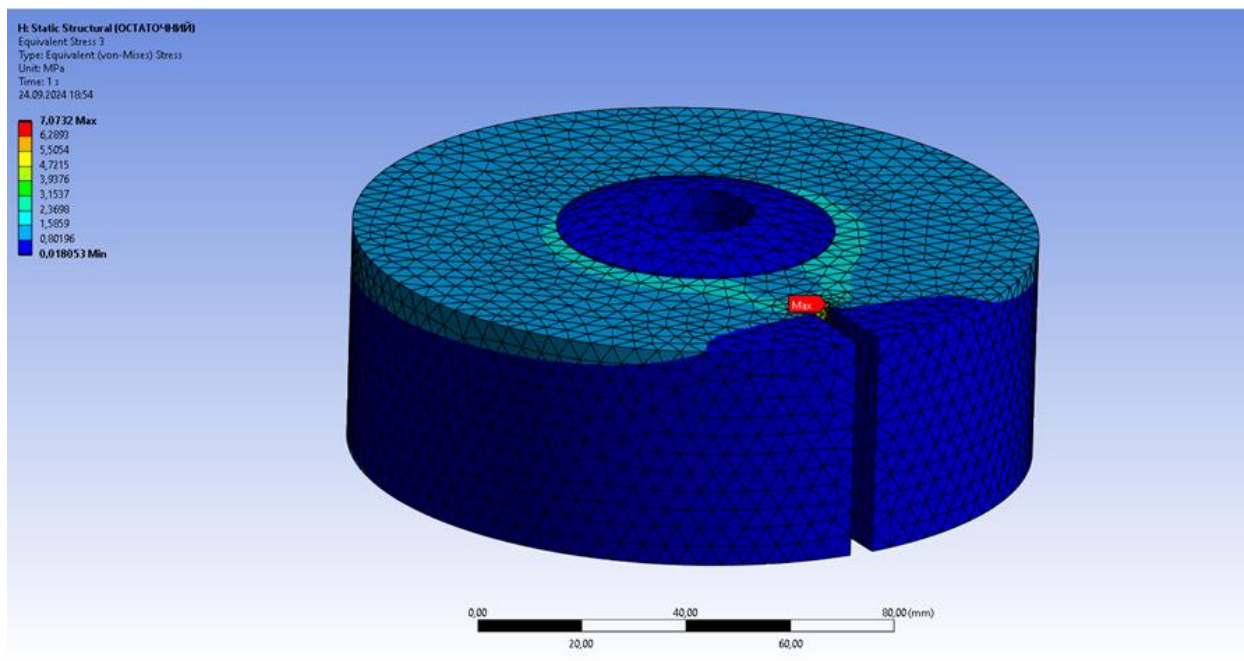


Рисунок 1 – Результати скінченно-елементного моделювання експерименту з визначення низькотемпературної тріщиностійкості асфальтобетону (еквівалентні напруження в зразку асфальтобетону та кільці з інвару)

Як видно з рис. 1 максимальні еквівалентні напруження в зразку асфальтобетону прогнозовано знаходяться в місці закладеного дефекту.

Отримані результати дозволяють виконати перерахунок отриманих при натурному випробуванні результатів визначення низькотемпературної тріщиностійкості в напруженнях, що виникають при цьому в зразку асфальтобетону.

Оскільки асфальтобетон є композитним матеріалом, для підвищення точності чисельних розрахунків, доцільно використати реконструйовану тривимірну модель асфальтобетону [5]. Це додатково надасть можливість дослідити напруження, що виникають в асфальтобетоні через різницю коефіцієнтів температурного розширення бітуму та кам'яних матеріалів [3] та вплив такого явища на утворення тріщин при охолодженні.

Висновки

Комп'ютерне моделювання експерименту з визначення низькотемпературної тріщиностійкості асфальтобетону дозволяє ширше дослідити напружено-деформований стан в якому перебуває асфальтобетон при охолодженні.

Подальші наукові дослідження доцільно спрямувати на верифікацію отриманих результатів комп'ютерного моделювання за допомогою приладу ACCD для визначення низькотемпературної тріщиностійкості асфальтобетону.

