

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ТИЖДЕНЬ НАУКИ-2025

Транспортний факультет

Збірник тез доповідей щорічної
науково-практичної конференції серед студентів, викладачів, науковців,
молодих учених і аспірантів
14–18 квітня 2025 року

Електронне видання на DVD-ROM

Запоріжжя • НУ «Запорізька політехніка» • 2025

УДК 656
Т39

*Рекомендовано до видання Вченою радою
Національного університету «Запорізька політехніка»
(Протокол № 10 від 27.05.2025 р.)*

Упорядник: Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ

Редакційна колегія:

Вадим ШАЛОМЄЄВ, д-р техн. наук, професор, (відпов. ред.)
Олексій КУЗЬКІН, д-р техн. наук, професор;
Василь ГЛУШКО, канд. техн. наук, доцент;
Євген ПАРАХІСВИЧ, канд. техн. наук, доцент;
Микола АНТОНОВ, канд. техн. наук, доцент;
Віра САВЧЕНКО, канд. техн. наук, доцент;
Наталія ФУРМАНОВА, канд. техн. наук, доцент;
Микола КАСЬЯН, канд. техн. наук, доцент;
Микола ДЄДКОВ, канд. іст. наук, доцент;
Олена ВАСИЛЬЄВА, д-р екон. наук, професор;
Світлана КОКАРСЬВА, канд. наук з фіз. вих. і спорту, доцент;
Юрій ФЛЕЙД, канд. юр. наук, професор;
Таїсія ГАЙВОРОНСЬКА, канд. філос. наук, доцент;
Наталія ВИСОЦЬКА, в.о. начальника НДЧ;
Наталія САВЧУК, начальник редакційно-видавничого відділу;
Сніжана ВИЧУЖАНІНА, керівник відділу наукової роботи студентів;
Юлія ЧУШКІНА, провідний фахівець відділу наукової роботи студентів;
Вячеслав ТРУШЕВСЬКИЙ, канд. техн. наук, доцент

Т39 **Тиждень науки-2025. Транспортний факультет.** Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 14–18 квітня 2025 р. [Електронний ресурс] / Редкол. : Вадим ШАЛОМЄЄВ (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 138 с. – 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – Назва з тит. екрана.

ISBN 978-617-529-496-3

Зібрані тези доповідей, заслуханих на щорічній науково-практичній конференції серед студентів, викладачів, науковців, молодих учених і аспірантів. Збірка відображає широкий спектр тематики наукових досліджень, що проводяться на транспортному факультеті Національного університету «Запорізька політехніка». Збірка розрахована на широкий загал дослідників та науковців

УДК 656

ISBN 978-617-529-496-3

© Національний університет
«Запорізька політехніка»
(НУ «Запорізька політехніка»), 2025

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ «АВТОМОБІЛЬНА ТЕХНІКА ТА ТЕПЛОВІ ДВИГУНИ»

<i>О.М. Артюх</i> Інноваційні підходи до зниження шуму та вібрацій в автобусах: вплив на комфорт пасажирів та енергоефективність в умовах сучасних міських і міжміських маршрутів України.....	8
<i>В.І. Кубіч</i> Надійність системи «картерні гази – моторна олива – вентиляція картера».....	10
<i>О.С. Слюсаров</i> Вплив кінематики опорно-зчіпних пристроїв на поперечну стійкість автопоїздів	12
<i>О.В. Дударенко, А.Ю. Сосик</i> До питання про радіус кочення колеса з пружною шиною	14
<i>Г.І. Слин'ко, С.А. Пащенко</i> Визначення навантажень на розпірне напівкільце колінчастого валу двигуна	16
<i>G. Slyn'ko, R. Sukhonos</i> Small Stratified-Scavenging Two-Stroke Internal Combustion Engine	18
<i>Н.О. Євсєєва</i> Розподіл легувальних елементів в структурі корозійностійкої сталі 03X17H3Г9МБДЮч.....	21
<i>С.О. Беженев</i> Вплив вмісту вуглецю та стану поверхні виробів з конструкційних сталей на їх роботоздатність в умовах довготривалої дії циклічних навантажень.....	22
<i>Н.Є. Рябошапка</i> Аналіз впливу зміни номінальної напруги електричної мережі на електронні системи управління двигунів внутрішнього згорання. 23	
<i>Р.Ф. Сухонос</i> Особливості роботизованої коробки перемикачів передач Renault EDC (DC4)	26
<i>Ю.І. Петрюк, О.М. Артюх</i> Сучасний стан та проблеми ефективності використання машинно-тракторних агрегатів в аграрному секторі України . 27	
<i>О.П. Кудін, О.В. Дударенко</i> Сучасний стан та економічна доцільність переобладнання автомобіля на альтернативне паливо в умовах 4-го року повномасштабної російської агресії	29
<i>Г.І.Слин'ко, Є.А.Тхор</i> Діагностика режимів роботи двигуна внутрішнього згорання за аудіосигналом з використанням нейронної мережі	32

<i>Г. І. Слинько, О. В. Стаднік</i> Визначення експлуатаційних властивостей високонавантажених зубчастих коліс ГТД	34
<i>В.Р. Білецький, О.М. Артюх</i> Стратегії розвитку електромобільності в Україні: виклики та перспективи	37
<i>Д.Р. Голубов, О.М. Артюх</i> Інноваційні технології в автомобільній промисловості: від автономних транспортних засобів до штучного інтелекту	39
<i>І.М. Журібіда, О.М. Артюх</i> Діагностика та прогнозування технічного стану транспортних засобів за допомогою ІОТ	42
<i>Д.А. Калоян, О.М. Артюх</i> Розвиток інфраструктури для зарядних станцій електромобілів: досвід європи та України	45
<i>А.В. Кулик, О.М. Артюх</i> Впровадження систем автоматизованого керування рухом у міських транспортних мережах	47
<i>М.А. Лінков, О.М. Артюх</i> Стратегії підготовки інженерів для роботи з високотехнологічними транспортними системами	50
<i>О.С. Повар, О.М. Артюх</i> Екологічні аспекти розвитку автомобільного транспорту: перехід до водневих палив	52
<i>М.О.Талан, О.М. Артюх</i> Системотехніка в проектуванні транспортних машин: інтеграція нових матеріалів та технологій	55
<i>Р.Ю. Второв</i> Вплив змінних коефіцієнтів чутливості на ефективність роботи гальмівної системи автомобіля	58
<i>Н.Є. Рябошапка, Р.Ю. Второв</i> Аналіз систем автономного керування автомобілем	59
<i>Г.І. Слинько, О.С. Смоляний</i> Роторно-поршневі двигуни: історія, модифікації та сучасний стан	61
<i>Н.О. Євсєєва, В.О. Тимошенко</i> Впускна та випускна системи ДВЗ	63
<i>В.В. Слинько, В.А. Пачколіна</i> Управління конкурентоспроможністю машинобудівних підприємств під час воєнного стану	65
<i>І.В. Івженко, О.М. Артюх</i> Роль штучного інтелекту в оптимізації логістичних процесів автомобільного транспорту	67
<i>Д.Д. Плинокос, О.М. Артюх</i> Сучасні підходи до підготовки фахівців з автономних транспортних систем	70

<i>В.В. Тишлек, О.М. Артюх</i> Перспективи розвитку автомобільного транспорту в умовах глобальної цифровізації.....	72
<i>Є.О. Шевченко, О.М. Артюх</i> Інтеграція систем безпеки в сучасні транспортні засоби: виклики та рішення.....	75
<i>М.Ю. Свістельнік, О.М. Артюх</i> Новітні методи навчання для підготовки спеціалістів у галузі автомобільного транспорту.....	77
<i>М.Е. Тімонін, О.М. Артюх</i> Технології машинного навчання для діагностики та профілактики несправностей транспортних засобів	80
<i>Христенко В.В., Артюх О.М.</i> Розвиток транспортних систем у контексті сталого розвитку: екологічні та економічні аспекти.....	83
<i>М.М. Панченко, С.О. Беженев</i> Аналіз ефективності процесів нагрівання термічно масивних виробів різної форми з хромистих сталей	86
<i>В.В. Слинко, М.П. Зайцев</i> Форсунки інжекторних систем двигунів автомобілів виробництва «АвтоЗАЗ».....	88
<i>П.В. Цокотун, М.П. Зайцев</i> Використання газодинамічних функцій при розрахунку руху газових потоків.....	90
<i>М.П. Зайцев, Р.Ф. Сухонос</i> Двигун Ferrari V12 з овальними поршнями	92

СЕКЦІЯ «ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

<i>С.М. Бойко, О.С. Бойко, А.В. Реута</i> Особливості застосування сучасних безпілотних літальних комплексів.....	96
<i>С.М. Бойко, О.В. Гайдайчук, В.Є. Коваленко</i> Перспективи організації мультимодальних транспортних вузлів	97
<i>С.М. Бойко, А.В. Реута, О.С. Бойко</i> Аспекти експлуатації сучасних безпілотних літальних комплексів.....	98
<i>Л.О. Васильєва, О.О. Острогляд, Є.В. Боженова</i> нові можливості електронної товарно-транспортної накладної (eТТН)	99
<i>А.М. Каплуновська, Ю.С. Зайко</i> Основні напрямки розвитку транспортної логістики України в умовах військового стану	102
<i>А.М. Каплуновська, О.С. Олексенко</i> Як логістика адаптувалась до військового стану?	104
<i>О.Б. Котов, С.О. Іщенко, Л.А. Веремєєнко, М.Р. Сущенко</i> Особливості взаємодії транспорту із аеропортовою інфраструктурою	106

<i>О.Ф. Кузькін, С.С. Табулиць</i> Предиктивне технічне обслуговування складського підйомно-транспортного обладнання на базі цифрових технологій індустрії 4.0	107
<i>О.Ф. Кузькін, А.А. Кудієвський</i> Конструкційні вимоги для засобів доступу осіб з інвалідністю до рухомого складу міського пасажирського транспорту	108
<i>О. В. Тарасенко, Д. А. Качанська</i> Дослідження стану аварійності з пішоходами на дорогах України та Польщі.....	109
<i>І.М. Райда, Н.А. Михайленко</i> До питання використання математичних моделей транспортного потоку в сучасних умовах	112
<i>О.Ф. Кузькін, І.М. Райда</i> Оцінка обсягів перевезень на міських маршрутах громадського транспорту по даних вибіркового обстеження пасажиропотоків	116
<i>В.Е. Трушевський</i> Розподілений телеавтоматичний контроль сигналів дорожніх світлофорів.....	117

СЕКЦІЯ «ТЕОРЕТИЧНА І ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА»

<i>О.С. Омельченко, Н.В. Шалева, О.О. Крамаренко</i> Дослідження напружено-деформованого стану двохопорної балки в залежності від характеру прикладеного навантаження.....	119
<i>О.С. Омельченко, Н.В. Шалева, Є.В. Тишин</i> Безвідкатна зброя, як приклад застосування закону збереження імпульсу	121
<i>В.Ю. Ланін, А.А. Скребцов</i> Використання засобів для поліпшення текучості металевих порошків	123
<i>А.А. Скребцов, В.І. Шевченко</i> освітні компоненти як основа біомеханіки (огляд).....	125
<i>А.Д. Фурсіна, Д.С. Тищенко</i> Визначення кінематичних характеристик точок тіл у випадку їх плоского руху.....	127
<i>V.Shevchenko S.Ryagin, R. Onyshchenko, S.Shumykin</i> Rational choice of flywheel material.....	128
<i>S. Ryagin, R. Onyshchenko</i> Comparative analysis of approaches to low-cycle fatigue.....	129
<i>S. Ryagin, R. Onyshchenko, S. Momot</i> Comparative estimation of autonomous energy supply methods for individual users	130

<i>А.Д. Фурсіна</i> Перспективи та застосування прискорених випробувань.....	131
<i>С.Ю. Кружнова</i> вплив тривалості імпульсу тиску на однорідну деформацію довгої циліндричної оболонки	133
<i>В.Г.Шевченко, О.Г. Попович</i> Вплив зміщень твірного контуру на зношування зубів пари циліндричних прямозубих коліс	135

СЕКЦІЯ «АВТОМОБІЛЬНА ТЕХНІКА ТА ТЕПЛОВІ ДВИГУНИ»

УДК 629.331:534.8

Артюх О.М.

канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЗНИЖЕННЯ ШУМУ ТА ВІБРАЦІЙ В АВТОБУСАХ: ВПЛИВ НА КОМФОРТ ПАСАЖИРІВ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В УМОВАХ СУЧАСНИХ МІСЬКИХ І МІЖМІСЬКИХ МАРШРУТІВ УКРАЇНИ

Шум та вібрації, що виникають під час руху автобусів, є одними з ключових факторів, які впливають на комфорт пасажирів та ефективність експлуатації транспортних засобів. Особливо гостро ця проблема проявляється в Україні, де стан дорожньої інфраструктури залишає бажати кращого. Нерівності дорожнього покриття, вибоїни та інші дефекти спричиняють значні вібрації, які передаються на кузов автобуса, а також на пасажирів, що призводить до зниження комфорту подорожі та підвищення експлуатаційних витрат. У сучасних умовах, коли вимоги до комфорту та екологічності транспортних засобів постійно зростають, питання зниження шуму та вібрацій у автобусах стає особливо актуальним.

Актуальність дослідження. Україна має одну з найбільших мереж автомобільних доріг у Європі, проте їхній стан значною мірою не відповідає сучасним вимогам. За даними Міністерства інфраструктури, близько 90% доріг потребують ремонту, що робить умови експлуатації автобусів особливо складними. Нерівності дорожнього покриття спричиняють інтенсивні вібрації, які передаються на кузов автобуса, пасажирів та агрегати, що призводить до дискомфорту та прискореного зносу ходової частини, шин і підвіски. Крім того, високий рівень шуму в салоні автобуса, який часто сягає 70–80 дБ, перевищує допустимі норми ВООЗ (55 дБ удень) і негативно впливає на здоров'я пасажирів.

Особливо важливим є вплив шуму та вібрацій на здоров'я пасажирів, які проводять у автобусах значну кількість часу, особливо на міжміських маршрутах. Постійний вплив вібрацій частотою 4–8 Гц, які є типовими для автобусів на нерівних дорогах, може викликати захворювання опорно-рухового апарату, порушення нервової системи та підвищену втому. Це робить питання зниження шуму та вібрацій не лише технічним, але й соціальним.

Економічний аспект також є важливим. Високий рівень вібрацій збільшує частоту ремонтів, наприклад, заміна амортизаторів кожні 50–70 тис. км замість 100 тис. км у країнах із кращими дорогами, а також витрати на

паливо через неефективну динаміку руху. Для перевізників, які працюють у умовах обмеженого фінансування, це суттєво знижує рентабельність.

Мета дослідження. Метою запропонованого дослідження є визначення інноваційних підходів до зниження шуму та вібрацій у автобусах для підвищення комфорту пасажирів та енергоефективності транспортних засобів в умовах українських доріг. Дослідження передбачає розробку нових підходів до проектування та модернізації автобусів, які враховуватимуть специфіку дорожніх умов України.

Методика дослідження. Для досягнення поставленої мети планується застосування комплексного підходу, який включає наступні етапи.

Акустичний аналіз. Планується провести вимірювання рівня шуму в салоні автобуса за допомогою шумомірів на різних ділянках доріг. Це дозволить виявити основні джерела шуму та їхній вплив на комфорт пасажирів. Вимірювання будуть здійснюватися на тестових ділянках із різним покриттям (асфальт із вибоїнами, гравій, бруківка) для оцінки частотного діапазону та амплітуди шуму.

Вібродинамічне моделювання. Використовуючи програмне забезпечення (наприклад, ANSYS), планується провести аналіз джерел вібрацій та їхнього впливу на кузов автобуса. Це дозволить оцінити ефективність різних демпфуючих елементів та конструкцій кузова. Моделювання буде проводитися для різних типів підвісок, включаючи традиційну ресорну, пневматичну та адаптивну з електронним управлінням.

Дорожні випробування. На реальних автобусах планується встановити датчики для вимірювання шуму та вібрацій під час руху на типових маршрутах (міських – до 50 км, міжміських – до 200 км). Випробування включатимуть різні режими руху (20–80 км/год) і типи покриття для оцінки впливу швидкості та дороги на рівень дискомфорту пасажирів і шумове навантаження.

Очікувані результати. На основі планованих експериментів передбачається наступне.

Розробити рекомендації щодо використання шумоізоляційних матеріалів для облицювання салону автобуса, що дозволить знизити рівень шуму на 15–20%.

Визначити ефективність демпфуючих елементів для зменшення передачі вібрацій на салон. Очікується, що використання гумових демпферів дозволить знизити рівень вібрацій на 10–15%.

Оцінити можливість застосування систем активного шумозаглушення, які дозволяють нейтралізувати шум за рахунок генерації протифазних звукових хвиль. Очікується зниження рівня шуму в салоні на 5–10 дБ.

Оптимізувати вибір шин, дослідивши вплив їхньої жорсткості, малюнка протектора та матеріалів на плавність ходу й зчеплення з нерівним покриттям. Очікується покращення показників на 10–15%.

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

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

УДК 621.43.068

Кубіч В.І.

канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

НАДІЙНІСТЬ СИСТЕМИ «КАРТЕРНІ ГАЗИ – МОТОРНА ОЛИВА – ВЕНТИЛЯЦІЯ КАРТЕРА»

При оцінці надійності будь-якої технічної системи обов'язковим є складання функціональної структурної схеми із визначенням основних її елементів і зв'язків між ними. Це дає можливість виконувати відповідні розрахунки структурної надійності дослідної технічної системи та визначати шляхи її підвищення. Такою технічною системою є і система «картерні газы – моторна олива – вентиляція картера», елементи якої наведено на рисунку 1.

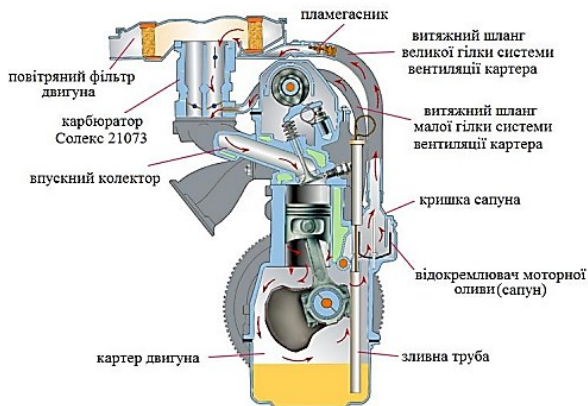


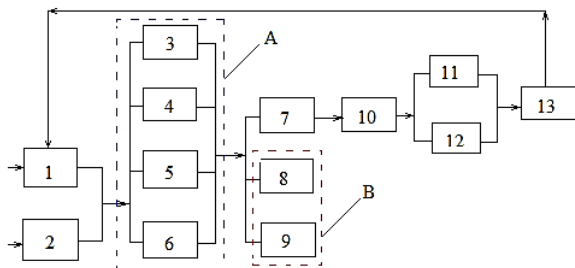
Рисунок 1 – Елементи системи вентиляції картера двигуна VA3-21213

Для системи вентиляції, яка зображена на рисунку 1, складена структурно-функціональна схема взаємодії окремих елементів 1-13, які входять до складу системи «картерні гази – моторна олива – вентиляція картера», та обумовлюють надійність прояву зв'язків між її підсистемними складовими: гази, що прориваються у картер, моторна олива (рис. 2). Виходячи з позначеного, представляється можливим здійснити оцінку прояву надійного впливу газів, що прориваються у картер, на позитивну зміну експлуатаційних властивостей оливи, що розглядається як негативний фактор. При цьому застосовується термін «ненадійність системи». Відповідно з цим представляється можливим оцінити ненадійний вплив газів, що прориваються у картер. Це буде розглядатися як надійність системи.

З урахуванням з'єднання елементів попередньо отримано математичний вираз, який визначає результуючу ймовірність на зниження експлуатаційних показників моторної оливи – результуючу надійність системи:

$$R_z = [1 - (1 - R_i)^2][1 - (1 - R_i)^4] [1 - (1 - R_i)^2[1 - R_i^3(1 - (1 - R_i)^2)]],$$

де R_i – ймовірність безвідмовної роботи відповідно кожного з елементів (1-13) побудованої структурно-функціональної схеми.



1 – об’єм повітря; 2 – об’єм вуглеводнів C_xH_y палива; 3-6 – об’єм газів, що прориваються із циліндра; 7 – об’єм картерного простору; 8 – об’єм оливи, яка стікає із вузлів тертя; 9 – об’єм оливи у піддоні; 10 – відокремлювач оливи; 11 – мала гілка системи вентиляції; 12 – велика гілка системи вентиляції; 13 – впускний колектор; А – підсистема газів, що прориваються; В – підсистема моторної оливи; → – рух газоподібної складової («повітря», «повітря + газ, що відпрацьовував + частки оливи», «повітря + газ, що відпрацьовував»)

Рисунок 2 – Структурно-функціональна схема надійності зв’язків між елементами системи «картерні гази – моторна олива – вентиляція картера»

УДК 629.013.001

Слюсаров О.С.

канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ВПЛИВ КІНЕМАТИКИ ОПОРНО-ЗЧІПНИХ ПРИСТРОЇВ НА ПОПЕРЕЧНУ СТІЙКІСТЬ АВТОПОЇЗДІВ

В ході виконання магістерських робіт на кафедрі «АТД та ГЕУ» проводились дослідження впливу подовжніх кутів осі повороту поворотних пристроїв причіпних і сидельних автопоїздів на поперечну стійкість автопоїздів. Подовжні кути нахилу осі повороту керованої осі причіпного автопоїзда та поворотного пристрою сидельного автопоїзда приводять до перерозподілу навантаження між колесами поворотної осі від зовнішнього до внутрішнього колеса відносно центра повороту автопоїзда, утворюючи зворотній момент, який одночасно з протидією до перекидного моменту навантажує додатково поворотні пристрої.

В даній роботі пропонується поліпшення поперечної стійкості автопоїздів без збільшення навантаження на деталі поворотних пристроїв. Поліпшення поперечної стійкості автопоїздів без збільшення навантаження на деталі поворотних пристроїв в експлуатаційних умовах доцільніше

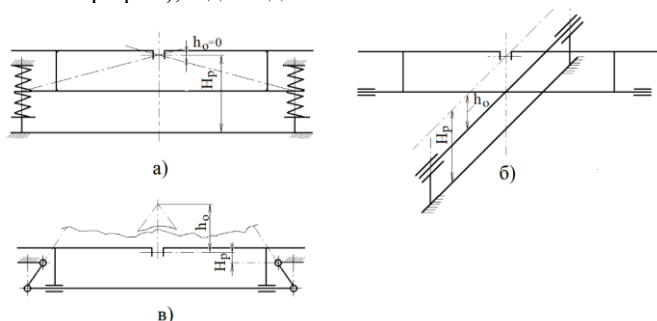
здійснювати впливом на положення осі крену підресореної маси причепа важільним кріпленням опорно-зчіпного чи поворотного пристрою, що дозволяє змінювати положення їх миттєвих центрів крену, досягаючи необхідного положення осі крену підресореної маси причепа та зменшення навантаження поворотних пристроїв і переміщення центра мас причепа при русі на віражах.

Мета роботи досягається запропонованим шарнірним кріпленням опорно-зчіпного вузла до рами тягача сидельного автопоїзда або поворотного круга до поворотної осі причіпного автопоїзда, яке при вибраних довжинах важелів і кутах їх нахилу в вертикально-поперечній площині дозволяє суттєво змінювати по висоті положення центру поперечного крену поворотного пристрою та кута нахилу осі поперечного крену причепа, впливаючи на момент крену підресореної маси причепа при дії поперечної сили змінюючи величини плеча крену.

На сучасних причепах найбільш широко застосовуються залежні та незалежні підвіски осей з різними типами пружних елементів на подовжніх важелях, які мають обмежені можливості за впливом на висоту їх центру крену, але положення поперечної осі крену підресореної маси причепа можна змінювати за рахунок положення центрів крену поворотних чи опорно-зчіпних пристроїв.

Для різних опорно-зчіпних пристроїв висота розташування захватів (центрів опорно-зчіпних пристроїв) відносно рами причепів H_p і висота положення захватів відносно миттєвих центрів крену h_o показані на рисунку 1.

На рисунку 2 показано положення осі поперечного крену і плеча крену підресореної маси причепа для опорно-зчіпних пристроїв з віссю поперечного крену (величини без апострофа) та з шарнірним кріпленням (величини з апострофом), відповідно.



а – одноступеневий шарнір з пружною втулкою; б – двоступеневий шарнір; в – двоступеневий шарнір з важелями

Рисунок 1 – Положення центрів крену опорно-зчіпних пристроїв

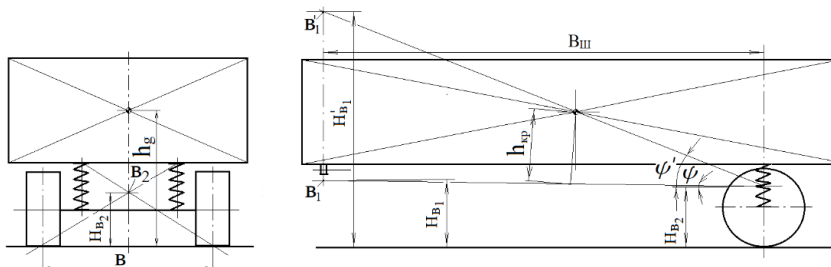


Рисунок 2 – Положення осі поперечного крену причепа із залежною підвіскою

Науково-практична цінність запропонованого вдосконалення шарнірних з'єднань поворотних пристроїв причепів полягає в його впливі на кінематичні параметри та стійкість руху автопоїздів, що дозволить підвищити безпеку їх руху та зменшити кількість дорожньо-транспортних пригод, без суттєвої зміни навантажень деталей конструкції.

УДК 539.37

Дударенко О.В.¹, Сосик А.Ю.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, конструктор-технолог ТОВ «Kensus» (Голдап, Польща)

ДО ПИТАННЯ ПРО РАДІУС КОЧЕННЯ КОЛЕСА З ПРУЖНОЮ ШИНОЮ

Одним із найважливіших параметрів роботи ведучого колеса є його кінематичний радіус r_k . У літературі наводяться формули, що виражають значення r_k у вигляді залежності від його вихідних розмірів (вільного радіусу), осьового навантаження величини нормальної жорсткості шини і деяких інших факторів. Загальний недолік цих формул полягає в тому, що вони не враховують повною мірою навіть основні параметри колеса, що визначають величину його кінематичного радіусу. Експериментальні дослідження показують, що кінематичний радіус визначається як нормальним (осьовим) навантаженням колеса, так і величиною крутного моменту M_k , тому що останній викликає додаткову деформацію пружної шини. Також радіус кочення може бути представлений у вигляді складних функцій, одна з яких залежить від окружної деформації шини, викликаної нормальним навантаженням, а друга – від окружної деформації, викликаної прикладеним до колеса моментом.

Метою дослідження є вивчення впливу на кінематичний радіус кочення колеса з пружною шиною осьового навантаження та крутного моменту. Розглянемо вплив зазначених силових впливів і відповідних деформацій на радіус кочення. У колеса, яке рухається жорсткою недеформуємою горизонтальною дорогою у веденому режимі ($M_k = 0$), нормальне навантаження та відповідна нормальна реакція R опорної поверхні є, мабуть, єдиним силовим фактором, який викликає деформацію шини, що істотно впливає на радіус кочення.

Під дією двох зазначених сил у зоні контакту довжиною, що відповідає сектору колеса з деяким кутом, наприклад, α , виникає радіальна деформація. Шина веденого колеса, що зазнає у процесі кочення лише радіальні деформації, при повороті на цей кут переміщується на відстань, що дорівнює довжині плями контакту.

Для встановлення абсолютної величини тангенціального стиснення шини потрібно знати вільний радіус шини і фактичну довжину пройденого шляху за один оберт колеса. Величину пройденого шляху можна обчислити, якщо зв'язати кут α та довжину плями контакту. Довжина плями контакту шини з дорогою пов'язана з динамічним і вільним радіусом колеса аналітичною залежністю. Величину динамічного радіусу можна виразити і через вільний радіус і величину радіальної деформації шини. Нормальний прогин шини залежить від осьового навантаження на колесо та радіальної жорсткості самої шини. Зі збільшенням нормального навантаження кінематичний радіус веденого колеса практично лінійно знижується, що добре узгоджується з результатами експериментальних досліджень. Якщо колесо ведуче і до нього підводиться крутний момент, то дія останнього викликає тангенціальну деформацію шини, тобто її закручування, внаслідок чого обід колеса здійснює поворот щодо периферії шини.

Щоб усі елементи протектора деформованої шини один раз вступили в контакт з опорною поверхнею, обід ведучого колеса повинен повернутись на кут істотно більший, ніж той, який властивий веденому колесу, що не має закручування.

З відомих формул випливає, що при підведенні до колеса крутного моменту повинно відбуватися зменшення радіуса його кочення, а при підведенні гальмівного, навпаки – його збільшення. Аналіз показує, що такий характер зміни радіусу кочення, пропонований теоретичними формулами, повністю узгоджується з результатами експериментальних досліджень радіусу кочення різних типів пневматичних шин. Причому, за відсутності буксування і проковзування шини щодо опорної поверхні взаємозв'язок радіуса кочення і крутного моменту носить практично лінійний характер. Тож не дивно, що свого часу Є. А. Чудаков, провівши експериментальні

дослідження, вибрав для апроксимації емпіричної залежності r_k від M_k саме лінійну модель.

Висновки. Під дією осьового навантаження і крутного моменту є значні зміни кінематичного радіусу колеса, які обумовлені радіальними і тангенціальними деформаціями пружної шини. При цьому ступінь чутливості шини до дії зазначених навантажень визначається показниками її основних пружних властивостей, тобто коефіцієнтами радіальної та крутильної жорсткості, які в сукупності з прикладеними навантаженнями та вільним радіусом формують величину кінематичного радіусу колеса. Отримані теоретичним шляхом формули повною мірою відповідають результатам експериментальних досліджень і підтверджують, що в діапазоні помірних значень осьового навантаження і крутного моменту має місце майже лінійний взаємозв'язок кінематичного радіусу колеса з цими параметрами його силового навантаження.

УДК 621.43

Слинько Г.І.¹, Пащенко С.А.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² викл. спец. дисциплін ВСП ТМФК НУ «Запорізька політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ НА РОЗПІРНЕ НАПІВКІЛЬЦЕ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛУ ДВИГУНА

Колінчастий вал – це одна з найбільш відповідальних та навантажених деталей двигуна, трудомісткість виготовлення якого складає 15...20% від загальної трудомісткості. Міцність колінчастого валу визначає його придатність до ремонту, а також навантаження на блок циліндрів, зноси підшипників тощо.

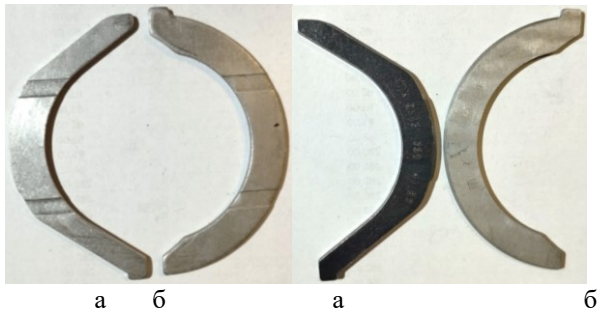
Авторами на основі практичного досвіду встановлено, що на двигунах Peugeot EB2 автомобілів концерну PSA, які працюють у парі з роботизованою коробкою перемикачів передач, спостерігається інтенсивний знос пари тертя «напівкільце – щока другої корінної шийки колінчастого валу».

Постійно діючі сили на деталі пари тертя при натисканні на механізм зчеплення призводять до зменшення змащення цих деталей. Через це розпірне напівкільце починає інтенсивно зношуватись, що призводить до пошкодження упорної частини щоки другої шийки колінчастого валу.

Напівкільце (рис. 1) біметалеве: внутрішня сторона зі сталі, зовнішня (робоча) – виготовлена з алюмінієвого сплаву. Напівкільце має спеціальний

виступ для запобігання прокручуванню. Товщина стандартного напівкільця 2,3 мм.

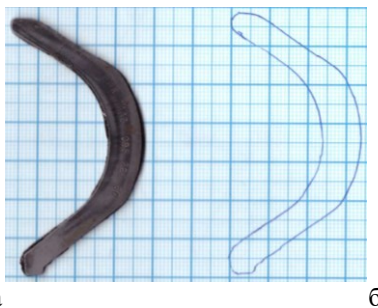
Зміною геометрії та конструкційних матеріалів виробник досяг підвищення ресурсу з 15...20 тис. км (стандартні напівкільця) до 50 тис. км (модернізовані напівкільця). Данні цифри отримані автором роботи в процесі ремонту таких двигунів з різним мотопробігом.



Лицьова (робоча) сторона Тильна сторона
а – стандартне; б – модернізоване;

Рисунок 1 – Напівкільця двигуна Peugeot EB2 різної форми

Авторами експериментально визначено величину зусилля осьового навантаження при повному вижимі зчеплення ($P = 1961,33$ Н). Графічним методом визначено площі напівкільць, які сприймають навантаження, що діє вздовж колінчастого валу (рис. 2). Площа стандартного напівкільця складає ($F_s = 545 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$) а модернізованого (збільшеного за розмірами) – ($F_m = 754 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$). З наведених цифр видно, що завод-виробник збільшив площу модернізованого напівкільця на 209 мм^2 (на 38,3%).



а – натурне напівкільце; б – контур

Рисунок 2 – Схема вимірювання площі напівкільць

Питомий тиск на площу стандартного розпiрного напiвкiльця при повному вижимi зчеплення визначали за формулою:

$$\rho_s = \frac{1961,33 H}{545 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} = 3,599 \text{ МПа.} \quad (1)$$

Для модернiзованого напiвкiльця (рис. 1, б) (зi збiльшеною площею) питомий тиск при повному вижимi зчеплення складає:

$$\rho_m = \frac{1961,33 H}{754 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} = 2,601 \text{ МПа.} \quad (2)$$

Таким чином, з розрахованих величин питомого тиску на розпiрне напiвкiльце видно, що збiльшення площi модернiзованого напiвкiльця виробником призвело до зменшення питомого тиску на 0,998 МПа (на 27,7%).

УДК 621.434

Slyn'ko G.¹, Sukhonos R.²

¹ Doctor of Technical Science, professor, National University «Zaporizhzhia Polytechnic»

² Senior teacher, PhD student, National University «Zaporizhzhia Polytechnic»

SMALL STRATIFIED-SCAVENGING TWO-STROKE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

To meet the efficiency and environmental requirements for small two-stroke engines, the authors propose using of stratified scavenging [1]. The working process of such an engine involves the use of air instead of the air/fuel mixture to clean the combustion chamber from exhaust gases. This addresses the main problem of two-stroke engines – the formation of a significant amounts of toxic combustion products, primarily burned hydrocarbons that enter the exhaust channel in the form of gasoline vapors. Engine efficiency also improves.

Stratified scavenging has been implemented in the design of mass-produced single-cylinder two-stroke engines by engineers from Husqvarna (Figure 1) and Stihl. A crankcase scavenged two-stroke engine (1) comprises a cylinder (15) including scavenging ports (31) and at least one exhaust port, a piston (13), a

connecting rod (17), a crankshaft (18) and a generally sealed crankcase (16). The crankcase inducts a fuel/air mixture and is connected to the scavenging ports (31) through transfer ducts (3) which, as the piston (13) moves from a lower position towards a higher position, are inducting pure air let in from connecting ports (8) near the scavenging ports (31) in the cylinder (15). The transfer duct (3) volume is less than 20% of a volume swept by the piston (13) during an entire revolution of the crankshaft (18). Recesses (10) are formed in an outer periphery of the piston (13), said recesses (10) co-operating with the connecting ports (8) in the cylinder wall for controlling the filling of the transfer ducts (3) with air. An inlet tube (22) in the cylinder wall supplies the air/fuel mixture, said inlet tube (22) being connected to the crankcase (16) and covered by the piston (13) as the piston (13) is in the lower position, and open to the crankcase (16) as the piston (13) is in the higher position [2].

In principle, such a system operates by first a portion of air enters the combustion chamber, followed by the fuel/air mixture. As a result, some of the fuel previously lost during scavenging is retained. In addition, this allows to increase the overlap angle, that is, increase the time allocated for cleaning the cylinder, and the quality of cleaning increases.

To assess the efficiency of two-stroke engines with the proposed stratified scavenging, the authors in [3] developed an algorithm for calculating the window cross-section per cycle and evaluated the performance of such systems.

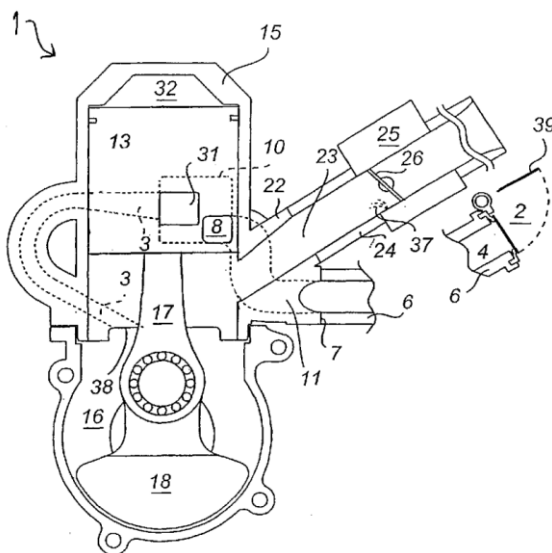


Figure 1 – Scheme of stratified-scavenging two-stroke engine [2]

The thermodynamic cycle of a carburetor engine of a traditional design and a modernized engine (with a stratified scavenging) was calculated. Key performance indicators were calculated: maximum cylinder pressure increased by 11%, engine power by 17%, and torque by 15%. The fuel economy of the modernized engine is 6% at nominal mode. The obtained data do not contradict the research [4].

Based on the comparative analysis of the obtained engine indicators, it can be assumed that the use of stratified scavenging of cylinders is effective for improving the characteristics of two-stroke engines.

However, there are some disadvantages, including increased design complexity, higher cost, and tuning difficulties. However, stratified scavenging opens up new possibilities for two-stroke engines.

REFERENCES

1. Slynko G., Sukhonos R. Methods for Improving 2-stroke Internal Combustion Engines. Тижень науки-2024. Транспортний факультет. Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 15–19 квітня 2024 р. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2024. С. 81–83.
2. Two-stroke engine comprising transfer ducts for inducting air in the cylinder, the ducts having a volume being less than 20% of a volume swept by the piston : WO 2005/028828 A1 F02B 25/22 / P. Martinsson, M. Bergman, R. Gustafsson. Published 31.03.2005. 18 p.
3. Слинько Г. І. Полуведько С. Ю., Сухонос Р. Ф., Слинько В. В. Дослідження процесу продувки двотактного бензинового двигуна з системою продувки циліндра чистим повітрям з метою покращення техніко-економічних показників // Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування : Матеріали 10-ї Міжнародної науково-практичної конференції, 12–13 вересня 2019. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2019. С. 224–226.
4. Ciampolini M., Raspanti S., Romani L., Ferrara G., Merolla S., Gagliardi V. On the Effects of Piston Pocket, Intake Port, and Transfer Duct Geometries in a Small Stratified-Scavenging Two-Stroke Engine // SAE Technical Papers. 24 Oct 2023. DOI: 10.4271/2023-01-1825

РОЗПОДІЛ ЛЕГУВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В СТРУКТУРІ КОРОЗІЙНОСТІЙКОЇ СТАЛІ 03X17H3Г9МБДЮЧ

Титан є конструкційним матеріалом та основою високоміцних сплавів для авіації, суднобудування та атомної енергетики. При цьому основною проблемою отримання титану залишаються незадовільні характеристики корозійностійких сталей і сплавів, що застосовуються як матеріал для реакторів магнійтермічного виробництва губчастого титану. Тому підвищення фізико-механічних характеристик цих матеріалів є основною задачею, яку можна вирішити шляхом багатокомпонентним легуванням.