Крім того, необхідно дослідити вплив використання геометричної моделі асфальтобетону отриманої за результатами тривимірної реконструкції його структури, на точність чисельних розрахунків.

Література

1. Evaluation of Low Temperature Cracking Resistance of WMA / S.-S. Kim та ін. Athens OH : The Ohio Department of Transportation Office of Statewide Planning & Research, 2015. 121 с. URL: <https://www.researchgate.net/publication/279942111> (дата звернення: 07.10.2024).

2. М 02071168-708:2012. Методика розрахунку тонких асфальтобетонних шарів на жорсткій основі з урахуванням термопластичних властивостей асфальтобетону. Чинний від 2012-12-01. Вид. офіц. Харків, 2012. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=50310 (дата звернення: 07.10.2024).

3. Маляр В. В. Визначення температурних напружень в асфальтобетоні методом комп'ютерного моделювання. Вісник ХНАДУ. 2021. № 93. С. 105–111. URL: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2021.93.0.105> (дата звернення: 07.10.2024).

4. Методика та результати визначення коефіцієнта лінійного температурного деформування асфальтобетону / А. М. Онищенко та ін. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Науково-технічний збірник. 2014. № 92. С. 56–63. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/92/056-063.pdf (дата звернення: 07.10.2024).

5. Хомутенко Д. Г. Комп'ютерне моделювання структури асфальтобетону для дослідження його властивостей під дією низьких температур. Сучасні інформаційні технології : Матеріали всеукр. науково-практ. конф. здобувачів вищ. освіти та молодих уч., м. Харків, 26 квіт. 2024 р. Харків, 2024. С. 237–243.

6. Хомутенко Д. Г. Новітні методи експериментального визначення низькотемпературних властивостей асфальтобетону: виклики та перспективи для України. Збірник матеріалів XIV Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих учених "НАУКОВА ВЕСНА 2024", м. Дніпро, 27 берез. 2024 р. Дніпро, 2024. URL: <https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/naukova-vesna.php> (дата звернення: 07.10.2024).

**ДОСВІД ЕКСПЛУАТАЦІЇ СВІЧОК РОЗЖАРЮВАННЯ НА
ДИЗЕЛЬНОМУ ДВИГУНІ OM 602 turbo АВТОМОБІЛЯ
MERCEDES 124**

Бганцев Валерій Микитович, канд. техн. наук, старший науковий
співробітник, Інститут енергетичних машин і систем

НАН України, Харків,

e-mail: bgancev_vn@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0661-1040

Лєвтерєв Антон Михайлович, канд. техн. наук, старший науковий
співробітник, Інститут енергетичних машин і систем

НАН України, Харків,

e-mail: antmix 1947@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5308-1375

Актуальність теми пов'язана зі зростанням останнім часом на ринку авто частки дизельних двигунів до 52,6% і падіння частки бензинових двигунів до 37,9%.

Метою дослідження є аналіз досвіду експлуатації дизельного вихорокамерного двигуна з акцентуванням основної уваги на використанні свічок розжарювання, які забезпечують надійний пуск двигуна та зниження рівня токсичності відпрацьованих газів при низьких температурах і скорочення витрати дизельного палива на різних режимах.

Об'єктом дослідження є особливості експлуатації свічок розжарювання на дизельному вихорокамерному двигуні OM 602 турбо об'ємом 2,5 л, встановленому на автомобілі Mercedes 124.

Предметом дослідження є аналіз надійності роботи свічок розжарювання різних фірм-виробників і тривалості проміжків часу між черговими замінами їхв процесі експлуатації.

Відома проблема дизелів з вихоровою камерою згоряння – утруднений пуск при температурах оточуючого повітря нижче +5°C. Причина полягає в недостатності температури повітря в вихоровій камері в кінці стиску через втрати теплоти в стінки камери. Одним з ефективних способів забезпечення надійного пуску таких дизелів при низьких температурах повітря є використання свічок розжарювання [1]. Вони встановлюються безпосередньо в вихорову камеру. Перед пуском наконечник свічки розігрівається електричним струмом до високої температури. При впорскуванні палива на наконечник воно випаровується, змішується з повітряним зарядом і далі здійснюється samozapalювання суміші і пуск двигуна.