Метою даної роботи є аналіз розподілу легувальних елементів та фазового стану, їх вплив на експлуатаційні властивості сталі 03X17H3Г9МБДЮЧ.

Дослідження розподілу легувальних елементів проводили на растровому електронному мікроскопі РЕМ-106 И, який оснащений системою рентгеноспектрального енергодисперсійного мікроаналізу при прискореній напрузі 20 кВ у вторинних електронах. Рентгеноспектральний мікроаналіз (РСМА) виконаний у порівнянні з отриманих спектрограм з стандартами, які записані на базі комп'ютера. Точність визначення елементів спектрометром становить 0,1% (мас.). Розподіл хімічних елементів за обсягом зразка визначаємо по центральній осі у вертикальних та горизонтальних перерізах, вибраних характерних точках дослідженого зразка (рис. 1, 2).

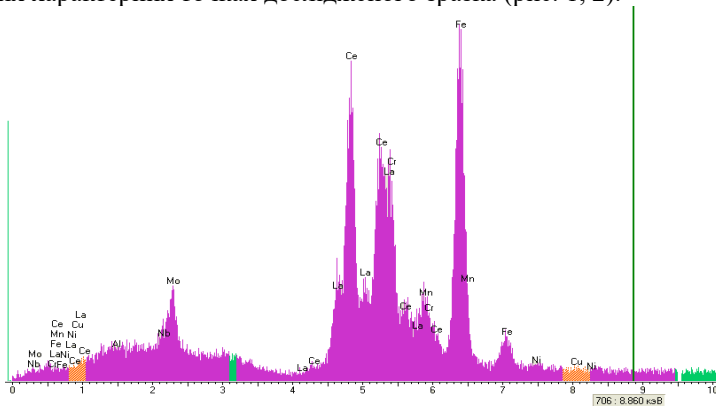


Рисунок 1 – Спектрограма розподілу легуючих елементів сталі 03X17H3Г9МБДЮЧ

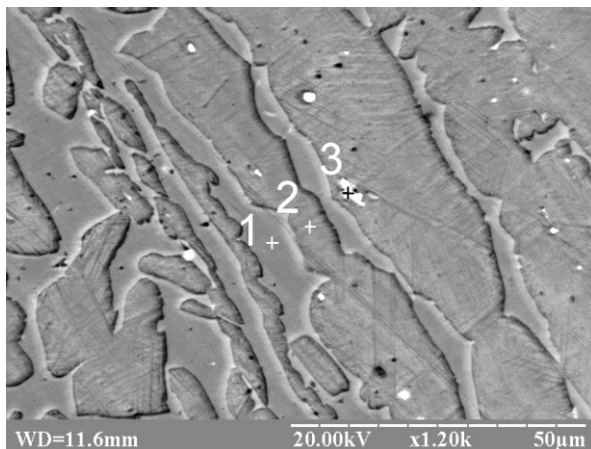


Рисунок 2 – Мікроструктура сталі 03X17H3Г9МБДЮч після загартування (1050°C)

Результати розшифрування спектрограм показують, що в області інтенсивного забарвлення зразка проявляється підвищена концентрація феритоутворюючих елементів: Al, Mo, Nb, La, Ce, що стало результатом кристалізації зливка.

Встановлено, що у сталі 03ХН3Г9МБДЮч за високих температур експлуатації переважає аустенітна структура, це сприяє збереженню її міцності, а отже довговічності реакторів. Мікроструктура дослідженої сталі є зернами аустеніту з включеннями феритної складової. Після загартування структура сталі 03X17H3Г9МБДЮч являє собою подрібнені зерна аустеніту та утворені невеликі колонії фериту в інтервалі від 200°C до 800°C. Зростання зерен з однорідною структурою спостерігали при 900...1050°C, що обумовлено $\alpha \rightarrow \gamma$ перетворенням.

УДК 539.43:669.14

Беженів С.О.

канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ВПЛИВ ВМІСТУ ВУГЛЕЦЮ ТА СТАНУ ПОВЕРХНІ ВИРОБІВ З КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЕЙ НА ЇХ РОБОТОЗДАТНІСТЬ В УМОВАХ ДОВГОТРИВАЛОЇ ДІЇ ЦИКЛІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

В сучасному машинобудуванні широкого розповсюдження знайшли вуглецеві сталі з різним вмістом вуглецю, який зумовлює специфіку

структури матеріалу, що забезпечує певні властивості. В умовах довготривалої дії циклічних навантажень виробів з вуглецевих сталей важливим фактором виступає стан їх поверхні. Використовують широкий спектр обробок, спрямованих на підвищення міцності саме поверхневого шару виробів, зокрема поверхневе ультразвукове зміцнення.

Досліджували зразки конструкційних вуглецевих сталей з різним вмістом вуглецю (сталь 20, сталь 45, сталь У7А) як в стані після нормалізації, так і після ультразвукового зміцнення поверхні. Аналіз мікроструктури досліджуваних матеріалів здійснювали після випробувань зразків на багатоциклову втому в умовах консольного симетричного згину. Результати випробувань обробляли згідно з гіпотезою про наявність полюса на кривих втоми матеріалів одного класу з різною технологічною спадковістю. Для цього визначали координати полюсів кривих багатоциклової втоми досліджуваних сталей.

Експериментальним шляхом встановлено, що значення ординати полюсу становить 1050 МПа, що є пропорційним до величини енергії активації руйнування об'єму одного моля металу, що становить основу сплаву. Абсцису полюсу для досліджуваних сталей визначали шляхом пошуку оптимальних значень основних статистичних параметрів (максимального коефіцієнта кореляції з мінімальним стандартним відхиленням). Значення абсцис полюса кривих багатоциклової втоми, очевидно, визначається кінетикою стабілізаційних деформаційних процесів у матеріалі при циклічному навантаженні, яка залежить від хімічного складу сплаву. Спостерігали незначне зменшення величини абсцис полюса зі збільшенням вмісту вуглецю в сталі. Дослідження показали, що оптимальне значення абсциси полюса для вуглецевих сталей приблизно відповідає 100 циклам навантаження.

Встановлено, що зміцнювальна обробка поверхні не змінює основну структуру матеріалу, але підвищує характеристики опору втомі.

УДК 621.43.044

Рябошапка Н.Є.

старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗМІНИ НОМІНАЛЬНОЇ НАПРУГИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ НА ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ

В даний час спостерігається тенденція збільшення числа електронних приладів та систем в автомобілях. Для електронної апаратури підвищення

напруги бортової мережі впливає на вибір елементної бази та схемотехнічних рішень електронних систем.

Розглянемо вплив підвищення напруги на потужні силові керуючі електронні елементи (транзистори, тиристори), які застосовують майже у всіх електронних пристроях для управління виконавчим механізмом. Для бортмережі в 12 В струм навантаження силових кіл становить кілька ампер. З підвищенням напруги в 3...4 рази в стільки ж разів зменшується струм, що проходить через транзистор, що в більшості випадків сприятливо позначається на його роботі. Проте при цьому необхідно вибирати транзистори з підвищеною (у стільки ж разів) допустимою напругою на колекторі в порівнянні з транзисторами, розрахованими на 12 В, або застосовувати спеціальні заходи для зниження перенапруги в силових ланцюгах. У деяких випадках це завдання важко розв'язати.

Для резисторів, конденсаторів, малопотужних напівпровідникових приладів існує великий вибір елементів на напругу понад 40 В. Для електронної апаратури, виконаної на елементах цієї групи, децю зміняться схемотехнічні рішення окремих вузлів, знизиться загальний струм споживання пристрою. Але в даний час використання таких елементів у пристроях обмежене, їх використовують як допоміжні елементи для узгодження, розв'язування, налаштування у пристроях, виконаних на аналогових та цифрових мікросхемах.

Для пристроїв, де основними елементами є аналогові мікросхеми, підвищення напруги дозволяє вибирати мікросхеми з необхідними характеристиками з будь-якої серії. Для більшості аналогових мікросхем напруга живлення дорівнює 30 В (± 15 В) і тому їх важко було використовувати раніше на автомобілях з бортмережею 12 В. Якщо врахувати, що для стабільних характеристик, як правило, необхідно використовувати джерела стабілізованої напруги, то з урахуванням режиму роботи мінімальна напруга бортмережі має бути не нижче 33...35 В.

Таким чином, при використанні напруги бортмережі в 48 В стабілізатор напруги працює при найбільш оптимальному режимі, забезпечуючи стабільність живлення аналогових мікросхем при значному коливанні напруги бортмережі та порівняно більшим ККД стабілізатора (~70%). У разі використання мікросхем з напругою живлення 10...20 В потужність, що розсіюється стабілізатором, буде незначною тільки для мікросхем з малим струмом споживання (загальний струм стабілізатора 10...50 мА). У цьому випадку, незважаючи на низький ККД (25%), не потрібні великі радіатори для відведення теплоти від стабілізатора.

Найбільш перспективним все ж таки є використання в електронній апаратурі автомобіля цифрових інтегральних мікросхем.

Для мікропроцесорів та потужних мікропроцесорних комплексів існують ті ж проблеми, що і для низькопорогових серій цифрових інтегральних мікросхем та мікропроцесорів (напруга живлення $U_n = 5 \text{ В}$ і приблизно такий самий струм споживання). В даний час на автомобілях з бортмережею 12 В в електронних блоках з цифровими мікросхемами (у кожному з них) застосовують параметричні стабілізатори, що знижують напругу з 12 В до 5 В, виконані в одному корпусі.

У бортмережі на 24 В і вище застосування цих і подібних стабілізаторів неможливе за паспортними характеристиками і через низький ККД (20%), а також через велику потужність, що виділяється (загальний струм на один електронний блок 0,5...1 А). Розробляти спеціальні параметричні стабілізатори на напругу 48 В дорого та недоцільно.

Тоді залишаються такі можливості підвищення бортової напруги за існуючої елементної бази:

- застосування низькопорогових (мікропотужних) мікросхем та мікропроцесорів ($U_n = 5 \dots 15 \text{ В}$);
- послідовне з'єднання за напругою живлення декількох електронних блоків з приблизно однаковою потужністю;
- використання додатково з основною бортмережею в 48 В ще однієї напруги (5 В або 12 В);
- застосування в кожному електронному блоці імпульсних стабілізаторів напруги або конвертерів (трансформаторні перетворювачі).

Використовувати ці методи (замість параметричних стабілізаторів) можна й у пристроях, виконаних на звичайних елементах та аналогових мікросхемах.

Спосіб послідовного з'єднання за напругою живлення декількох електронних блоків з приблизно однаковою потужністю здається більш простим, але при його використанні повинні виконуватись умови:

- повна потенційна розв'язка між електронними блоками на різних рівнях живлення щодо «землі» (використання оптронних пар);
- споживання струму в кожному ланцюзі кожним електронним блоком має бути протягом часу незмінним.

Спосіб використання додаткової напруги єдиний, який дозволяє найбільш безболісно перейти на підвищену напругу бортмережі автомобіля (додаткова бортмережа на 12 В), так як можна застосувати всі малопотужні прилади, що використовувалися на попередніх моделях, включаючи неелектронні прилади (щитки приладів, релейні схеми управління, перемикачі).

Найбільш перспективним рішенням у разі підвищення напруги бортмережі є використання імпульсних стабілізаторів. Це може здійснюватися або заміною імпульсним стабілізатором у кожному

електронному блоці параметричного стабілізатора або встановлення одного потужного перетворювача напруги на 12 (або 5 В) для допоміжної бортмережі автомобіля зі зниженою напругою.

УДК 621.833

Сухонос Р.Ф.

старш. викл., асп. НУ «Запорізька політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИЗОВАНОЇ КОРОБКИ ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ RENAULT EDC (DC4)

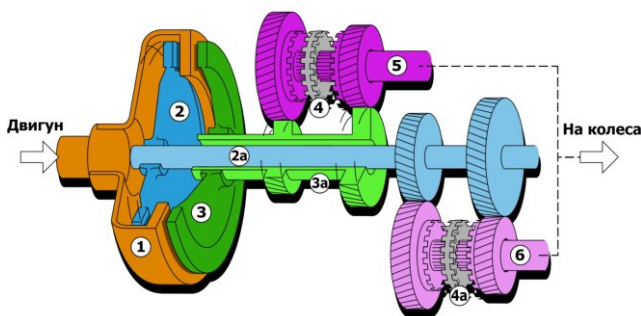
За останні десятиліття на легкових автомобілях отримали значного поширення роботизовані механічні коробки перемикання передач (КПП). Наразі вони присутні практично у всіх лінійках моделей провідних автовиробників. Конструкція сучасної роботизованої коробки передач простіша, ніж у автоматичних КПП з гідротрансформатором, проте має ускладнену конструкцію подвійного зчеплення. В залежності від величини потоку потужності, що передається КПП, може бути «сухе» зчеплення (на моделях до 250 Н·м) або «мокре» зчеплення.

Значної популярності в Україні отримали автомобілі з роботизованою КПП Renault Megane, Fluence, Scenic та Grand Scenic. На них встановлюються КПП EDC (DC4), розроблена німецькою компанією Getrag. Конструкція цієї шестиступінчастої КПП доволі проста (рисунок 1). Обертальний момент з двигуна передається на подвійне зчеплення. Якщо вибрано I, III або V передачу, то обертальний момент передається з диска зчеплення 1 на диск 3, на первинний вал 3а, вихідний вал 5. Якщо вибрана II, IV, VI або задня передача, то обертальний момент передається з диска зчеплення 1 на диск 2, на первинний вал 2а, вихідний вал 6. При роботі КПП на певній передачі (і відповідно, при обертанні двох валів під навантаженням), інші два вали також обертаються – синхронізатор спрацював – і КПП готова переключитися на вищу або нижчу передачу. Момент перемикання передач задається електронним блоком керування. Вижим зчеплення здійснюється електричним приводом (актуатором).

Швидке плавне, без ривків, вчасне перемикання забезпечує динаміку автомобіля при розгоні не гіршу, ніж з механічною КПП, та зменшену витрату палива. В процесі використання така КПП забезпечує більший рівень комфорту водію, оскільки вивільняє ліву ногу від вижиму зчеплення.

До недоліків роботизованої КПП EDC (DC4) можна віднести значну вартість комплекту зчеплення, складність його заміни, потреба в періодичній адаптації зчеплення (коригування зазору між дисками зчеплення). Блоки

керування на КПП ранніх моделей часто виходили з ладу при невеликих пробігах.



1 – маховик; 2 – диск зчеплення II, IV, VI і задньої передач; 2а – внутрішній первинний вал; 3 – зчеплення I, III, V передач; 3а – зовнішній первинний вал; 4, 4а – синхронізатори; 5, 6 – вихідні вали

Рисунок 1 – Конструкція роботизованої коробки передач Renault EDC (DC4)

УДК 629.113

Петрюк Ю.І.¹, Артюх О.М.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ УКРАЇНИ

Машинно-тракторні агрегати (МТА) є основою механізації сільського господарства України, забезпечуючи виконання ключових операцій – від обробітку ґрунту до збирання врожаю. Однак сучасний стан машинно-тракторного парку характеризується низькою ефективністю через застарілі конструкції, недостатній рівень автоматизації та обмежену адаптацію до інноваційних технологій.

Наприклад, значна частка тракторів, таких як моделі серії Т-150 або МТЗ-80, має механічні системи управління, які не дозволяють точно регулювати робочі параметри, що призводить до перевитрат палива на 20–30% порівняно з сучасними аналогами. У контексті України, де переважають чорноземи з високою щільністю та різноманітні кліматичні умови, неефективність МТА стає критичною проблемою, яка гальмує підвищення продуктивності аграрного сектору.

Зростання вимог до точності сільськогосподарських операцій, таких як посів або внесення добрив, додатково підкреслює актуальність аналізу технічного стану МТА та виявлення факторів, що знижують їхню ефективність. Таким чином, дослідження цієї теми є важливим кроком для розуміння сучасних технічних викликів та перспектив удосконалення машинно-тракторних агрегатів.

Метою дослідження є аналіз сучасного технічного стану машинно-тракторного парку в аграрному секторі України та виявлення ключових технічних проблем, що впливають на ефективність використання МТА. На початковому етапі роботи особлива увага приділяється теоретичним основам оцінки експлуатаційних характеристик техніки та систематизації факторів, які обмежують її продуктивність.

Завдання дослідження:

- проаналізувати структуру машинно-тракторного парку України з точки зору технічних характеристик, зокрема вікового складу, типу двигунів та рівня оснащення автоматизованими системами;

- вивчити вплив основних технічних параметрів МТА (потужність, точність систем управління, витрата палива) на ефективність виконання сільськогосподарських операцій;

- систематизувати технічні проблеми, пов'язані з експлуатацією МТА, включаючи застарілість конструкцій, недостатню інтеграцію навігаційних систем та обмежену точність робочих органів.

Дослідження зосереджується на теоретичному аналізі технічного стану машинно-тракторних агрегатів, які експлуатуються в Україні. Одним із ключових аспектів є оцінка структури парку техніки. За даними статистики, понад 60% тракторів в Україні мають вік більше 15 років, що вказує на значний знос основних вузлів – двигунів внутрішнього згорання, трансмісій та гідравлічних систем.

Такі агрегати, як МТЗ-82 або ЮМЗ-6, оснащені двигунами потужністю 80–120 к.с., часто не відповідають сучасним вимогам до економічності та точності. Наприклад, механічні системи подачі палива не дозволяють оптимізувати його витрату залежно від навантаження, що призводить до зниження ККД до 25–30%, тоді як сучасні двигуни з електронним управлінням досягають показників 35–40%.

Другим важливим напрямком є аналіз впливу технічного стану на ефективність роботи МТА. Наприклад, недостатня точність механічних систем управління робочими органами (плугами, сівалками) призводить до відхилень у глибині обробки ґрунту або ширині міжрядь, що негативно позначається на врожайності. У той же час, інтеграція сучасних систем, таких як GPS-навігація чи датчики навантаження, в українському парку техніки становить менше 10%, що обмежує можливість точного землеробства.

Особлива увага приділяється систематизації технічних проблем, які знижують продуктивність МТА. До них належать:

- застарілість конструкцій двигунів і трансмісій, що ускладнює регулювання тягових характеристик під різні типи ґрунтів;
- відсутність автоматизованих систем контролю, таких як електронні блоки управління (ЕБУ), які могли б оптимізувати режими роботи;
- низька адаптивність робочих органів до змінних умов експлуатації, наприклад, при переході від легких супіщаних ґрунтів до важких чорноземів.

Ці проблеми посилюються через специфіку українського аграрного сектору, де значна частина техніки працює в умовах перевантаження через великі площі оброблюваних земель.

Дослідження спирається на вивчення зарубіжного досвіду, де, наприклад, у країнах ЄС широко застосовуються трактори з системами автоматичного регулювання тяги (John Deere 8R) або модульними платформами для інтеграції роботизованих систем. Порівняльний аналіз дозволяє виявити технічні розриви між українськими МТА та світовими аналогами, що є важливим для подальшого визначення напрямків їхньої модернізації. На цьому етапі робота не передбачає розробки практичних рішень, а зосереджується на формуванні теоретичної бази для оцінки стану техніки та ідентифікації ключових проблем, які потребують подальшого вивчення.

Таким чином, аналіз сучасного стану МТА в Україні дозволяє систематизувати технічні фактори, що впливають на їхню ефективність, та закладає основу для дослідження перспектив роботизації як одного з шляхів підвищення продуктивності сільськогосподарської техніки.

УДК 629.3.01

Кудін О.П.¹, Дударенко О.В.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ПЕРЕОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛЯ НА АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПАЛИВО В УМОВАХ 4-ГО РОКУ ПОВНОМАСШТАБНОЇ РОСІЙСЬКОЇ АГРЕСІЇ

Протягом останніх років галузь переобладнання автомобілів для роботи на пропан-бутановій суміші зазнала значних змін, що негативно позначилися на динаміці розвитку підприємств цієї сфери. Основними чинниками, що мали шкідливий вплив, стали:

- повномасштабна російська агресія, в умовах якої неможливо безпечно проводити будь-яку діяльність, в тому числі комерційну та господарську;
- зміни у ланцюгах постачання палива (зокрема через блокування кордонів польськими мітингувальниками у 2023–2024 рр.);
- дефіцит обладнання через блокування кордонів;
- зміни у законодавстві, зокрема запровадження акцизу на пропан-бутанове паливо, що призвело до його удорожчання;
- вплив воєнних дій на розподіл СТО, що займаються переобладнанням і сервісом, та мереж автозаправних станцій.

Відповідно до даних Міністерства фінансів України, середня вартість бензину марки А-95 за 2023 рік склала 50,13 грн за літр, у той час, як середня вартість пропан-бутану склала 25,6 грн за літр [1]. Для автомобіля з 4-х циліндровим двигуном об'ємом у 1,6 л із розподільним впорскуванням палива середній розхід становитиме приблизно 10 л бензину на 100 км пробігу у змішаному циклі. У той же час, такий же автомобіль, переобладнаний для роботи на пропан-бутановій суміші, споживатиме 12 л газу на 100 км пробігу у змішаному циклі. Відповідно у грошовому еквіваленті, на 100 км пробігу на бензині витратиться 501,3 грн на 100 км, а на газі – 307,2 грн. А економія відповідно складатиме $501,3 - 307,2 = 194,1$ грн на 100 км. Тобто при середньостатистичному пробігу 10000 км на рік використання ГБО 4-го покоління могло зекономити до 19410 грн у 2023 році. Слід зазначити, що система 4-го покоління ГБО також використовує бензинове паливо під час прогріву газового редуктора до робочої температури, що в середньому при стандартних режимах прогріву може зумовлювати витрату до 5–10 л бензину щомісячно при щоденному використанні автомобіля. Зміну вартості палива в Україні, згідно з даними Міністерства фінансів України станом на 2023 рік, наведено на рисунку 1.

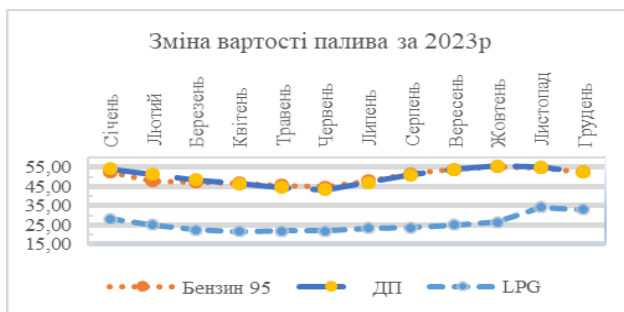


Рисунок 1 – Вартість палива в Україні згідно з даними Міністерства фінансів України станом на 2023 рік

У 2024 році середня ціна бензину марки А-95 становила вже 54,85 грн за літр, а пропан-бутану – 29,71 грн за літр. Згідно з цими даними вартість 100 км на бензині складала 548,50 грн, а на газі – 356,5 грн. Відповідно середня економія від використання ГБО на 100 км складала $548,5 - 356,5 = 192$ грн. Зміну вартості палива в Україні згідно з даними Міністерства фінансів України станом на 2023 рік наведено на рисунку 2.

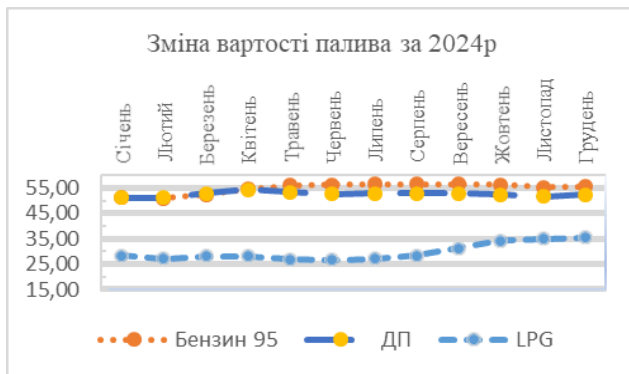


Рисунок 2 – Вартість палива в Україні згідно з даними Міністерства фінансів України станом на 2024 рік

Станом за березень 2025 р. середня ціна бензину А-95 складала 56,3 грн за літр, а пропан-бутану – 36,7 грн. Відповідно середня економія від використання ГБО в першому кварталі 2025 року складала $563 - 440 = 123$ грн.

З огляду на викладене можемо зазначити, що використання пропан-бутану в якості альтернативного виду палива все ще залишається економічно обґрунтованим. Однак, через вплив вказаних чинників, а саме через нерівномірне застосування акцизу, окупність переобладнання автомобіля для використання пропан-бутанової суміші в якості альтернативного виду палива стає більш тривалим, а тому менш цікавим для кінцевого споживача.

УДК 621.43.001.5

Слинько Г.І.¹, Тхор Є.А.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. гр. А-133.13 НУ «Запорізька політехніка»

ДІАГНОСТИКА РЕЖИМІВ РОБОТИ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ ЗА АУДІОСИГНАЛОМ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

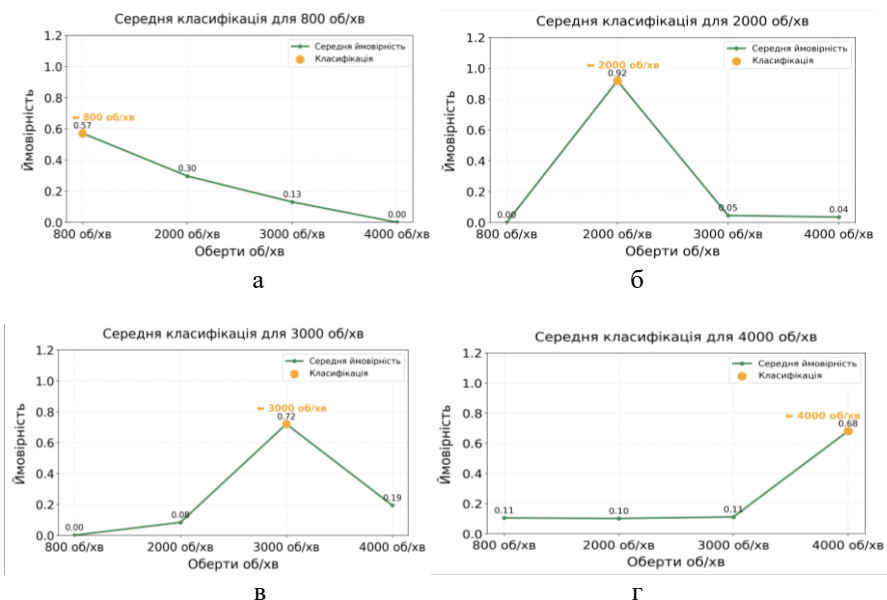
У сучасному автотранспорті своєчасна діагностика технічного стану двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) є важливою умовою його надійної експлуатації. Одним із перспективних методів є акустичний аналіз звукового сигналу, що генерується двигуном у процесі роботи [1–3]. У межах цього дослідження було записано аудіосигнали роботи двигуна Škoda Fabia 1.2 MPI з пробігом 215 тис. км у чотирьох режимах: 800 хв⁻¹, 2000 хв⁻¹, 3000 хв⁻¹ та 4000 хв⁻¹. Далі, на основі цих аудіофайлів, було створено самописну нейронну мережу в середовищі Python з використанням бібліотек TensorFlow та librosa [4]. Навчання мережі здійснювалось шляхом подання спектрограм як вхідних ознак, відповідно до обертів двигуна. Після завершення тренування, була проведена класифікація аудіофайлів, які не входили до навчальної вибірки. На рисунку 1 наведено приклади результатів класифікації нейромережею для кожного з режимів роботи двигуна.

Запис аудіосигналів здійснювався за допомогою професійного портативного рекордера Zoom H1. Усі режими роботи двигуна записувались у однакових умовах, при незмінному положенні мікрофона відносно моторного відсіку, що дозволило мінімізувати вплив зовнішніх чинників та забезпечити коректність порівняння. Об'єктом дослідження був справний двигун автомобіля з пробігом понад 200 тис. км. Зазначимо, що у даній задачі нейронна мережа не аналізувала зміни в частотному складі сигналу як основний класифікаційний ознаковий простір. Натомість, як показали спектрограми, головною особливістю, що змінювалась з ростом обертів, була загальна гучність сигналу, яка рівномірно зростала в усьому частотному діапазоні. Це було підтверджено обчисленням гучності у дБППШ (децибел повної шкали, англ. dBFS – decibels relative to full scale), де 0 дБППШ відповідає максимальному цифровому рівню, а значення <0 вказують на нижчі рівні сигналу:

- для 800 хв⁻¹: –28,03 дБППШ;
- для 2000 хв⁻¹: –21,26 дБППШ;
- для 3000 хв⁻¹: –15,57 дБППШ;
- для 4000хв⁻¹: –16,41 дБППШ.

У межах даного дослідження була розроблена методика акустичної діагностики режимів роботи двигуна внутрішнього згорання з використанням нейронної мережі. Методика включає в себе запис аудіосигналів з подальшим спектральним аналізом та подачею спектрограм у якості вхідних даних для штучної нейромережі. Метою є визначення режиму роботи двигуна (обертів колінчастого валу) за аудіосигналом. Для цього було зібрано вибірку звуків роботи двигуна на 800 хв^{-1} , 2000 хв^{-1} , 3000 хв^{-1} та 4000 хв^{-1} .

На рисунку 1, а зображено результат класифікації для режиму 800 хв^{-1} . Найвища ймовірність (0,59) спостерігається саме для цього режиму, що свідчить про правильну роботу мережі. На рисунку 1, б – результат для режиму 2000 хв^{-1} , де також з великою впевненістю (0,74) класифікація була здійснена вірно. Рисунок 1, в демонструє класифікацію для 3000 хв^{-1} – ймовірність цього режиму склала 0,58. Нарешті, на рисунку 1, г видно впевнене розпізнавання режиму 4000 хв^{-1} з результатом 0,84. Отже, самописна нейромережа продемонструвала здатність до надійної класифікації акустичних сигналів роботи ДВЗ за режимами обертів колінчастого валу.



а – 800 хв^{-1} ; б – 2000 хв^{-1} ; в – 3000 хв^{-1} ; г – 4000 хв^{-1}

Рисунок 1 – Результат класифікації нейромережею аудіосигналу на різних частотах обертання двигуна

Таким чином, акустична діагностика з використанням штучного інтелекту може бути надійним і доступним інструментом для попередньої оцінки технічного стану ДВЗ. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення кількості класів і класифікацій та інтеграцію цієї методики у портативні діагностичні системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Li Zengfang, He Yong, Xu Gaothuan. Engine Fault Diagnosis Model Based on Sound Intensity Analysis and Neural Network Integration [J]. Journal of Agricultural Machinery, 2008. 39 (12). С. 170–173.

2. Тхор Є. А., Сухонос Р. Ф., Слинько В. В. Дослідження можливостей діагностики ДВЗ з використанням акустичних систем // Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем : тези доповідей Всеукр. наук.-техн. інтернет-конф., 28–29 листопада 2019 р. Рівне : Нац. ун-т водного господарства та природокористування. 2019. С. 145–146.

3. Слинько Г. І., Сухонос Р. Ф., Тхор Є. А. Особливості діагностики технічного стану ДВЗ з використанням акустичних систем // Інформаційні технології: теорія і практика : матеріали II Всеукр. Інтернет-конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених, 4 квітня 2019 р. Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. С. 98–99.

4. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016. 800 p. DOI: 10.1007/s10710-017-9314-z

УДК 669.14.018.24

Слинько Г. І.¹, Стаднік О. В.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. НУ «Запорізька політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИСОКОНАВАНТАЖЕНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ГТД

Основними експлуатаційними властивостями зубчастих передач газотурбінних двигунів є контактна та згинальна витривалість, опір заїданню, зносостійкість. При проектуванні зубчастих передач, згідно з ДСТУ ISO 6336-1:2005 не виконується розрахунок на опір заїданню. В сучасних авіаційних ГТД силові зубчасті колеса перших ступеней редукторів обертаються під великими навантаженнями зі значною швидкістю, що обумовлене жорсткими масогабаритними вимогами. За таких умов роботи

можливе значне місцеве нагрівання поверхонь зубів, що може призвести до торкання вершин мікронерівностей поверхонь, при цьому виникають адгезійні зв'язки контактуючих матеріалів. Це може призвести до заїдання, або, навіть, заклинювання зубчастих передач. Наприклад, в турбогвинтовому двигуні МС-500В ведуча шестерня редуктора ($z = 31$, $m = 2,35$ мм) обертається зі швидкістю 27500 хв^{-1} , при цьому, питоме нормальне контактне навантаження $P = 360 \text{ Н/мм}$, швидкість ковзання профілю зуба на ніжці $v_{ков} = 1926 \text{ см/с}$, сумарна швидкість кочення $v\Sigma k = 11878 \text{ см/с}$. З огляду на це, при проектуванні зубчастих передач перспективних ГТД, розрахунками основних параметрів на заїдання навантаженого контакту, а саме мінімальної товщини масляної плівки h_0 , критичної температури T_{CR} та коефіцієнту тертя f не слід нехтувати.

Відомо, що контактна втома може розвиватися на певній глибині під поверхнею в зоні дії найбільших дотичних напружень. Втомні тріщини під поверхнею набагато небезпечніші для зубчастих коліс які зміцнені ХТО. Вони викликають значне викришування поверхневих шарів контактуючих зубів (рис. 1).



Рисунок 1 – Викришування зубів зубчастого колеса авіаційного редуктора

В рекомендованому додатку ГОСТ 21354-81 розрахунку на глибинну контактну витривалість не враховується вплив сили тертя на складний напружено-деформований стан зони контакту.

Пропонується в розрахунках замість максимальних нормальних напружень використовувати еквівалентні контактні напруження $\sigma_{екв}$ з додатковим урахуванням дотичних навантажень від тертя. Екстремум еквівалентного контактного напруження повинен бути менше значення межі контактної витривалості для цієї точки.

Розглянуто циліндричне зубчасте колесо редуктора зі сталі 20Х3МВФШ з газовою цементацією зубів ($T = 930^\circ \text{C}$, $t = 14$ год).

Виконано розрахунок та побудовано графіки (рис. 2) еквівалентного контактного напруження $\sigma_{екв}$ та межі контактної витривалості σ_{Hlim} від координати по нормалі z до поверхні зуба.

Як видно з рисунку 2, максимальне еквівалентне контактне напруження діє на глибині 0,15 мм. В даній точці це напруження з урахуванням коефіцієнту запасу міцності $S_{HK} = 1,3$ дорівнює 910 МПа і не перевищує значення межі контактної витривалості $\sigma_{Hlim} = 1020$ МПа.

Уточнена методика визначення основних експлуатаційних властивостей дозволяє підвищити точність розрахунків при проектуванні зубчастих передач та зменшити вірогідність дострокового виходу з ладу високонавантажених зубчастих передач редукторів ГТД.

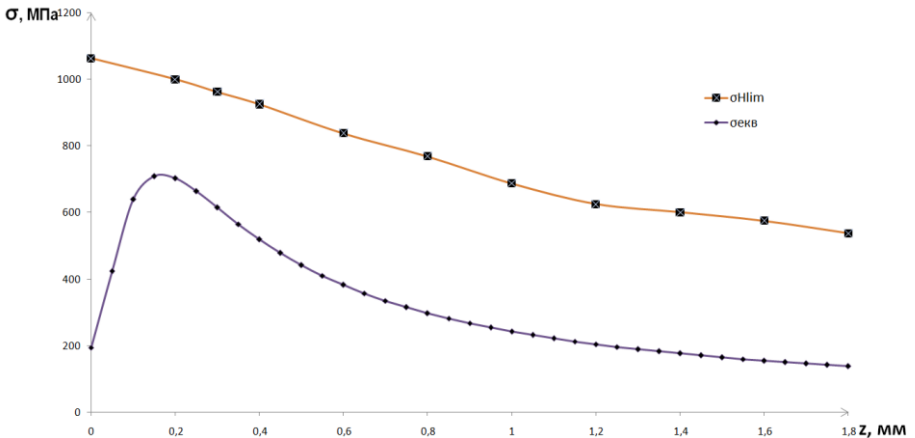


Рисунок 2 – Залежність еквівалентного контактного напруження $\sigma_{екв}$ та межі контактної витривалості σ_{Hlim} від координати по нормалі z до поверхні зуба в зоні дії максимальних дотичних напружень

СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Розвиток електромобільності в Україні є важливим напрямком сучасної транспортної політики, що пов'язано зі світовими тенденціями декарбонізації та зменшення викидів шкідливих речовин. Основними викликами є відсутність розвиненої інфраструктури зарядних станцій, високі початкові витрати на електромобілі, недостатня кількість спеціалізованих сервісних центрів та обмежені можливості для утилізації відпрацьованих батарей. Крім того, на ринку України переважають вживані електромобілі, що обмежує можливості впровадження новітніх технологій.

Виклики розвитку електромобільності в Україні

Відсутність розвиненої інфраструктури зарядних станцій. Одним із головних викликів для розвитку електромобільності в Україні є недостатня кількість зарядних станцій. На відміну від країн Європи, де мережа зарядних станцій розвинена досить добре, в Україні їх кількість залишається обмеженою, особливо в регіонах за межами великих міст. Це створює незручності для власників електромобілів, які стикаються з проблемою заряджання під час тривалих поїздок.

Високі початкові витрати. Електромобілі, навіть вживані, залишаються дорогими для середнього українського споживача. Вартість нових моделей електромобілів може сягати 30–50 тисяч доларів, що робить їх недоступними для більшості населення. Навіть з урахуванням економії на паливі та обслуговуванні, початкові інвестиції залишаються значними.

Утилізація акумуляторних батарей. Екологічний аспект електромобільності пов'язаний з утилізацією акумуляторних батарей, які містять токсичні речовини. В Україні відсутня розвинена система переробки таких батарей, що створює додаткові екологічні ризики.

Обмежений ринок нових електромобілів. На українському ринку переважають вживані електромобілі, які часто мають обмежений запас ходу та застарілі технології. Це обмежує можливості для впровадження новітніх розробок, таких як автономні системи керування чи вдосконалені акумулятори.

Перспективи розвитку електромобільності в Україні. Незважаючи на виклики, Україна має значний потенціал для розвитку електромобільності. Серед перспектив можна виділити наступні.

Державна підтримка та стимулювання. Держава може грати ключову роль у розвитку електромобільності через пільгові кредити, субсидії, зниження митних тарифів на імпорт електромобілів та компонентів, а також створення програм підтримки вітчизняного виробництва. Наприклад, у 2021 році в Україні було прийнято закон, який передбачає звільнення від сплати ПДВ для електромобілів, що стимулювало їх імпорт.

Розвиток інфраструктури зарядних станцій. Для подальшого розвитку електромобільності необхідно впроваджувати комплексні програми, що включають державне стимулювання, податкові пільги для інвесторів, підтримку будівництва зарядних комплексів на основних автомагістралях та в містах. Досвід Європи може бути корисним у створенні інтегрованих смарт-мереж, які дозволять балансувати навантаження на енергосистему та забезпечувати більш ефективне використання ресурсів. Наприклад, у Німеччині держава активно підтримує розвиток зарядної інфраструктури через програми фінансування, такі як «Ladeinfrastrukturförderung», яка передбачає виділення коштів на будівництво зарядних станцій. В Україні подібні програми могли б значно прискорити розвиток інфраструктури.

Технології швидкісного заряджання. Одним із ключових напрямків розвитку електромобільності є впровадження технологій швидкісного заряджання. Наприклад, компанія Tesla активно розвиває мережу швидкісних зарядних станцій Supercharger, які дозволяють зарядити автомобіль до 80% за 30–40 хвилин. В Україні такі технології могли б значно підвищити привабливість електромобілів для споживачів.

Використання відновлюваних джерел енергії. Для забезпечення екологічної стійкості електромобільності важливо використовувати відновлювані джерела енергії для живлення зарядних станцій. Наприклад, у Нідерландах багато зарядних станцій працюють за рахунок сонячної енергії, що дозволяє зменшити вплив на навколишнє середовище. В Україні, з її значним потенціалом сонячної та вітрової енергетики, це може стати важливим напрямком розвитку.