Алгоритм роботи сучасних свічок розжарювання керується електронним блоком керування і тому вони не тільки забезпечують впевнений запуск двигуна, але й сприяють підтриманню оптимального температурного режиму в камері згоряння [2].

Найтриваліший термін експлуатації до заміни мають керамічні свічки, які надійно працюють впродовж пробігу автомобіля понад 100 тис. км. Свічки розжарювання, окрім основного призначення, ще сприяють регенерації сажового фільтру [3].

Приблизно за чотирирічний період експлуатації автомобіля Mercedes 124 з двигуном OM 602 turbo було накопичено інформацію щодо ефективності використання свічок розжарювання різних фірм-виробників. Серед них фірми Bosch, Beru, Denso, NGK.

Основні чинники, що впливають на експлуатаційний ресурс свічки розжарювання дизельного двигуна:

- якість самої свічки, тобто її конструкція та технологія виготовлення, країна-виробник;
- режими експлуатації автомобіля (міський, заміський), середньодобова температура місцевості, в якій експлуатується авто.

В міському режимі експлуатації кількість циклів вмикання свічок на нагрівання значно більша, тому їх експлуатаційний ресурс скорочується майже вдвічі. Експлуатаційний ресурс свічок, виготовлених в 90-х роках минулого століття в Китаї та Туреччині був дуже малим, але свічки були дешевими на вторинному ринку запчастин.

Найкращими за показником експлуатаційного ресурсу (з досвіду експлуатації двигуна OM 602 turbo автомобіля Mercedes 124) виявились свічки розжарювання фірми Bosch (Франція, Німеччина) та фірми NGK (Японія).

Пробіг автомобіля з цими свічками складав не менше 10 000 км/рік за умов всесезонної експлуатації.

Висновки

У роботі вирішені наступні науково-практичні задачі.

Проаналізовано досвід експлуатації свічок розжарювання виробництва популярних зарубіжних фірм на прикладі автомобіля Mercedes 124 з двигуном OM 602 turbo.

Література

1. Pershij. com.ua

Свічки розжарювання у дизельному двигуні.

<https://pershij.com.ua/svichka>.

2. Ефективна робота двигуна та економія пального.

Staff Communities

[https:// digital.staff-capital.co...](https://digital.staff-capital.co...)

3. Avtosvit

Свічки розжарювання автомобілю. Статті компанії.

<https://avtosvit.net>

ОСОБЛИВОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ВИКОНАННІ УПРАВЛІНСЬКИХ ДІЙ У СФЕРІ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Осипов Валентин Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедри міського господарства, Київський національний університет будівництва та архітектури
e-mail: Osipov.valentin100@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9284-7919

Прийняте рішення у сфері безпеки руху призводить до багатьох наслідків:

- зниження/збільшення кількості загиблих та поранених у результаті ДТП;
- зниження/збільшення матеріальних втрат учасників дорожнього руху, дорожньо-експлуатаційних служб, страхових компаній, фонду гарантування соціальних виплат тощо;
- прийняття вірного/невірного рішення щодо асигнування коштів на заходи з безпеки руху.

Теорію прийняття рішень (ТПР) застосовують переважно для аналізу тих проблем, які можна відносно легко й однозначно формалізувати, а результати досліджень - адекватно інтерпретувати [1-3]. Методи ТПР використовують у різних галузях управління: проектуванні складних технічних і організаційних систем, плануванні розвитку міст, організації нових економічних зон тощо. ТПР також буде коректна і для такого процесу, як безпека руху, де більшість факторів можливо формалізувати: стан покриття дороги, погодні умови, справність автомобіля, навички водія тощо.