Програми утилізації акумуляторів. Для вирішення проблеми утилізації акумуляторних батарей необхідно розвивати програми переробки та повторного використання. Наприклад, у Європі діють програми, які передбачають збирання та переробку акумуляторів з подальшим використанням їх компонентів для виробництва нових батарей. В Україні подібні ініціативи могли б значно зменшити екологічний вплив електромобільності.

Співпраця з європейськими партнерами. Україна може використовувати досвід європейських країн для розвитку електромобільності. Наприклад, у Норвегії, де електромобілі становлять понад 50% нових продажів, держава активно підтримує власників електромобілів через податкові пільги,

безкоштовну парковку та доступ до виділених смуг для громадського транспорту. В Україні подібні заходи могли б значно прискорити перехід на електромобілі.

Досвід Європи та можливості для України. Європейські країни вже досягли значного прогресу у розвитку електромобільності. Наприклад, у Німеччині діє державна програма «Umweltbonus», яка передбачає виплату субсидій для покупців електромобілів. У Франції власники електромобілів отримують податкові пільги та доступ до спеціальних зарядних станцій. В Україні подібні програми могли б стати важливим кроком у розвитку електромобільності.

Крім того, Україна може використовувати свій потенціал у сфері відновлюваної енергетики для забезпечення екологічної стійкості електромобільності. Наприклад, сонячні електростанції та вітрові генератори могли б стати основним джерелом енергії для зарядних станцій, що дозволить зменшити залежність від традиційних джерел енергії.

Розвиток електромобільності в Україні має значний потенціал, але вимагає комплексного підходу, що включає державну підтримку, розвиток інфраструктури, впровадження новітніх технологій та співпрацю з європейськими партнерами. Вирішення ключових викликів, таких як відсутність зарядних станцій, високі витрати на електромобілі та утилізація батарей, дозволить Україні стати частиною глобального тренду на декарбонізацію транспорту та створити більш екологічно стійку транспортну систему.

УДК 629.113

Голубов Д.Р.¹, Артюх О.М.²

¹ студ. гр. Т-114м НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ: ВІД АВТОНОМНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДО ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Автомобільна промисловість зазнає кардинальних змін завдяки стрімкому розвитку інноваційних технологій. Автономні транспортні засоби, використання штучного інтелекту для аналізу даних та оптимізації руху, застосування передових матеріалів для зниження ваги автомобілів – це лише частина змін, які відбуваються сьогодні. Ці технології не лише підвищують ефективність транспорту, але й відкривають нові можливості для безпеки, екологічності та комфорту.

Автономні транспортні засоби (АТЗ) є одним із найперспективніших напрямків розвитку автомобільної промисловості. Вони здатні функціонувати без участі водія, що значно знижує ризик аварій, викликаних людським фактором. Наприклад, компанія Tesla вже впровадила систему Autopilot, яка дозволяє автомобілю самостійно керуватися на дорозі, уникаючи перешкод і дотримуючись правил дорожнього руху. Інші компанії, такі як Waymo (дочірня компанія Alphabet) та General Motors, також активно розвивають автономні технології, які вже тестуються на дорогах у США та Європі.

Основні переваги автономних транспортних засобів

Зниження кількості аварій. Більшість аварій відбувається через помилки водіїв. Автономні системи здатні аналізувати ситуацію на дорозі в реальному часі та приймати рішення швидше за людину.

Ефективність руху. АТЗ можуть оптимізувати маршрути, уникаючи заторів та зменшуючи час у дорозі.

Доступність для людей з обмеженими можливостями. Автономні автомобілі можуть стати незамінним засобом пересування для людей, які не можуть керувати звичайними транспортними засобами.

Штучний інтелект у транспорті (ШІ) відіграє ключову роль у сучасній автомобільній промисловості. Він використовується для аналізу великих обсягів даних, прогнозування трафіку, оптимізації маршрутів та підвищення безпеки на дорогах. Наприклад, компанія BMW використовує ШІ для аналізу даних з сенсорів автомобілів, що дозволяє прогнозувати несправності та запобігати поломкам.

Основні сфери застосування ШІ в автомобільній промисловості

Автономне керування. ШІ дозволяє автомобілям самостійно приймати рішення на основі даних з камер, радарів та лідарів.

Прогнозування трафіку. Алгоритми ШІ аналізують дані про рух транспорту в реальному часі, що дозволяє оптимізувати маршрути та уникнути заторів.

Діагностика та обслуговування. ШІ дозволяє виявляти потенційні несправності на ранніх етапах, що значно знижує витрати на ремонт.

Передові матеріали та технології. Використання новітніх матеріалів є ще одним важливим напрямком розвитку автомобільної промисловості. Компанії все частіше використовують легкі та міцні матеріали, такі як вуглепластик, алюмінієві сплави та композити, щоб знизити вагу автомобілів і підвищити їхню енергоефективність. Наприклад, компанія Tesla використовує алюмінієві сплави для виробництва кузовів своїх автомобілів, що дозволяє зменшити вагу та збільшити запас ходу. Крім того, адитивні технології (3D-друк) стають все більш популярними у виробництві автомобільних компонентів. Вони дозволяють швидко створювати складні

деталі з мінімальними витратами матеріалів. Наприклад, компанія Bugatti використовує 3D-друк для виробництва гальмівних дисків, що значно знижує їхню вагу та підвищує продуктивність.

Електромобільні технології. Електромобілі стають все більш популярними завдяки розвитку акумуляторних технологій. Наприклад, компанія Tesla розробила акумулятори з високою ємністю, що дозволяє їй автомобілям проїжджати понад 600 км на одному заряді. Крім того, компанії активно працюють над впровадженням технологій швидкісного заряджання, які дозволяють зарядити автомобіль до 80% за 20–30 хвилин.

Основні переваги електромобілів

Екологічність. Електромобілі не виробляють викидів CO₂ під час експлуатації, що робить їх екологічно чистими.

Економія на паливі. Вартість заряджання електромобіля значно нижча порівняно з витратами на бензин чи дизельне паливо.

Зниження шумового забруднення. Електромобілі працюють значно тихіше порівняно з традиційними автомобілями.

Інтернет речей (IoT) у транспорті (IoT) відіграє важливу роль у сучасній автомобільній промисловості. Завдяки підключеним сенсорам та системам збору даних автомобілі можуть передавати інформацію про знос деталей, поточний стан двигуна, рівень тиску в шинах, стан акумуляторної батареї та інші параметри в режимі реального часу. Наприклад, компанія **Volvo** використовує IoT для моніторингу стану своїх вантажних автомобілів, що дозволяє значно зменшити кількість несправностей на маршрутах.

Основні переваги IoT у транспорті

Прогнозування несправностей. IoT дозволяє виявляти потенційні проблеми ще до їх виникнення, що дозволяє завчасно проводити обслуговування.

Оптимізація маршрутів. Дані з IoT дозволяють оптимізувати маршрути перевезень, зменшуючи витрати на паливо та час у дорозі.

Підвищення безпеки. IoT дозволяє моніторити стан автомобіля в реальному часі, що значно підвищує безпеку на дорогах.

Перспективи розвитку. Майбутнє автомобільної промисловості пов'язане з інтеграцією автономних систем, штучного інтелекту, передових матеріалів та електромобільних технологій. Наприклад, компанія Tesla планує випустити повністю автономний автомобіль до 2026 року, який зможе функціонувати без участі водія. Крім того, компанії активно працюють над впровадженням водневих паливних елементів, які можуть стати альтернативою традиційним акумуляторам.

Основні напрямки розвитку

Автономність. Розвиток автономних транспортних засобів, які зможуть повністю замінити традиційні автомобілі.

Екологічність. Перехід на електромобілі та водневі технології для зменшення викидів CO₂.

Інтелектуальні системи. Впровадження III та IoT для підвищення ефективності та безпеки транспорту.

Інноваційні технології, такі як автономні транспортні засоби, штучний інтелект, передові матеріали та електромобільні технології, кардинально змінюють автомобільну промисловість. Вони не лише підвищують ефективність транспорту, але й відкривають нові можливості для безпеки, екологічності та комфорту. Майбутнє автомобільної промисловості пов'язане з інтеграцією цих технологій, що дозволить створити більш ефективну, екологічно стійку та безпечну транспортну систему.

УДК 629.113

Журібіда І.М.¹, Артюх О.М.²

¹ студ. гр. Т-114м НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ДІАГНОСТИКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ІОТ

Застосування технологій Інтернету речей (IoT) у транспортній сфері відкриває широкі можливості для покращення діагностики та прогнозування технічного стану транспортних засобів. Завдяки підключеним сенсорам та системам збору даних автомобілі можуть передавати інформацію про знос деталей, поточний стан двигуна, рівень тиску в шинах, стан акумуляторної батареї та інші параметри в режимі реального часу. Це дозволяє не лише підвищити ефективність обслуговування, але й запобігати серйозним поломкам, що значно знижує витрати на ремонт та підвищує безпеку на дорогах.

Основні принципи роботи IoT у транспорті. Інтернет речей (IoT) – це мережа взаємопов'язаних пристроїв, які збирають, обмінюються та аналізують дані. У транспортній сфері IoT використовується для моніторингу стану транспортних засобів за допомогою сенсорів, які встановлюються на ключові компоненти автомобіля. Ці сенсори збирають дані про температуру, тиск, вібрації, рівень палива, стан акумулятора та інші параметри, які потім передаються на центральний сервер для аналізу.

Основні елементи IoT у транспорті

Сенсори. Встановлюються на ключові компоненти автомобіля (двигун, трансмісія, гальмівна система тощо) для збору даних.

Мережа передачі даних. Використовується для передачі інформації з сенсорів на центральний сервер. Це може бути Wi-Fi, Bluetooth, 4G/5G або інші технології.

Хмарні платформи. Дані зберігаються та аналізуються на хмарних платформах, де використовуються алгоритми машинного навчання для виявлення аномалій та прогнозування несправностей.

Переваги використання IoT для діагностики та прогнозування

Прогнозування несправностей. Однією з головних переваг IoT є можливість прогнозування несправностей ще до їх виникнення. Наприклад, сенсори можуть виявити знос деталей двигуна або трансмісії на ранніх етапах, що дозволяє провести обслуговування до того, як проблема стане критичною. Це значно знижує витрати на ремонт та запобігає простою транспортних засобів.

Моніторинг стану в реальному часі. IoT дозволяє моніторити стан автомобіля в реальному часі, що особливо важливо для вантажних компаній та логістичних операторів. Наприклад, компанія DHL використовує IoT для моніторингу стану своїх вантажних автомобілів, що дозволяє значно зменшити кількість несправностей на маршрутах.

Оптимізація обслуговування. Завдяки IoT можна оптимізувати графіки обслуговування транспортних засобів. Наприклад, якщо сенсори виявляють, що стан автомобіля залишається стабільним, обслуговування можна відкласти, що дозволяє зекономити час та ресурси.

Підвищення безпеки. IoT дозволяє виявляти потенційні проблеми, які можуть призвести до аварій. Наприклад, сенсори можуть виявити зниження тиску в шинах або перегрів двигуна, що дозволяє водієві вчасно вжити заходів для запобігання аварії.

Приклади застосування IoT у транспорті

Моніторинг стану вантажних автомобілів. Великі логістичні компанії, такі як UPS та FedEx, активно використовують IoT для моніторингу стану своїх вантажних автомобілів. Сенсори встановлюються на ключові компоненти, такі як двигун, трансмісія та гальмівна система, що дозволяє виявляти потенційні проблеми на ранніх етапах.

Діагностика легкових автомобілів. Виробники автомобілів, такі як BMW та Mercedes-Benz, впроваджують IoT у свої моделі для забезпечення діагностики в реальному часі. Наприклад, система BMW ConnectedDrive дозволяє водіям отримувати інформацію про стан автомобіля через мобільний додаток.

Моніторинг автопарків. Компанії, які мають великі автопарки, використовують IoT для моніторингу стану всіх транспортних засобів. Наприклад, компанія Uber використовує IoT для моніторингу стану своїх автомобілів, що дозволяє оптимізувати обслуговування та знизити витрати.

Технології машинного навчання в IoT. Машинне навчання відіграє ключову роль у аналізі даних, зібраних за допомогою IoT. Алгоритми машинного навчання дозволяють виявляти закономірності в даних, що дозволяє прогнозувати несправності та оптимізувати обслуговування. Наприклад, компанія Tesla використовує машинне навчання для аналізу даних з сенсорів своїх автомобілів, що дозволяє виявляти потенційні проблеми на ранніх етапах.

Основні переваги машинного навчання в IoT

Прогнозування несправностей. Алгоритми машинного навчання дозволяють прогнозувати несправності на основі історичних даних.

Оптимізація обслуговування. Машинне навчання дозволяє оптимізувати графік обслуговування, що дозволяє зекономити час та ресурси.

Підвищення точності діагностики. Алгоритми машинного навчання дозволяють виявляти навіть незначні аномалії, які можуть вказувати на потенційні проблеми.

Виклики впровадження IoT у транспорті

Висока вартість інфраструктури. Впровадження IoT вимагає значних інвестицій у сенсори, мережі передачі даних та хмарні платформи. Це може бути перешкодою для малих та середніх підприємств.

Кібербезпека. IoT-системи є вразливими до кібератак, що може призвести до витоку даних або навіть до втручання в роботу транспортних засобів. Тому важливо забезпечити надійний захист даних.

Складність інтеграції. Інтеграція IoT-систем з існуючими транспортними засобами може бути складною, особливо для старіших моделей автомобілів.

Перспективи розвитку IoT у транспорті. Майбутнє IoT у транспортній сфері пов'язане з розвитком новітніх технологій, таких як 5G, блокчейн та штучний інтелект. Наприклад, 5G дозволить передавати дані з сенсорів набагато швидше, що дозволить покращити точність діагностики. Блокчейн може використовуватися для забезпечення безпеки даних, а штучний інтелект – для більш точного прогнозування несправностей.

Технології IoT відкривають нові можливості для діагностики та прогнозування технічного стану транспортних засобів. Вони дозволяють підвищити ефективність обслуговування, запобігати серйозним поломкам та підвищувати безпеку на дорогах. Незважаючи на виклики, такі як висока вартість інфраструктури та кібербезпека, IoT має великий потенціал для розвитку в транспортній сфері. Майбутнє IoT у транспорті пов'язане з інтеграцією новітніх технологій, таких як 5G, блокчейн та штучний інтелект, що дозволить створити більш ефективну, безпечну та екологічно стійку транспортну систему.

РОЗВИТОК ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ: ДОСВІД ЄВРОПИ ТА УКРАЇНИ

Розвиток інфраструктури для зарядних станцій електромобілів є ключовим фактором для зростання ринку електромобільного транспорту. Європейські країни вже досягли значного прогресу у створенні розгалуженої мережі зарядних станцій, включаючи швидкісні зарядні комплекси та станції для домашнього використання. В Україні розвиток зарядної інфраструктури ще перебуває на етапі становлення, але зростає кількість приватних інвесторів, які зацікавлені у розвитку цієї галузі.

Для подальшого розвитку необхідно впроваджувати комплексні програми, що включають державне стимулювання, податкові пільги для інвесторів, підтримку будівництва зарядних комплексів на основних автомагістралях та в містах, а також розвиток технологій швидкісного заряджання. Досвід Європи може бути корисним у створенні інтегрованих смарт-мереж, які дозволять балансувати навантаження на енергосистему та забезпечувати більш ефективне використання ресурсів.

Виклики розвитку інфраструктури в Україні

Недостатня кількість зарядних станцій. На відміну від країн Європи, де мережа зарядних станцій розвинена досить добре, в Україні їх кількість залишається обмеженою, особливо в регіонах за межами великих міст. Це створює незручності для власників електромобілів, які стикаються з проблемою заряджання під час тривалих поїздок.

Відсутність державних програм підтримки. На відміну від Європи, де держава активно підтримує розвиток зарядної інфраструктури через субсидії та податкові пільги, в Україні подібні програми ще не отримали широкого розповсюдження. Це обмежує можливості для інвесторів, які могли б вкладати кошти у будівництво зарядних станцій.

Проблеми з підключенням до електромереж. Будівництво зарядних станцій вимагає підключення до електромереж, що може бути складною задачею, особливо в віддалених регіонах. Крім того, існуюча енергетична інфраструктура не завжди здатна витримати навантаження від швидкісних зарядних станцій.

Досвід Європи у розвитку зарядної інфраструктури. Європейські країни вже досягли значного прогресу у розвитку інфраструктури для електромобілів. Наприклад, у Німеччині діє державна програма

«Ladeinfrastrukturförderung», яка передбачає виділення коштів на будівництво зарядних станцій. У Норвегії, де електромобілі становлять понад 50% нових продажів, держава активно підтримує власників електромобілів через податкові пільги, безкоштовну парковку та доступ до виділених смуг для громадського транспорту.

Основні елементи європейського досвіду

Державна підтримка. Європейські країни активно підтримують розвиток зарядної інфраструктури через субсидії, податкові пільги та інші заходи.

Швидкісні зарядні станції. У Європі активно будуються швидкісні зарядні станції, які дозволяють зарядити автомобіль до 80% за 20–30 хвилин.

Інтегровані смарт-мережі. Європейські країни розвивають інтегровані смарт-мережі, які дозволяють балансувати навантаження на енергосистему та забезпечувати більш ефективне використання ресурсів.

Перспективи розвитку інфраструктури в Україні

Державна підтримка. Для подальшого розвитку інфраструктури зарядних станцій в Україні необхідно впроваджувати комплексні програми, що включають державне стимулювання, податкові пільги для інвесторів, підтримку будівництва зарядних комплексів на основних автомагістралях та в містах. Наприклад, у 2021 році в Україні було прийнято закон, який передбачає звільнення від сплати ПДВ для електромобілів, що стимулювало їх імпорт.

Технології швидкісного заряджання. Одним із ключових напрямків розвитку електромобільності є впровадження технологій швидкісного заряджання. Наприклад, компанія Tesla активно розвиває мережу швидкісних зарядних станцій Supercharger, які дозволяють зарядити автомобіль до 80% за 20–30 хвилин. В Україні такі технології могли б значно підвищити привабливість електромобілів для споживачів.

Використання відновлюваних джерел енергії. Для забезпечення екологічної стійкості електромобільності важливо використовувати відновлювані джерела енергії для живлення зарядних станцій. Наприклад, у Нідерландах багато зарядних станцій працюють за рахунок сонячної енергії, що дозволяє зменшити вплив на навколишнє середовище. В Україні, з її значним потенціалом сонячної та вітрової енергетики, це може стати важливим напрямком розвитку.

Співпраця з європейськими партнерами. Україна може використовувати досвід європейських країн для розвитку електромобільності. Наприклад, у Норвегії, де електромобілі становлять понад 50% нових продажів, держава активно підтримує власників електромобілів через податкові пільги, безкоштовну парковку та доступ до виділених смуг для громадського

транспорт. В Україні подібні заходи могли б значно прискорити перехід на електромобілі.

Розвиток інфраструктури для зарядних станцій електромобілів є ключовим фактором для зростання ринку електромобільного транспорту. Незважаючи на виклики, такі як відсутність державної підтримки та проблеми з підключенням до електромереж, Україна має значний потенціал для розвитку цієї галузі.

Досвід Європи може бути корисним у створенні інтегрованих смарт-мереж, які дозволять балансувати навантаження на енергосистему та забезпечувати більш ефективне використання ресурсів. Для подальшого розвитку необхідно впроваджувати комплексні програми, що включають державне стимулювання, податкові пільги для інвесторів, підтримку будівництва зарядних комплексів на основних автомагістралях та в містах, а також розвиток технологій швидкісного заряджання.

УДК 629.113

Кулик А.В.¹, Артюх О.М.²

¹ студ. гр. Т-114м НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ РУХОМ У МІСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖАХ

Впровадження систем автоматизованого керування рухом у міських транспортних мережах є одним із важливих напрямів у розвитку сучасної транспортної інфраструктури. Це пов'язано з необхідністю ефективного управління потоками транспортних засобів, зменшенням заторів, підвищенням безпеки дорожнього руху, а також зменшенням негативного впливу транспорту на навколишнє середовище. У зв'язку з цими завданнями міста по всьому світу активно впроваджують інтелектуальні транспортні системи (ITS), які використовують новітні технології, включаючи сенсори, камери спостереження, GPS-трекери та алгоритми штучного інтелекту.

Інтелектуальні транспортні системи (ITS) – це сукупність технологій, що застосовуються для підвищення ефективності та безпеки транспортних мереж. Їх основною метою є інтеграція різних компонентів міської транспортної системи, таких як дорожні знаки, світлофори, транспортні засоби, пішоходи, а також інфраструктури, що забезпечує їхнє взаємодію.

Основні елементи ITS

Автоматичне регулювання світлофорів. Це система, яка дозволяє оптимізувати потоки транспортних засобів за допомогою автоматичного регулювання часу світлофорів залежно від інтенсивності руху.

Адаптивні системи навігації. Вони дозволяють водіям отримувати рекомендації щодо найбільш швидких маршрутів з урахуванням реального трафіку на дорогах. Такі системи забезпечують зниження навантаження на найбільш заповнені ділянки доріг.

Сенсори і камери спостереження. Для збору даних про інтенсивність руху, швидкість транспорту та інші параметри використовуються різні датчики і камери, які встановлюються на основних ділянках міських доріг.

Технології, що підтримують автоматизовані системи

Датчики та камери спостереження. Датчики, встановлені на дорогах, можуть бути різних типів. Це можуть бути індукційні петельні датчики, які виявляють наявність транспортного засобу на певній ділянці дороги, або відеокамери, які здійснюють спостереження за рухом транспорту в реальному часі. Такі системи дозволяють зібрати важливі дані для управління транспортними потоками, виявлення заторів і навіть виявлення порушень правил дорожнього руху.

GPS-трекери. Системи GPS трекінгу широко використовуються для моніторингу руху транспорту в міських мережах. Вони дозволяють точно визначити місцезнаходження транспортних засобів у будь-який момент часу, що є важливим для управління маршрутами та своєчасної адаптації системи до змінних умов.

Алгоритми штучного інтелекту. Штучний інтелект (ШІ) є важливим компонентом сучасних систем автоматизованого керування рухом. Існують алгоритми, що дозволяють здійснювати прогнозування трафіку, аналізувати дані, зібрані з різних датчиків і камер, та приймати рішення в реальному часі. Завдяки цьому можна створювати адаптивні системи управління, які змінюють параметри руху на основі аналізу поточного стану.

Переваги автоматизованого керування рухом

Оптимізація маршрутів і зменшення заторів. Однією з головних переваг автоматизованих систем є можливість оптимізації маршрутів транспорту. Збір і аналіз реального часу трафіку дозволяє виявляти завантажені ділянки та розподіляти потоки транспортних засобів таким чином, щоб зменшити загальний час у дорозі. В результаті, пасажирів швидше дістаються до своїх місць призначення, знижуються рівні забруднення повітря та шумового забруднення.

Покращення безпеки на дорогах. Системи автоматизованого керування дозволяють значно знизити кількість аварій і дорожніх інцидентів. Автоматичне коригування світлофорів та інші заходи забезпечують більш чітке та безпечне управління рухом. Камери спостереження можуть виявляти

порушення, такі як перехід на червоне світло чи рух по зустрічній смузі, що дає можливість швидко реагувати на проблеми без втручання людини.

Екологічна ефективність. Завдяки зменшенню часу, проведеного в заторах, і оптимізації маршрутів зменшується споживання пального, що сприяє зниженню рівня викидів шкідливих газів у атмосферу. Це важливо не лише для поліпшення якості повітря в містах, а й для боротьби зі змінами клімату.

Виклики та проблеми впровадження. Попри очевидні переваги, впровадження систем автоматизованого керування рухом у міських транспортних мережах стикається з кількома проблемами. Однією з основних є висока вартість інфраструктури, яка включає в себе не лише фізичні компоненти, такі як датчики, камери, світлофори, а й розробку складних програмних рішень, що вимагають високої кваліфікації фахівців.

Іншим важливим аспектом є захист даних. Всі системи, які збирають та обробляють дані про транспортні потоки та рух транспорту, повинні бути захищені від кібератак та зложивань. Важливо також, щоб ці дані були використані лише з метою покращення транспортної ситуації в містах, без порушення прав громадян на конфіденційність.

Перспективи розвитку. Майбутнє автоматизованих систем керування рухом полягає у впровадженні нових технологій, таких як автономні транспортні засоби, більш інтелектуальні алгоритми для передбачення та оптимізації руху, а також інтеграція різних видів транспорту в єдину автоматизовану систему. У перспективі це дозволить значно знизити рівень заторів, підвищити безпеку та зручність для пасажирів, а також створити більш сталу та ефективну транспортну інфраструктуру для міста.

Автоматизовані системи керування рухом є важливим елементом розвитку інфраструктури міського транспорту, що дозволяє підвищити ефективність, безпеку та екологічну сталість транспортних мереж. Незважаючи на виклики, такі як висока вартість інфраструктури та захист даних, майбутнє цих систем пов'язане з інтеграцією новітніх технологій, таких як автономні транспортні засоби, штучний інтелект та інтегровані смарт-мережі. Це дозволить створити більш ефективну, безпечну та екологічно стійку транспортну інфраструктуру для міст.

УДК 629.113

Ліньков М.А.¹, Артюх О.М.²

¹ студ. гр. Т-114м НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

СТРАТЕГІЇ ПІДГОТОВКИ ІНЖЕНЕРІВ ДЛЯ РОБОТИ З ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ СИСТЕМАМИ

Сучасні транспортні системи стрімко розвиваються, що вимагає якісної підготовки інженерів, здатних працювати з передовими технологіями. Стратегії підготовки спеціалістів повинні включати використання цифрових двійників, симуляторів, віртуальної та доповненої реальності для навчання роботи з автономними транспортними засобами та інтелектуальними транспортними мережами.

Також важливим є впровадження міждисциплінарного підходу, що включає знання з машинного навчання, обробки великих даних, робототехніки, кібербезпеки та електромобільних технологій. Університети мають співпрацювати з промисловими підприємствами та дослідницькими центрами для впровадження дуальної освіти, що дозволяє студентам отримувати практичний досвід під час навчання.

Міждисциплінарний підхід до навчання. Сучасні транспортні системи поєднують знання з різних галузей, таких як механіка, електроніка, програмування, штучний інтелект та робототехніка. Тому підготовка інженерів повинна включати міждисциплінарний підхід, що дозволяє студентам отримувати знання з різних областей. Наприклад, курс з автономних транспортних засобів може включати вивчення алгоритмів для розпізнавання об'єктів на дорозі, сенсорних технологій, а також інтеграції систем управління.

Основні елементи міждисциплінарного підходу

Механіка та електроніка. Вивчення основ механіки та електроніки, що дозволяє розуміти принципи роботи транспортних засобів.

Програмування та штучний інтелект. Вивчення мов програмування та алгоритмів машинного навчання, що дозволяє створювати інтелектуальні системи управління.

Робототехніка. Вивчення основ робототехніки, що дозволяє розуміти принципи роботи автономних транспортних засобів.

Використання цифрових двійників та симуляторів. Цифрові двійники та симулятори є важливими інструментами для підготовки інженерів. Вони дозволяють створювати віртуальні моделі транспортних засобів та систем, що дозволяє студентам тестувати та оптимізувати їх роботу в безпечних умовах. Наприклад, компанія **Tesla** використовує

цифрові двійники для тестування нових моделей автомобілів, що дозволяє значно знизити витрати на розробку.

Основні переваги цифрових двійників та симуляторів

Безпека. Студенти можуть тестувати нові технології без ризику для себе та інших.

Ефективність. Цифрові двійники дозволяють швидко тестувати та оптимізувати нові рішення.

Практичний досвід. Студенти отримують практичний досвід роботи з високотехнологічними системами.

Віртуальна та доповнена реальність. Віртуальна (VR) та доповнена реальність (AR) є важливими інструментами для навчання інженерів. Вони дозволяють створювати інтерактивні моделі транспортних засобів та систем, що дозволяє студентам вивчати їх роботу в реальному часі. Наприклад, компанія **BMW** використовує AR для створення інтерактивних дисплеїв, які відображають інформацію про дорожню ситуацію прямо на лобовому склі автомобіля.

Основні переваги VR та AR

Інтерактивність. Студенти можуть взаємодіяти з моделями в реальному часі.

Наочність. VR та AR дозволяють наочно демонструвати принципи роботи транспортних засобів.

Практичний досвід. Студенти отримують практичний досвід роботи з високотехнологічними системами.

Співпраця з промисловістю. Співпраця університетів з промисловими підприємствами є важливим елементом підготовки інженерів. Вона дозволяє студентам отримувати практичний досвід роботи з реальними системами та технологіями. Наприклад, компанія **Volvo** співпрацює з університетами для розробки нових моделей автомобілів, що дозволяє студентам отримувати практичний досвід.

Основні переваги співпраці з промисловістю

Практичний досвід. Студенти отримують практичний досвід роботи з реальними системами.

Інновації. Співпраця з промисловістю дозволяє університетам розробляти нові технології.

Кар'єрні можливості. Студенти можуть отримати роботу в провідних компаніях після закінчення навчання.

Дуальна освіта є важливим елементом підготовки інженерів. Вона дозволяє студентам отримувати практичний досвід роботи з реальними системами під час навчання. Наприклад, у Німеччині дуальна освіта є основним елементом підготовки інженерів, що дозволяє студентам отримувати практичний досвід роботи з реальними системами.

Основні переваги дуальної освіти

Практичний досвід. Студенти отримують практичний досвід роботи з реальними системами.

Інтеграція з промисловістю. Дуальна освіта дозволяє інтегрувати навчання з реальними потребами промисловості.

Кар'єрні можливості. Студенти можуть отримати роботу в провідних компаніях після закінчення навчання.

Підготовка інженерів для роботи з високотехнологічними транспортними системами вимагає комплексного підходу, що включає міждисциплінарне навчання, використання цифрових двійників та симуляторів, віртуальну та доповнену реальність, співпрацю з промисловістю та дуальну освіту. Це дозволить підготувати кваліфікованих спеціалістів, здатних працювати з передовими технологіями та розвивати сучасні транспортні системи.

УДК 629.113

Повар О.С.¹, Артюх О.М.²

¹ студ. гр. Т-114м НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ: ПЕРЕХІД ДО ВОДНЕВИХ ПАЛИВ

Розвиток автомобільного транспорту в умовах глобальних екологічних викликів вимагає пошуку альтернативних джерел енергії, які зменшать викиди шкідливих речовин у атмосферу. Одним із найперспективніших напрямків є перехід до водневих палив, які мають низку переваг порівняно з традиційними видами палива, такими як бензин чи дизель. Однак перехід до водневого транспорту потребує значних інвестицій у розвиток інфраструктури виробництва, зберігання та розподілу водню, а також подолання технологічних та економічних бар'єрів.

Переваги водневих палив

Екологічна чистота. Водневі паливні елементи виробляють енергію шляхом хімічної реакції між воднем і киснем, в результаті чого утворюється лише вода та тепло. Це робить водневі автомобілі екологічно чистими, оскільки вони не викидають у атмосферу шкідливі речовини, такі як CO₂, NO_x або тверді частинки. Наприклад, автомобілі на водневих паливних елементах, такі як Toyota Mirai або Hyundai Nexo, демонструють нульові викиди під час експлуатації.

Висока енергоефективність. Водневі паливні елементи мають високу енергоефективність порівняно з традиційними двигунами внутрішнього згорання. ККД водневих елементів може сягати 60–70%, тоді як ККД бензинових двигунів становить лише 20–30%. Це дозволяє водневим автомобілям забезпечувати більший запас ходу при меншій витраті енергії.

Швидкість заправки. Однією з головних переваг водневих автомобілів є швидкість заправки, яка становить лише 3–5 хвилин. Це значно швидше порівняно з електромобілями, які потребують годин для повного заряджання. Така швидкість заправки робить водневі автомобілі більш зручними для використання, особливо на довгих маршрутах.

Виклики переходу до водневих палив

Висока вартість виробництва водню. Виробництво водню є досить енергоємним процесом, що робить його дорогим. Наприклад, виробництво водню методом парового риформінгу природного газу (найпоширеніший метод) супроводжується викидами CO₂, що знижує екологічну ефективність. Зелене виробництво водню за допомогою електролізу води, яке використовує відновлювані джерела енергії, є більш екологічно чистим, але значно дорожчим.

Відсутність інфраструктури. Розвиток водневих автомобілів вимагає створення розгалуженої мережі водневих заправних станцій. Наприклад, у Європі станом на 2023 рік налічується близько 200 водневих заправних станцій, що є недостатнім для масового використання водневих автомобілів. В Україні така інфраструктура практично відсутня.

Технологічні обмеження. Водневі паливні елементи мають обмежений термін служби та вимагають регулярного обслуговування. Крім того, зберігання та транспортування водню пов'язані з певними ризиками, оскільки водень є вибухонебезпечним газом.

Досвід Європи у розвитку водневих технологій. Європейські країни активно впроваджують водневі стратегічні програми, що включають будівництво мережі заправних станцій, підтримку досліджень у галузі водневих паливних елементів та стимулювання промисловості до переходу на водень. Наприклад, у Німеччині діє програма H2 Mobility, яка передбачає будівництво 400 водневих заправних станцій до 2026 року. У Франції держава підтримує розвиток водневих технологій через податкові пільги та субсидії для виробників водневих автомобілів.

Основні елементи європейського досвіду

Державна підтримка. Європейські країни активно підтримують розвиток водневих технологій через субсидії, податкові пільги та інші заходи.

Розвиток інфраструктури. У Європі активно будуються водневі заправні станції, що дозволяє забезпечити зручність для власників водневих автомобілів.

Дослідження та інновації. Європейські країни інвестують у дослідження водневих технологій, що дозволяє розробляти новітні рішення для виробництва, зберігання та використання водню.

Перспективи розвитку водневих технологій в Україні. Україна має значний потенціал для розвитку водневих технологій, особливо з огляду на можливості виробництва зеленого водню за допомогою відновлюваних джерел енергії. Наприклад, сонячні електростанції та вітрові генератори могли б стати основним джерелом енергії для виробництва водню шляхом електролізу води.

Основні напрямки розвитку водневих технологій в Україні

Виробництво зеленого водню. Використання відновлюваних джерел енергії для виробництва водню дозволить зменшити викиди CO₂ та забезпечити екологічну стійкість.

Розвиток інфраструктури. Будівництво водневих заправних станцій на основних автомагістралях та в містах дозволить забезпечити зручність для власників водневих автомобілів.

Співпраця з європейськими партнерами. Україна може використовувати досвід європейських країн для розвитку водневих технологій, включаючи державну підтримку, податкові пільги та інші заходи.

Економічні та екологічні переваги водневих технологій

Зменшення викидів CO₂. Використання водневих палив дозволяє значно зменшити викиди CO₂, що є важливим для боротьби зі змінами клімату. Наприклад, заміна бензинових автомобілів на водневі дозволить зменшити викиди CO₂ на 50–70%.

Енергетична незалежність. Виробництво водню за допомогою відновлюваних джерел енергії дозволить Україні зменшити залежність від імпорту палива та забезпечити енергетичну незалежність.

Створення нових робочих місць. Розвиток водневих технологій дозволить створити нові робочі місця у сферах виробництва, транспортування та обслуговування водню.

Перехід до водневих палив є важливим кроком у розвитку екологічно чистих транспортних систем. Водневі технології мають низку переваг, таких як екологічна чистота, висока енергоефективність та швидкість заправки.

Однак для їх масового впровадження необхідно подолати технологічні та економічні бар'єри, включаючи високу вартість виробництва водню, відсутність інфраструктури та технологічні обмеження.

Досвід Європи може бути корисним для України у розвитку водневих технологій, включаючи державну підтримку, розвиток інфраструктури та

співпрацю з європейськими партнерами. Це дозволить створити більш екологічно стійку та ефективну транспортну систему, яка відповідає сучасним вимогам до збереження навколишнього середовища.

УДК 629.113

Талан М.О.¹, Артюх О.М.²

¹ студ. гр. Т-114м НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

СИСТЕМОТЕХНІКА В ПРОЄКТУВАННІ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН: ІНТЕГРАЦІЯ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

Системотехнічний підхід у проектуванні транспортних засобів дозволяє створювати високоефективні, безпечні та екологічні транспортні машини. Цей підхід передбачає комплексний аналіз усіх компонентів системи, включаючи механічні, електричні та програмні елементи, що дозволяє оптимізувати їх взаємодію та підвищити загальну ефективність.

Використання новітніх матеріалів, таких як високоміцні сплави, композити та наноматеріали, сприяє зниженню маси автомобілів, підвищенню їхньої міцності та паливної ефективності. Крім того, впровадження адитивних технологій (3D-друку) у виробництві транспортних компонентів дозволяє скоротити час розробки нових моделей та зменшити витрати на виробництво. Інтеграція цифрових технологій, таких як BIM-моделювання, дозволяє оптимізувати дизайн та підвищити якість конструкцій ще на етапі проектування.

Використання нових матеріалів у транспортному машинобудуванні

Високоміцні сплави. Високоміцні сплави, такі як алюмінієві та магнієві сплави, широко використовуються у сучасному транспортному машинобудуванні. Вони дозволяють значно знизити вагу транспортних засобів, що призводить до зменшення витрат палива та зниження викидів CO₂. Наприклад, компанія Tesla використовує алюмінієві сплави для виробництва кузовів своїх автомобілів, що дозволяє зменшити вагу та збільшити запас ходу.

Композитні матеріали. Композитні матеріали, такі як вуглепластик та склопластик, мають високу міцність при низькій вазі, що робить їх ідеальними для використання у транспортному машинобудуванні. Наприклад, компанія BMW використовує вуглепластик для виробництва кузовів своїх автомобілів серії i3 та i8, що дозволяє значно знизити вагу та підвищити енергоефективність.

Наноматеріали. Наноматеріали, такі як нанотрубки та нанокompозити, мають унікальні властивості, такі як висока міцність, теплопровідність та електропровідність. Вони використовуються для покращення характеристик транспортних засобів, таких як зниження ваги, підвищення міцності та покращення теплового управління. Наприклад, компанія Ford використовує нанокompозити для виробництва легких та міцних компонентів двигунів.

Адитивні технології (3D-друк) у виробництві. Адитивні технології, такі як 3D-друк, відкривають нові можливості для виробництва транспортних компонентів. Вони дозволяють створювати складні деталі з мінімальними витратами матеріалів, що значно знижує витрати на виробництво та скорочує час розробки нових моделей. Наприклад, компанія Bugatti використовує 3D-друк для виробництва гальмівних дисків, що значно знижує їхню вагу та підвищує продуктивність.

Основні переваги адитивних технологій

Зниження витрат. 3D-друк дозволяє знизити витрати на виробництво за рахунок мінімізації відходів матеріалів.

Швидкість розробки. 3D-друк дозволяє швидко створювати прототипи та тестувати нові рішення.

Гнучкість. 3D-друк дозволяє створювати складні деталі, які неможливо виготовити традиційними методами.

Інтеграція цифрових технологій у проектуванні

BIM-модельювання. BIM (Building Information Modeling) – це технологія, яка дозволяє створювати тривимірні моделі транспортних засобів, що включають всі необхідні параметри, такі як розміри, матеріали, вага та інші характеристики. Це дозволяє оптимізувати дизайн та підвищити якість конструкцій ще на етапі проектування. Наприклад, компанія Volvo використовує BIM-модельювання для розробки нових моделей автомобілів, що дозволяє значно знизити час розробки та підвищити якість конструкцій.

Цифрові двійники. Цифрові двійники – це віртуальні моделі транспортних засобів, які дозволяють тестувати та оптимізувати їх роботу в реальному часі. Наприклад, компанія Tesla використовує цифрові двійники для тестування нових моделей автомобілів, що дозволяє значно знизити витрати на розробку.