Під процесом прийняття рішення розуміють послідовність процедур, що приводять до знаходження рішення. За визначенням дослідників ТПР складається з декількох основних етапів:

- виявлення проблемної ситуації та постановка задачі прийняття рішення;
- формулювання поняття якості рішення та його структуризація до рівня критеріїв;
- описання характеристик зовнішнього середовища, прогнозування можливих результатів дій ТПР із подальшим виявленням або конструюванням альтернативних варіантів рішень;
- оцінювання якості варіантів рішень, порівняння їх між собою та вибір одного чи декількох найвідповідніших меті;
- аналіз рішень, опрацювання плану реалізації та впровадження рішення.

Потреба у виділенні окремих етапів у ТПР та їх зміст залежить здебільшого від характеру проблеми, що розв'язується [4]. Графічний спосіб дослідження проблеми найбільш суттєвих причинно-наслідкових взаємозв'язків між чинниками та наслідками у тому числі з оцінки закономірностей взаємодії системи Водій-Автомобіль-Дорога-Середовище (В-А-Д-С) є на сьогодні одним з найпрогресивніших способів (рис. 1).

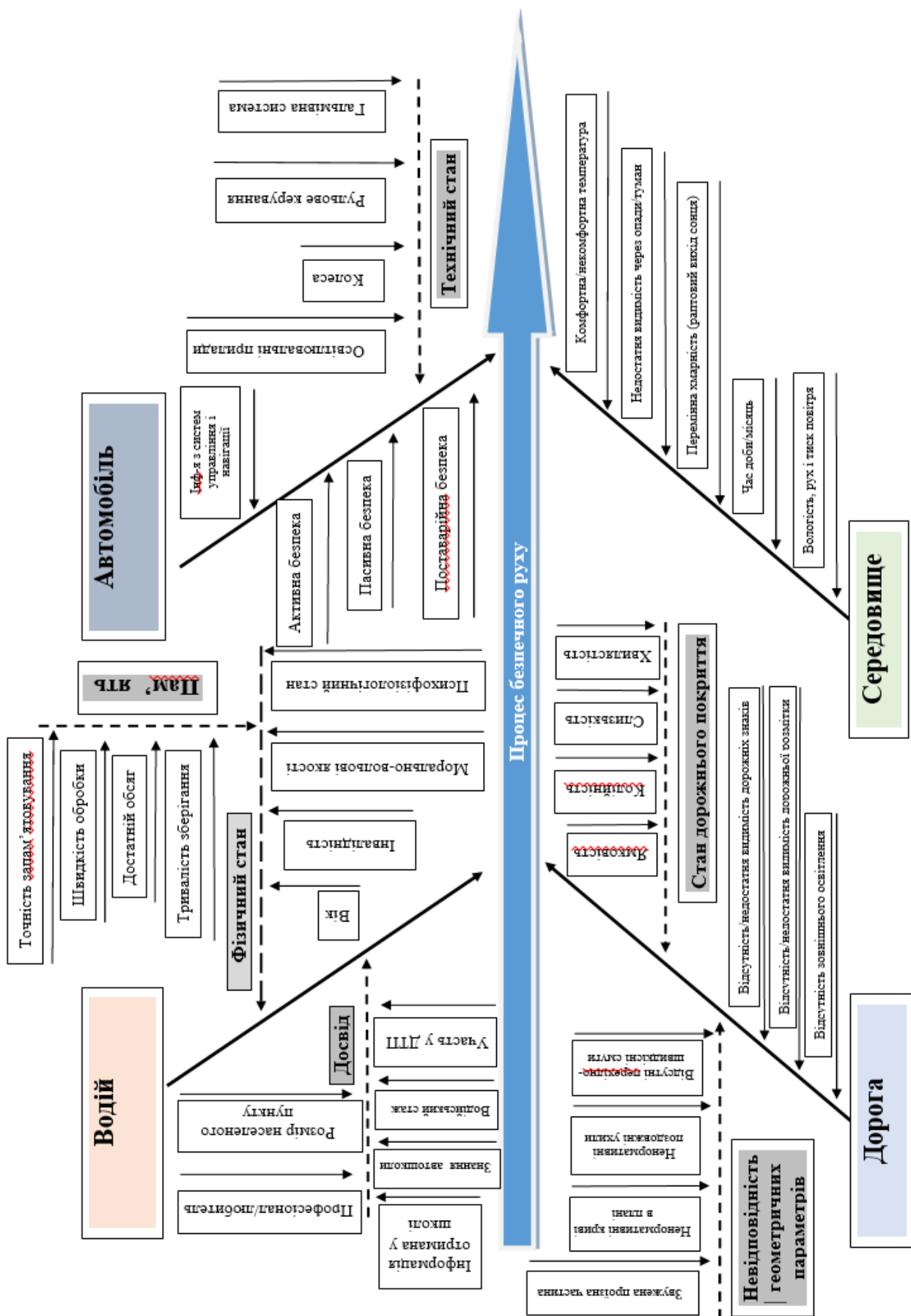


Рис. 1. Організаційна схема взаємодії підсистем В-А-Д-С

Заслугує окремої уваги спосіб побудови діаграми, запропонований професором Ісікави Каору [5], як доповнення до існуючих методик логічного аналізу та покращення якості процесів в промисловості Японії.

Ісікава є одним з розробників нової концепції організації виробництва, втіленої на фірмі Toyota. Запропонована професором Каору Ісікава схема унаочнює роботу над покращенням якості виробничих процесів. Вона, як і більшість інструментів якості, є засобом візуалізації та організації знань, який систематичним чином полегшує розуміння і кінцеву діагностику певної проблеми.

Така діаграма надає можливість виявити ключові взаємозв'язки між різними факторами та більш достеменно зрозуміти досліджуваний процес. Діаграма сприяє визначенню головних чинників, які спричиняють найзначніший внесок до проблеми, що розглядається, та попередженню або усуненню їх дії. Тому побудова схеми управління безпекою руху надає можливість виявити потенційні фактори, дія яких викликає спільний ефект.