Системи комп'ютерного проектування (CAD). Системи комп'ютерного проектування (CAD) дозволяють створювати точні моделі транспортних засобів, що дозволяє оптимізувати їх дизайн та підвищити якість конструкцій. Наприклад, компанія BMW використовує CAD для розробки нових моделей автомобілів, що дозволяє значно знизити час розробки та підвищити якість конструкцій.

Екологічні аспекти системотехніки. Системотехнічний підхід дозволяє створювати екологічно чисті транспортні засоби, які мають менший

вплив на навколишнє середовище. Наприклад, використання легких матеріалів, таких як алюмінієві сплави та композити, дозволяє знизити витрати палива та зменшити викиди CO₂. Крім того, інтеграція електричних та гібридних технологій дозволяє створювати транспортні засоби з нульовими викидами.

Основні екологічні переваги системотехніки

Зниження викидів CO₂. Використання легких матеріалів та електричних технологій дозволяє знизити викиди CO₂.

Енергоефективність. Оптимізація конструкцій дозволяє підвищити енергоефективність транспортних засобів.

Рециклінг матеріалів. Використання композитних матеріалів дозволяє знизити кількість відходів та забезпечити рециклінг матеріалів.

Перспективи розвитку системотехніки у транспортному машинобудуванні. Майбутнє системотехніки у транспортному машинобудуванні пов'язане з інтеграцією новітніх технологій, таких як штучний інтелект, IoT та блокчейн. Наприклад, штучний інтелект дозволить оптимізувати процеси проектування та виробництва, IoT дозволить моніторити стан транспортних засобів у реальному часі, а блокчейн забезпечить безпеку даних.

Основні напрямки розвитку

Автономні транспортні засоби. Системотехніка буде відігравати ключову роль у розвитку автономних транспортних засобів, які вимагають комплексного підходу до проектування та управління.

Екологічність. Використання легких матеріалів та електричних технологій дозволить створити більш екологічно чисті транспортні засоби.

Інтеграція цифрових технологій. Використання цифрових технологій, таких як BIM-моделювання та цифрові двійники, дозволить оптимізувати процеси проектування та виробництва.

Системотехнічний підхід у проектуванні транспортних засобів дозволяє створювати високоефективні, безпечні та екологічні транспортні машини. Майбутнє системотехніки у транспортному машинобудуванні пов'язане з інтеграцією новітніх технологій, таких як штучний інтелект, IoT та блокчейн, що дозволить створити більш ефективну, безпечну та екологічно стійку транспортну систему.

ВПЛИВ ЗМІННИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ЧУТЛИВОСТІ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ

Відомо, що стан гальмівної системи автомобіля є визначальним чинником безпеки дорожнього руху. Погіршення її роботи може призвести до аварійних ситуацій на дорозі. Виходячи з наведеного, важливим є вивчення конструктивних особливостей гальмівної системи, оцінка їх впливу на ефективність гальмування та визначення способів підвищення надійності роботи системи та її складових.

Антиблокувальна система на автомобілях застосовується вже достатньо давно, але питання щодо підвищення ефективності її роботи залишаються актуальними і сьогодні. Відомо, що модуляція тиску в гальмівному приводі автомобіля при роботі АБС може виконуватися одним з трьох способів: релейним, лінійним безперервним та з керованою пульсацією [1].

Модулятор тиску з керованою пульсацією є перспективним напрямом сучасних досліджень. Використання такого способу регулювання тиску в гальмівній системі дозволяє підвищити адаптивність роботи антиблокувальної системи в залежності від умов навантаження та зчеплення [1]. Також перевагою використання саме цього способу модуляції є простота конструкції, порівняно з лінійною безперервною модуляцією, проблемою якої є відсутність працездатних електромагнітів, які можна було б використовувати для реалізації такої модуляції.

На основі аналізу досліджень, авторами було підтверджено доцільність застосування адаптивної антиблокувальної системи з широтно-імпульсною модуляцією, недоліком якої є підвищені витрати запасів стислого повітря на модуляцію тиску у виконавчих апаратах [1].

Вирішення цього недоліку було запропоновано авторами роботи [2], які пропонують нове конструктивне рішення виконання модулятора тиску, який дозволяє знизити витрати стислого повітря шляхом застосування змінних прохідних перетинів. Використовуючи запропонований модулятор тиску та підставивши змінні коефіцієнти чутливості та пробної дії у рівняння, які були запропоновані авторами роботи [3], було проведено розрахунки.

На основі отриманих даних було підтверджено актуальність використання запропонованої методики розрахунку. Також було підтверджено доцільність використання змінних коефіцієнтів чутливості у модуляторі тиску антиблокувальної системи, за допомогою яких було досягнуто підвищення ефективності роботи гальмівної системи автомобіля на

3,1% при прямолінійному русі, та на 3,8% при криволінійному. Відхилення від заданої траєкторії при заданому русі, у разі гальмування автомобіля на засніженій дорозі, складає 0,19% [2].

Таким чином, на основі попередніх досліджень можна зробити висновок, що використання гальмівної системи з широтно-імпульсною модуляцією дозволяє покращити точність вимірювань модулятора тиску, що у свою чергу підвищить ефективність роботи антиблокувальної системи за рахунок її адаптивності до умов зчеплення та навантаження автомобіля. Виходячи з цього, я вважаю доцільним використання методики розрахунків, запропонованих авторами роботи [2] з метою подальших досліджень цього питання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналіз способів модуляції тиску в антиблокувальних системах з керованою пульсацією [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://library.kpi.kharkov.ua/files/Vestniki/2011_18.pdf

2. Вплив змінних коефіцієнтів чутливості та пробної дії на ефективність гальмування, керованість та стійкість [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cyberleninka.ru/article/n/vpliv-zminnih-koefitsientiv-chutlivosti-taprobnoyi-diyi-na-efektivnist-galmutuvannya-kerovanist-ta-styikist/viewer>

3. Гецович Е. М. Вибір коефіцієнтів чутливості алгоритма функціонування АБС / Гецович Е. М., Селевич С. Г. // Вісник НТУ «ХПІ» «Автомобіле- та тракторобудування». – 2007. – № 12. – 5 с.

УДК 629.331.06

Рябошпка Н.Є.¹, Второв Р.Ю.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Т-114м НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЕМ

Транспортні засоби нового покоління важко уявити без допоміжних систем керування. У конструкцію сучасних автомобілів впроваджують все більшу кількість електронних систем, сенсорів, радарів та датчиків, які допомагають полегшити водієві керування своїм транспортним засобом, а деякі з них навіть підвищують його безпеку під час руху. Всі передові виробники автомобільного транспорту займаються розробкою все більш досконалих допоміжних систем, впроваджують найновіші технології у свої флагманські продукти, займаються дослідженнями у цій галузі. Все це вони

роблять для того, щоб досягти головної мети – повної автономності та автоматизації автомобіля, який мав би змогу безпечно пересуватися по дорогах загального використання без участі водія.

Допоміжні системи автоматизованого керування умовно поділяють на п'ять рівнів.

Перший рівень – автомобіль може допомогти водієві з деякими функціями, але прискорення, гальмування та моніторинг ситуації навколо автомобіля залишаються за водієм. Прикладом такої системи є адаптивний круїз-контроль.

Другий рівень – часткова автономність. На цьому рівні декілька функцій, таких як круїз-контроль і утримання смуги, працюють одночасно. Водій може відчувати деякий спокій, знаючи, що системи підтримують швидкість і дистанцію, але різкий перехід до ручного керування все ще залишається необхідним у нестандартних ситуаціях.

Третій рівень – умовна автономність. Увага водія все ще залишається важливою, але він спокійно може відключитися від «критичних для безпеки» функцій, таких як гальмування, і передати управління автомобілю за безпечних умов. Багато сучасних транспортних засобів з третім рівнем автономності не потребують уваги водія до дороги зі швидкістю менше 60 км на годину.

Четвертий рівень – висока автоматизація. На цьому рівні транспортний засіб здатний керувати, гальмувати, прискорюватися, контролювати проїжджу частину, а також реагувати на події, визначати, коли потрібно міняти смуги руху, повертати та використовувати сигнали. Але все це можливо лише за безпечних умов та у визначених зонах для руху.

П'ятий рівень – повна автономність. Автомобіль повністю виконує рух без участі водія. Все що залишається водієві – задати кінцеве місце призначення.

На сьогоднішній день автомобільні виробники змогли досягти лише третього рівня автоматизації.

У 2021 році компанія Honda першими представили модель Legend Ex, оснащену цією системою. Але у серійне виробництво такі автомобілі не йшли. Було створено лише 100 автомобілів-прототипів, які можна було орендувати безпосередньо у Японії напряму у автосалоні Honda.

Наступними, хто наблизився до цього рівня, була компанія Mercedes-Benz, у 2022 році сертифікувавши свої нові S-клас та EQS з системою Drive Pilot на борту. Перші партії були доступні для використання лише у Німеччині, пізніше їх сертифікували у Неваді та Каліфорнії у 2023 році.

По прикладу Mercedes-Benz, компанія BMW створила свою версію автопілоту 3-го рівня під назвою Personal Pilot та впровадила у свою BMW 7 Series, сертифікувавши її у 2024 році для використання у Німеччині.

Конструкційною особливістю усіх цих автомобілів є впровадження сучасного датчика LiDAR – лазерної проекції з виявленням та визначенням дистанції до об'єктів, яка і дозволяє реалізувати автоматизацію 3-го рівня.

Компанія Tesla оголосила, що у найближчий час система автоматичного керування без участі водія стане доступна і власникам їх автомобілів у Техасі та Каліфорнії у 2025 році, але поки що офіційної інформації про існування таких автомобілів ще немає.

Таким чином, з кожним роком автомобільні виробники наближаються до своєї головної мети – повної автономності, тому це лише питання часу, коли людство створить перший на планеті автомобіль, який буде безпечно пересуватися без водія.

УДК 621.43.03

Слинько Г.І.¹, Смоляний О.С.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Т-414м НУ «Запорізька політехніка»

РОТОРНО-ПОРШНЕВІ ДВИГУНИ: ІСТОРІЯ, МОДИФІКАЦІЇ ТА СУЧАСНИЙ СТАН

Роторно-поршневий двигун (РПД) – це тип двигуна внутрішнього згорання, який використовує обертовий ротор замість традиційних поршнів, що рухаються вгору-вниз у циліндрах. Його основною перевагою є компактність, менша вага та більш плавна робота. Також, в РПД менша кількість рухомих деталей, що дозволяє підвищити надійність і знизити рівень вібрацій.

Ідея створення РПД бере свій початок ще у XIX столітті, коли інженери шукали альтернативні механізми перетворення енергії згорання на механічну роботу. Однак лише у XX столітті вдалося створити дієві зразки таких двигунів. Найвідомішою реалізацією РПД є двигун Ванкеля, розроблений німецьким інженером Феліксом Ванкелем. У 1929 році німецький винахідник Ф. Ванкель отримав патент на роторний двигун, проте робочий зразок був виготовлений лише у 1950-х роках у співпраці з компанією NSU. Перший повноцінний двигун такого типу був випробуваний у 1957 році (рис. 1). У 1964 році компанія NSU представила перший серійний автомобіль з роторним двигуном – NSU Wankel Spider.

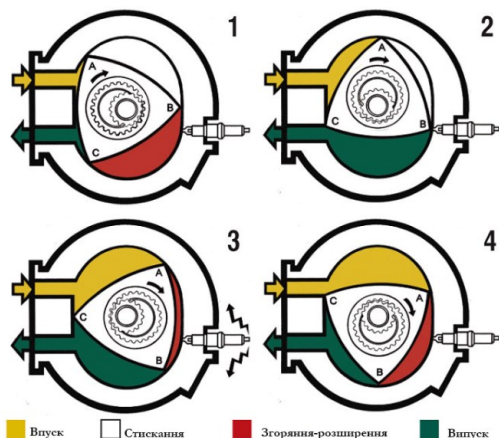


Рисунок 1 – Схема робочого циклу роторно-поршневого двигуна

Класична схема двигуна Ванкеля – трикутний ротор, який обертається по епітрохоні в замкнутому об'ємі, утворюючи три камери згорання. Завдяки своїй простоті та малій кількості рухомих деталей цей двигун отримав широке застосування в автомобільній промисловості.

У 1970-х роках компанія Mazda почала активно розробляти та вдосконалювати РПД, випустивши кілька моделей автомобілів, серед яких найвідомішими є Mazda RX-3, RX-7 та RX-8. В інших галузях також експериментували з роторними двигунами, зокрема у військовій техніці, мотоциклах та авіації.

Відомі й інші варіанти роторних двигунів. Роторно-поршневі двигуни Ліхтенштейна – одна з модифікацій роторного двигуна, в якій покращено ущільнення між рухомими частинами. Завдяки використанню вдосконалених ущільнювачів цей тип двигуна мав вищу ефективність.

Роторні турбодвигуни – поєднання роторного принципу роботи з газотурбінними технологіями. Вони використовувалися переважно в авіації для створення легких і потужних силових агрегатів.

Роторні двигуни можуть мати різні форми камер згорання, що впливає на їх ефективність і витрати пального.

У різних конструкціях використовувалися різні ущільнювачі для мінімізації витоків газів, що впливало на ресурс двигуна.

Були реалізовані як повітряне, так і рідинне охолодження, що допомагало зменшити перегрів і підвищити надійність.

Існували як одно-, так і багатороторні модифікації. Більша кількість роторів дозволяла досягти вищої потужності.

Окрім автомобілях, РПД використовувались на мотоциклах, військовій техніці, в авіації. Компанії Suzuki та Norton створювали мотоцикли з роторними двигунами, однак через проблеми з надійністю вони не набули масового поширення. Легкі літаки та БПЛА експериментально оснащувалися роторними двигунами через їхню компактність та невелику вагу. Такі експерименти проводили компанії Curtiss-Wright і Norton.

Сучасний стан та перспективи. Сьогодні інтерес до роторно-поршневих двигунів значно зменшився через високу витрату пального та екологічні обмеження. Проте компанія Mazda продовжує дослідження цієї технології, розробляючи гібридні автомобілі з РПД у ролі генератора електроенергії. Також ведуться розробки роторних двигунів на водневому паливі, що може зробити їх екологічно чистими.

Висновок. Роторно-поршнєві двигуни стали важливим етапом розвитку інженерної думки. Попри свої переваги, вони не змогли замінити традиційні поршнєві двигуни через певні технічні обмеження. Однак завдяки сучасним розробкам вони можуть знайти нове застосування в електромобілях та водневій енергетиці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Felix Wankel // Wikipedia : site. URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Felix_Wankel
2. Rotron Aerospace Applications // Rotron Rotary Engine Applications & Solutions : site. URL: <https://rotronaero.com/engine-applications/>

УДК 621.43.06

Євсєєва Н.О.¹, Тимошенко В.О.²

¹ канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Т-414м НУ «Запорізька політехніка»

ВПУСКНА ТА ВИПУСКНА СИСТЕМИ ДВЗ

Робота будь-якого двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) заснована на згоранні суміші повітря і палива в циліндрах агрегату. Крім того, що повітря і горючий матеріал (бензин, дизель чи газ) потрібно подати в кожен циліндр, потрібен точний розрахунок кількості кожної. У міру вдосконалення двигунів поліпшуються системи, які необхідні для їх максимальної ефективності.

Ефективність роботи ДВЗ залежить від досконалості процесів, які протікають в проточних частинах та перш за все від конструкції впускних та випускних каналів. Метод послідовних проб є найбільш розповсюдженим способом конструювання та доводки каналів.

Коефіцієнт витрат у різних двигунах вказує на резерви для покращення гідродинаміки проточної частини каналу. Двигуни з вдало профільованими випускними каналами дає можливості знизити на 3...5% витрату палива. В результаті відповідного профілювання випускних каналів двигуна приріст витрати випускних газів при максимальному підйомі клапана складає 35% (в умовах стаціонарної продукції).

В залежності від задач, які вони виконують, впускні канали умовно поділяють на одно- та двох функціональні. Для однофункціональних випускних каналів ставлять вимоги забезпечити максимальне наповнення циліндрів свіжим зарядом, а перед двохфункціональними – додатково, отримання інтенсивного руху повітряного заряду в циліндрі та камері згорання оптимально необхідного для процесу сумішоутворення. Тиск є умовним, тому що осесиметричне розташування каналу та напрямок потоку, який витікає з клапанної щілини під кутом до стінок циліндра, створюють обертальний рух повітряного заряду.

При вивченні втрат в каналі припустимо, що потік на вході в канал є рівномірним, а течія стаціонарна. Прийнято у якості контрольних перерізів вхідний та вихідний переріз каналу. В загальному вигляді впускні та випускні канали складаються: з прямолінійних або криволінійних конфузорних або дифузорних частин. При дослідженнях характеристик впускних та випускних систем двигунів користуються аеродинамічними показниками. При виході потоку з клапанної щілини впускного каналу виникають втрати внаслідок раптового збільшення поперечного перерізу проточної частини системи, а також через вихроутворення за тарілкою клапана.

Втрати в каналах складаються з втрат, обумовлених відривними явищами та тертям, втратами з вихідною швидкістю, що залежить від ступеню нерівномірності потоку на виході з каналу. Втрати на тертя складають не більше 3...5% загальних втрат і тому ними в розрахунках часто нехтують.

Складність процесів, які відбуваються у впускному та випускному каналах, ускладнює його експериментальне дослідження. Тому при проведенні дослідів протікаючий нестановлений процес замінюється рядом стаціонарних процесів, які охоплюють всі режими течії в каналі.

УПРАВЛІННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЮ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

Повномасштабне вторгнення Російської Федерації на територію України суттєво змінило умови функціонування машинобудівних підприємств, спричинивши порушення логістичних ланцюгів, дестабілізацію партнерських відносин, обмеження експортно-імпортних операцій та кадрові труднощі. Це негативно вплинуло на стабільність роботи підприємств і призвело до зменшення їхньої кількості в Україні. В умовах воєнного стану виникла потреба у розробці ефективних стратегій підтримки конкурентоспроможності підприємств, що є критично важливим для економічної безпеки країни.

Відповідно до ч. 2 ст. 1 Закону України «Про захист економічної конкуренції» економічна конкуренція (конкуренція) визначається як змагання між суб'єктами господарювання з метою здобуття завдяки власним досягненням переваг над іншими суб'єктами господарювання, внаслідок чого споживачі, суб'єкти господарювання мають можливість вибирати між кількома продавцями, покупцями, а окремий суб'єкт господарювання не може визначати умови обороту товарів на ринку.

На нашу думку, ключовим фактором у забезпеченні стійкості сектору машинобудування в Україні та управлінні конкурентоспроможністю підприємствами може стати формування консолідованої стратегії взаємодії між державою, бізнесом та міжнародними організаціями. Наприклад, на Лозівському ковальсько-механічному заводі (ЛКМЗ), що є найбільшим ковальсько-штампувальним підприємством України, впроваджено систему менеджменту якості ISO 9001:2008, яка діє в тому числі під час воєнного стану і є одним зі значущих важелів підтримки загальної стратегії функціонування підприємства. ДП «Житомирський бронетанковий завод» протягом 2020-2022рр. характеризується нестійким фінансовим станом, оскільки його власних оборотних коштів недостатньо для того, щоб профінансувати виробничі запаси. Це свідчить про те, що підприємство є залежним від зовнішніх джерел фінансування, а отже потребує державної підтримки [1]. Також внаслідок окупації деякі машинобудівні підприємства перестали функціонувати, наприклад, Луганський патронний завод, Мелітопольський завод турбокомпресорів, отже вони більше не можуть бути частиною економічної конкуренції в Україні [2].

До повномасштабного вторгнення машинобудівні підприємства поклалися на глобальні ринки для постачання сировини та комплектуючих. Воєнні дії призвели до розриву традиційних логістичних зв'язків, що змусило компанії шукати нових постачальників, зокрема в ЄС, Туреччині та Китаї, а також поглиблювати розвиток внутрішнього виробництва. Також слід сказати про те, що раніше машинобудівні підприємства працювали переважно в цивільних секторах, таких як автомобілебудування та виробництво сільськогосподарської техніки. Наразі пріоритет змістився на виробництво військової продукції, що вимагає швидкого перепрофілювання виробничих потужностей та пошуку нових партнерів у сфері оборони. Мобілізація та міграція призвели до втрати кваліфікованих кадрів, особливо інженерів та техніків. Підприємства змушені автоматизувати процеси, залучати працівників з інших регіонів та впроваджувати нові форми зайнятості, такі як віддалена робота та співпраця з навчальними закладами.