У більшості випадків водію рішення доводиться приймати за умов, коли існують невизначеності різних типів, що зумовлює потреби в розробленні відповідних моделей і алгоритмів. Основні групи невизначеностей - невідомість, недостовірність і неоднозначність. Прийняття рішень водієм у випадку невизначеності нерозривно пов'язане з ризиком, тому за цих умов потрібно ідентифікувати, оцінювати й контролювати ризики різних типів. Головні джерела невизначеності - це економічне, нормативно-законодавче, техніко-технологічне та внутрішнє середовища. З погляду часу вирізняють перспективну невизначеність (виникають непередбачені чинники) та ретроспективну (брак інформації про поведінку об'єкта в минулому).

У разі ретроспективної невизначеності можливі три варіанти:

- інформацію можна відновити;
- можна замінити перспективною;
- не можна ні відновити, ні замінити.

Задачу прийняття рішень водієм в умовах невизначеності аналізують у такій послідовності:

- складають перелік доступних можливостей збирання інформації, проведення експериментів і виконання дій;
- складають перелік подій, які, скоріше за все, можуть трапитися;
- визначають послідовність у часі подій, які надають доступну інформацію, і послідовні дії, які можна виконати;
- вирішують, наскільки влаштовують наслідки різних дій;
- оцінюють шанси кожної конкретної невизначеної події.

Методологія аналізу рішень змушує децидента розглядати завдання як систему, кількісно оцінювати взаємодію різних підсистем. Систематичне вивчення цінності отримуваної інформації в контексті прийняття рішень надає основу для збирання, опрацювання й організації даних із нових джерел інформації. Такий метод дає змогу розмежовувати суб'єктивні переваги вже на

початку процесу прийняття рішення, оцінювати ставлення децидента до ризику невизначеності різних факторів, стимулює його активно знаходити нові реальні альтернативи поведінки.

Якщо в процесі збирання інформації на певному етапі виявляється, що зібрано не всю інформацію чи одержати її з певних причин неможливо, то невизначеність трансформується в недостовірність. Вона може набирати вигляду неповноти чи недостатності (є не вся потрібна інформація), для деяких задач є неточні описи (недовизначеність), певні елементи задачі описано лише за аналогією з уже розв'язуваними (неадекватність).

Невизначеність може виникати й через невизначеність мети (це веде до виникнення задач із багатьма критеріями), а також у багатоособових задачах прийняття рішень. У випадку активної протидії в одних ситуаціях чи активного сприяння в інших невизначеність моделюється методами теорії ігор. Урахування фізичної невизначеності може ускладнитися виникненням лінгвістичної невизначеності в описанні розподілу ймовірностей. Інакше кажучи, ці види невизначеності можуть накладатися один на інший.

Література

1. Glenn Shafer and Judea Pearl, editors. Readings in uncertain reasoning. Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, 1990.
2. Morris De Groot Optimal Statistical Decisions. Wiley Classics Library. 2004. (Originally published 1970.)
3. How to operate QC Circle Activities, Amer Society for Quality, 1985.
4. Guide to Quality Control, Asian Productivity Organization, 1986.
5. Anderson, Barry F. The Three Secrets of Wise Decision Making. Single Reef Press. 2002.

УДК 629.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ЛІТІЙ-ІОННОГО АКУМУЛЯТОРА ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Смирнов Олег Петрович, докт. техн. наук, професор кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: smirnov1oleg@gmail.com, ORCID: [0000-0003-4881-9042](https://orcid.org/0000-0003-4881-9042)

Борисенко Анна Олегівна, канд. техн. наук, кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: anutochka2111@gmail.com, ORCID: [0000-0001-5992-8274](https://orcid.org/0000-0001-5992-8274)

Казак Дмитро Антонович, магістр,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: kazakd952@gmail.com

Актуальність теми роботи пов'язана зі швидким розвитком електричних транспортних засобів, що викликає експоненціальне зростання попиту на

аккумуляторні батареї. За останні п'ять років міжнародні поставки аккумуляторів зросли майже в 20 разів. Серед усіх типів аккумуляторних батарей літій-іонні є основним вибором для електромобілів через їх високу щільність енергії, потужність та робочу напругу. Проведені дослідження охоплюють весь замкнутий життєвий цикл аккумуляторних батарей електромобілів від виробництва до переробки, що охоплює широкий спектр діяльності, включаючи контроль, діагностику, перепрофілювання та повторне використання в менш потужних додатках.

Метою дослідження є підвищення екологічної чистоти та економічної ефективності за рахунок повторного використання літій-іонних аккумуляторних батарей електромобілів.

Об'єктом дослідження є процес дослідження життєвого циклу літій-іонного аккумулятора електромобіля.

Предметом дослідження є життєвий цикл літій-іонного аккумулятора електромобіля.

Статистичні дані стверджують, що понад 70 % знятих з експлуатації аккумуляторних батарей електромобілів все ще можуть накопичувати понад 80 % своєї номінальної ємності. Пряма переробка літій-іонних батарей, що мають високий потенціал для вторинного використання, призведе до навколишнього середовища та значних втрат енергії та ресурсів. Тому раціональне дати їм друге життя. Ринковий потенціал знятих з експлуатації літій-іонних аккумуляторів для їх вторинного використання може перевищити 200 ГВт·год/рік до 2030 р., що задовольняє до 60 % світового попиту на стаціонарні системи накопичення енергії. Крім того, літій-іонні аккумуляторні батареї від електромобілів, що відробили свій термін служби та вийшли з експлуатації, містять різноманітні високоцінні матеріали, які зведені до таблиці 1 [1].

Таблиця 1 – Високоцінні матеріали в аккумуляторах електромобілів, що вийшли з експлуатації [1]

Катодний активний матеріал аккумулятора	Частка матеріалу (%)			Вартість (10000 \$ США / тонна матеріалу)		
	Co	Ni	Li ₂ CO ₃	Co	Ni	Li ₂ CO ₃
LiFePO ₄	0	0	23.24	0	0	0,58
LiMn ₂ O ₄	0	0	20.28	0	0	0,51
LiCoO ₂	60.21	0	37,47	2.01	0	0,94
LiNi _{0,33} Co _{0,33} Mn _{0,33} O ₂	20.28	20.20	38.26	0,68	0,39	0,96
LiNi _{0,8} Co _{0,15} Mn _{0,05} O ₂	9.20	48,87	38.21	0,31	0,96	0,95
LiNi _{0,8} Co _{0,1} Mn _{0,1} O ₂	6.06	48.26	38.00	0,20	0,95	0,95

Погіршення потужності, енергоефективності та ємності аккумуляторних батарей електромобілів спостерігається разом зі збільшенням циклів роботи батареї. Втрата ємності є основною причиною виходу аккумулятора з експлуатації. Виробники електромобілів зазвичай розглядають можливість заміни аккумуляторів, коли аккумулятор більше не може задовольняти щоденні потреби електромобіля в дальності пробігу, тому рекомендують замінювати

аккумуляторні батареї в електромобілях, коли їх залишкова ємність зменшується до 80 % початкової ємності.

Більшість аккумуляторних батарей електромобілів, що відробили свій термін служби та зняти з експлуатації, ще мають хороші енергетичні та потужні властивості для повторно використання в інших менш вимогливих сферах, таких як розумні електромережі, малогабаритні низькошвидкісні та персональні електричні транспортні засоби (електричні велосипеди, електричні самокати, тощо) та система зберігання енергії, що інтегровані з відновлюваними енергетичними системами [2]. Для цього аккумулятори, що зняти з експлуатації, потрібно діагностувати та перевіряти, відсортувати та перегрупувати, для їх повторного використання в інших енергетичних сферах. На рисунку 1 наглядно показано життєвий цикл аккумуляторів електромобілів, які отримують повторне використання в інших сферах.



Рисунок 1 – Життєвий цикл літій-іонного аккумулятора електромобіля

Елементи аккумуляторів, що пройшли контроль, відновлення та балансування, збирають у нові аккумуляторні модулі для подальшого перепрофілювання. Технологія відновлення (балансування) літій-іонних аккумуляторів відкриває можливість підвищити однорідність, надійність і довговічність систем зберігання енергії, що створені на основі батареї другого терміну служби. Після процесу контролю та балансування аккумулятори з високим залишком ємності перепрофілюються для різних стаціонарних систем зберігання енергії, щоб продовжити їх термін служби.

Термін експлуатації аккумуляторних батарей, що зняти з електромобілів, може продовжуватись ще багато років. Зрештою вони переробляються для отримання сировини для виробництва нових аккумуляторів. Водночас весь процес життєвого циклу аккумуляторів електромобілів, які отримують повторне використання в інших сферах, може стати каталізатором для переходу суспільства до сталого майбутнього за тенденції електрифікації транспорту та інших сферах життя [3].

Висновки

У роботі вирішені науково-практичні задачі, що пов'язані дослідженням життєвого циклу акумуляторів електромобілів. Майбутня тенденція електрифікації транспортних засобів та відновлювальної енергетики полягає у повторному використанні літій-іонних акумуляторних батарей електромобілів для інших застосувань, таких як системи накопичення енергії в різних сферах енергетичного застосування. Перехід до циклічної економіки, створення системи управління та утилізації знятих з експлуатації літій-іонних акумуляторних батарей електромобілів мають вирішальне значення для підвищення стійкості енергетичної галузі.

Друге життя літій-іонних акумуляторних батарей електромобілів є багатообіцяючим шляхом збільшення часу використання акумуляторних систем, тим самим зменшуючи загальні витрати протягом усього терміну служби та збільшуючи використання енергетичних ресурсів.

Література

1. Managing the surge: a comprehensive review of the entire disposal framework for retired Lithium-ion batteries from electric vehicles / R. Guo et al. Journal of Energy Chemistry. 2024. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2024.01.055> .
2. Debnath U. K., Ahmad I., Habibi D. Gridable vehicles and second life batteries for generation side asset management in the Smart Grid. International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2016. Vol. 82. P. 114–123. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2016.03.006> .
3. Sustainable business model archetypes for the electric vehicle battery second use industry: Towards a conceptual framework / R. Reinhardt et al. Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 254. P. 119994. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119994> .