Незважаючи на ці виклики варто зазначити, що в умовах війни держава та міжнародні партнери активно фінансують оборонні проекти, релокацію підприємств та модернізацію виробництв. Програми пільгового кредитування та гранти допомагають підприємствам адаптуватися до нових умов. Наприклад, Міністерство економіки України реалізовує переміщення підприємств із зон бойових дій у безпечніші регіони [3], програма «Власна справа» надає гранти до 250 тисяч гривень на створення або розширення бізнесу, Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР) наразі реалізує 220 проектів в Україні на більш ніж €5 млрд.

Також до війни експорт машинобудівної продукції був орієнтований на країни СНД, Азії та Африки. Наразі підприємства переорієнтовуються на європейський ринок, проходять сертифікацію за стандартами ЄС та НАТО, що відкриває нові перспективи, але вимагає значних інвестицій. Укладення Угоди про оцінку відповідності та прийнятність промислової продукції (АСАА, «промисловий безвіз») між Україною та ЄС сприятиме взаємному визнанню оцінки відповідності продукції, що знизить нетарифні бар'єри та в перспективі розширить можливості експорту української продукції на європейський ринок.

Отже, воєнний стан радикально змінив підходи до управління конкурентоспроможністю українських машинобудівних підприємств. У нових умовах ключовими факторами успіху є гнучкість, здатність швидко адаптуватися до змін, інтеграція в міжнародні виробничі ланцюги та орієнтація на інноваційні рішення. Довгострокова стійкість галузі залежить від здатності підприємств утримувати нові позиції на ринку після війни, модернізувати виробництво та використовувати міжнародну кооперацію для посилення конкурентних переваг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чубка О. М., Процяк Т. Ю. Вплив повномасштабного вторгнення на фінансову стійкість державних підприємств військово-промислового комплексу України. Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління. 2023. № 10. С. 120–127.

2. Список розграбованих Росією українських заводів на окупованих територіях. InVenture : веб-сайт. URL: <https://inventure.com.ua/uk/news/ukraine/spisok-rozgrabovanih-rosiyeyu-ukrayinskih-zavodiv-na-okupovanih-teritoriyah>

3. Програма релокації підприємств. 28.01.2025. Міністерство економіки України : веб-сайт. URL: <https://me.gov.ua/Documents/Detail?id=3e766cf9-f3ca-4121-8679-e4853640a99a>

УДК 629.113

Івженко І.В.¹, Артюх О.М.²

¹ студ. гр. Тз-114м НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

РОЛЬ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Штучний інтелект (ШІ) кардинально змінює логістичні процеси, забезпечуючи їхню ефективність, точність і гнучкість. Використання алгоритмів машинного навчання та аналізу великих даних дозволяє прогнозувати попит на транспортні послуги, оптимізувати маршрути перевезень та мінімізувати витрати на паливо.

Застосування ШІ у сфері транспорту включає автоматизацію складських процесів, розробку автономних вантажних транспортних засобів, підвищення ефективності роботи логістичних центрів. Наприклад, великі міжнародні корпорації, такі як Amazon та DHL, вже активно використовують роботизовані системи для оптимізації поставок та зниження витрат на логістику.

В Україні розвиток інтелектуальних логістичних систем може значно покращити ефективність перевезень, знизити транспортні витрати та скоротити негативний вплив на довкілля. Для цього необхідно розвивати національні програми підтримки цифрової трансформації транспортної сфери та залучати інвестиції в технологічні стартапи, які працюють у сфері розумної логістики.

Основні сфери застосування штучного інтелекту в логістиці

Прогнозування попиту. Штучний інтелект дозволяє аналізувати великі обсяги даних, таких як історичні дані про продажі, сезонні коливання попиту та зовнішні фактори (наприклад, погодні умови або економічні кризи), щоб точно прогнозувати попит на транспортні послуги. Це дозволяє логістичним компаніям оптимізувати запаси та планувати маршрути перевезень. Наприклад, компанія Walmart використовує ШІ для прогнозування попиту на товари, що дозволяє їй ефективно управляти запасами та знижувати витрати на логістику.

Оптимізація маршрутів. Алгоритми ШІ дозволяють аналізувати дані про трафік, дорожні умови та інші фактори, щоб знаходити найбільш ефективні маршрути для перевезень. Це дозволяє знизити витрати на паливо, скоротити час доставки та підвищити задоволеність клієнтів. Наприклад, компанія UPS використовує систему ORION (On-Road Integrated Optimization and Navigation), яка за допомогою ШІ оптимізує маршрути для тисяч водіїв, що дозволяє зекономити мільйони доларів на паливі щороку.

Автоматизація складських процесів. Штучний інтелект дозволяє автоматизувати багато процесів на складах, таких як сортування, упаковка та відправка товарів. Наприклад, компанія Amazon використовує роботизовані системи Kiva, які автоматично переміщують товари на складі, що дозволяє значно знизити витрати на логістику та підвищити ефективність роботи.

Автономні вантажні транспортні засоби. Штучний інтелект відіграє ключову роль у розвитку автономних вантажних транспортних засобів, які можуть працювати без участі водія. Наприклад, компанія Tesla розробляє автономні вантажівки Semi, які зможуть самостійно перевозити вантажі на великі відстані, що дозволить знизити витрати на логістику та підвищити безпеку на дорогах.

Переваги використання штучного інтелекту в логістиці

Зниження витрат. Використання ШІ дозволяє значно знизити витрати на логістику за рахунок оптимізації маршрутів, автоматизації процесів та зниження витрат на паливо. Наприклад, компанія DHL використовує ШІ для оптимізації маршрутів, що дозволяє їй зекономити мільйони доларів щороку.

Підвищення ефективності. Штучний інтелект дозволяє підвищити ефективність логістичних процесів за рахунок автоматизації та оптимізації. Наприклад, компанія FedEx використовує ШІ для автоматизації процесів на складах, що дозволяє їй обробляти більше замовлень за менший час.

Покращення якості обслуговування. Використання ШІ дозволяє покращити якість обслуговування клієнтів за рахунок точності прогнозування попиту, оптимізації маршрутів та швидкості доставки. Наприклад, компанія Amazon використовує ШІ для прогнозування попиту, що дозволяє їй забезпечити швидку доставку товарів клієнтам.

Виклики впровадження штучного інтелекту в логістиці

Висока вартість інтеграції. Впровадження ІІІ вимагає значних інвестицій у програмне забезпечення, обладнання та навчання персоналу. Це може бути перешкодою для малих та середніх підприємств.

Кібербезпека. Використання ІІІ пов'язане з ризиками кібератак, що може призвести до витоку даних або навіть до втручання в роботу логістичних систем. Тому важливо забезпечити надійний захист даних.

Необхідність кваліфікованих кадрів. Для роботи з ІІІ необхідні кваліфіковані фахівці, які мають знання в галузі машинного навчання, аналізу даних та програмування. Це може бути проблемою для компаній, які не мають доступу до таких фахівців.

Перспективи розвитку штучного інтелекту в логістиці. Майбутнє ІІІ у логістиці пов'язане з інтеграцією новітніх технологій, таких як блокчейн, IoT та автономні транспортні засоби. Наприклад, блокчейн дозволить забезпечити прозорість та безпеку даних у логістичних процесах, IoT дозволить моніторити стан вантажів у реальному часі, а автономні транспортні засоби дозволять знизити витрати на логістику та підвищити безпеку на дорогах.

Основні напрямки розвитку

Автономні транспортні засоби. ІІІ буде відігравати ключову роль у розвитку автономних вантажних транспортних засобів, які зможуть самостійно перевозити вантажі на великі відстані.

Інтеграція з IoT. Використання IoT дозволить моніторити стан вантажів у реальному часі, що дозволить оптимізувати логістичні процеси.

Блокчейн у логістиці. Блокчейн дозволить забезпечити прозорість та безпеку даних у логістичних процесах, що дозволить знизити ризики шахрайства та підвищити ефективність.

Штучний інтелект відіграє ключову роль у оптимізації логістичних процесів автомобільного транспорту. Він дозволяє прогнозувати попит, оптимізувати маршрути, автоматизувати складські процеси та розробляти автономні вантажні транспортні засоби.

Незважаючи на виклики, такі як висока вартість інтеграції та кібербезпека, майбутнє ІІІ у логістиці пов'язане з інтеграцією новітніх технологій, таких як блокчейн, IoT та автономні транспортні засоби. Це дозволить створити більш ефективну, безпечну та екологічно стійку логістичну систему, яка відповідає сучасним вимогам до транспортування вантажів.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З АВТОНОМНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Підготовка фахівців з автономних транспортних систем є одним із пріоритетних напрямів у сучасній освіті. З розвитком технологій автономії у транспортних засобах важливою частиною є навчання студентів вищих навчальних закладів новим методам проєктування, аналізу та впровадження таких систем.

Сучасні підходи до навчання включають кілька ключових аспектів: мультидисциплінарність, використання симуляторів та віртуальної реальності, співпрацю з промисловістю та акцент на безпеку. Ці підходи дозволяють підготувати кваліфікованих спеціалістів, які зможуть ефективно працювати з автономними транспортними системами та розвивати їх у майбутньому.

Мультидисциплінарність у навчанні. Автономні транспортні системи поєднують знання з різних галузей, таких як механіка, електроніка, програмування, штучний інтелект та робототехніка. Тому підготовка фахівців вимагає комплексного підходу, який включає вивчення різних дисциплін. Наприклад, курс з автономних транспортних засобів може включати вивчення алгоритмів для розпізнавання об'єктів на дорозі, сенсорних технологій, а також інтеграції систем управління.

Основні елементи мультидисциплінарного підходу

Механіка та електроніка. Вивчення основ механіки та електроніки, що дозволяє розуміти принципи роботи транспортних засобів.

Програмування та штучний інтелект. Вивчення мов програмування та алгоритмів машинного навчання, що дозволяє створювати інтелектуальні системи управління.

Робототехніка. Вивчення основ робототехніки, що дозволяє розуміти принципи роботи автономних транспортних засобів.

Використання симуляторів та віртуальної реальності. Симулятори та віртуальна реальність (VR) є важливими інструментами для навчання фахівців з автономних транспортних систем. Вони дозволяють створювати віртуальні моделі транспортних засобів та систем, що дозволяє студентам тестувати та оптимізувати їх роботу в безпечних умовах. Наприклад, компанія Tesla використовує симулятори для тестування нових моделей автомобілів, що дозволяє значно знизити витрати на розробку.

Основні переваги симуляторів та VR

Безпека. Студенти можуть тестувати нові технології без ризику для себе та інших.

Ефективність. Симулятори дозволяють швидко тестувати та оптимізувати нові рішення.

Практичний досвід. Студенти отримують практичний досвід роботи з високотехнологічними системами.

Співпраця з промисловістю. Співпраця університетів з промисловими підприємствами є важливим елементом підготовки фахівців. Вона дозволяє студентам отримувати практичний досвід роботи з реальними системами та технологіями. Наприклад, компанія Volvo співпрацює з університетами для розробки нових моделей автомобілів, що дозволяє студентам отримувати практичний досвід.

Основні переваги співпраці з промисловістю

Практичний досвід. Студенти отримують практичний досвід роботи з реальними системами.

Інновації. Співпраця з промисловістю дозволяє університетам розробляти нові технології.

Кар'єрні можливості. Студенти можуть отримати роботу в провідних компаніях після закінчення навчання.

Акцент на безпеку. Безпека є одним із ключових аспектів у розвитку автономних транспортних систем. Тому підготовка фахівців повинна включати вивчення питань безпеки, таких як забезпечення безпечної роботи в умовах непередбачених ситуацій та забезпечення безпеки на дорогах. Наприклад, курс з автономних транспортних засобів може включати вивчення алгоритмів для виявлення перешкод на дорозі, систем управління в аварійних ситуаціях та забезпечення кібербезпеки.

Основні елементи навчання з безпеки

Виявлення перешкод. Вивчення алгоритмів для виявлення перешкод на дорозі, таких як пішоходи, інші транспортні засоби та дорожні знаки.

Управління в аварійних ситуаціях. Вивчення систем управління, які дозволяють уникнути аварій у непередбачених ситуаціях.

Кібербезпека. Вивчення методів захисту автономних систем від кібератак, що дозволяє забезпечити безпеку на дорогах.

Перспективи розвитку навчання фахівців з автономних транспортних систем. Майбутнє навчання фахівців з автономних транспортних систем пов'язане з інтеграцією новітніх технологій, таких як штучний інтелект, IoT та блокчейн. Наприклад, штучний інтелект дозволить оптимізувати процеси навчання, IoT дозволить моніторити стан транспортних засобів у реальному часі, а блокчейн забезпечить безпеку даних.

Основні напрямки розвитку

Інтеграція з IoT. Використання IoT дозволить моніторити стан транспортних засобів у реальному часі, що дозволить оптимізувати процеси навчання.

Використання штучного інтелекту. Штучний інтелект дозволить оптимізувати процеси навчання, що дозволить підвищити ефективність підготовки фахівців.

Блокчейн у навчанні. Блокчейн дозволить забезпечити безпеку даних у процесі навчання, що дозволить знизити ризики шахрайства та підвищити ефективність.

Підготовка фахівців з автономних транспортних систем є важливим напрямком у сучасній освіті. Сучасні підходи до навчання, такі як мультидисциплінарність, використання симуляторів та віртуальної реальності, співпраця з промисловістю та акцент на безпеку, дозволяють підготувати кваліфікованих спеціалістів, які зможуть ефективно працювати з автономними транспортними системами. Майбутнє навчання фахівців пов'язане з інтеграцією новітніх технологій, таких як штучний інтелект, IoT та блокчейн, що дозволить створити більш ефективну, безпечну та екологічно стійку систему підготовки фахівців.

УДК 629.113

Тишлек В.В.¹, Артюх О.М.²

¹ студ. гр. Т-211 НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

Глобальна цифровізація суттєво змінює автомобільний транспорт, створюючи нові можливості для поліпшення якості та ефективності. Цифрові технології, такі як інтернет речей (IoT), великі дані, штучний інтелект і блокчейн, активно впроваджуються в транспортну галузь.

Вони дозволяють оптимізувати логістичні процеси, підвищити безпеку на дорогах, зменшити викиди шкідливих речовин та створити більш комфортні умови для водіїв і пасажирів. У майбутньому цифровізація продовжуватиме трансформувати автомобільний транспорт, роблячи його більш інтелектуальним, екологічно чистим та ефективним.

Інтелектуальні транспортні системи (ITS) є одним із ключових елементів цифровізації автомобільного транспорту. Вони включають використання сенсорів, камер, GPS-трекерів та алгоритмів штучного

інтелекту для управління транспортними потоками, зменшення заторів та підвищення безпеки на дорогах. Наприклад, системи автоматичного регулювання світлофорів дозволяють оптимізувати рух транспорту в реальному часі, зменшуючи час очікування на перехрестях та знижуючи рівень забруднення повітря.

Основні елементи ITS

Автоматичне регулювання світлофорів. Системи, які адаптують час світлофорів залежно від інтенсивності руху.

Адаптивні системи навігації. Навігаційні системи, які рекомендують оптимальні маршрути з урахуванням реального трафіку.

Моніторинг стану доріг. Використання сенсорів та камер для виявлення аварій, заторів та інших проблем на дорогах.

Електрифікація та автономність. Одним із найважливіших напрямків розвитку автомобільного транспорту є електрифікація та автономність. Електромобілі стають все більш популярними завдяки своїй екологічній чистоті та енергоефективності. Водночас автономні транспортні засоби, які можуть функціонувати без участі водія, відкривають нові можливості для підвищення безпеки та зменшення заторів. Наприклад, компанія Tesla активно розвиває автономні технології, які дозволяють автомобілям самостійно керуватися на дорогах.

Основні переваги електрифікації та автономності

Зниження викидів CO₂. Електромобілі не виробляють викидів під час експлуатації, що робить їх екологічно чистими.

Підвищення безпеки. Автономні транспортні засоби здатні уникнути аварій, викликаних людськими помилками.

Зменшення заторів. Автономні системи можуть оптимізувати рух транспорту, зменшуючи затори та покращуючи ефективність дорожньої інфраструктури.

Використання великих даних та аналітики. Великі дані та аналітика відіграють ключову роль у цифровізації автомобільного транспорту. Вони дозволяють збирати, аналізувати та використовувати великі обсяги інформації для оптимізації транспортних процесів. Наприклад, дані про трафік, погодні умови та стан доріг можуть бути використані для прогнозування заторів та планування маршрутів.

Основні сфери застосування великих даних

Прогнозування трафіку. Використання історичних даних для прогнозування заторів та оптимізації маршрутів.

Управління автопарками. Аналіз даних про стан транспортних засобів для оптимізації обслуговування та зниження витрат.

Покращення безпеки. Використання даних про аварії та дорожні умови для розробки заходів щодо підвищення безпеки на дорогах.

Блокчейн у транспортній галузі. Блокчейн-технології знаходять застосування в автомобільній промисловості для забезпечення прозорості та безпеки даних. Вони дозволяють створювати децентралізовані системи управління транспортними процесами, що знижує ризики шахрайства та підвищує ефективність. Наприклад, блокчейн може використовуватися для відстеження ланцюжків поставок, управління автопарками та забезпечення безпеки даних.

Основні переваги блокчейну в транспорті

Прозорість. Блокчейн дозволяє створювати прозорі системи управління, що знижує ризики шахрайства.

Безпека. Децентралізована природа блокчейну забезпечує високу ступінь захисту даних.

Ефективність. Використання блокчейну дозволяє автоматизувати багато процесів, що знижує витрати та підвищує ефективність.

Екологічні аспекти цифровізації транспорту. Цифровізація автомобільного транспорту сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин у атмосферу. Наприклад, електрифікація транспорту дозволяє знизити викиди CO₂, а інтелектуальні транспортні системи допомагають зменшити затори, що також сприяє зниженню рівня забруднення повітря. Крім того, використання великих даних та аналітики дозволяє оптимізувати маршрути перевезень, що знижує витрати палива та зменшує екологічний слід.

Основні екологічні переваги цифровізації

Зниження викидів CO₂. Електрифікація транспорту та оптимізація маршрутів дозволяють знизити викиди CO₂.

Енергоефективність. Використання інтелектуальних систем дозволяє підвищити енергоефективність транспорту.

Зменшення заторів. Оптимізація руху транспорту дозволяє зменшити затори, що сприяє зниженню рівня забруднення повітря.

Перспективи розвитку цифровізації транспорту. Майбутнє автомобільного транспорту пов'язане з інтеграцією новітніх технологій, таких як штучний інтелект, IoT, блокчейн та автономні транспортні засоби. Ці технології дозволять створити більш ефективну, безпечну та екологічно стійку транспортну систему. Наприклад, автономні транспортні засоби зможуть самостійно керуватися на дорогах, що дозволить знизити кількість аварій та зменшити затори.

Основні напрямки розвитку

Автономні транспортні засоби. Розвиток автономних технологій дозволить створити транспортні засоби, які зможуть самостійно керуватися на дорогах.

Інтеграція з IoT. Використання IoT дозволить моніторити стан транспортних засобів у реальному часі, що дозволить оптимізувати процеси управління.

Використання блокчейну. Блокчейн дозволить забезпечити прозорість та безпеку даних у транспортній галузі.

Глобальна цифровізація суттєво змінює автомобільний транспорт, створюючи нові можливості для поліпшення якості та ефективності. Інтелектуальні транспортні системи, електрифікація, автономність, великі дані та блокчейн відіграють ключову роль у цьому процесі. Майбутнє автомобільного транспорту пов'язане з інтеграцією новітніх технологій, що дозволить створити більш інтелектуальну, екологічно чисту та ефективну транспортну систему.

УДК 629.113

Шевченко Є.О.¹, Артюх О.М.²

¹ студ. гр. Т-211 НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ІНТЕГРАЦІЯ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ В СУЧАСНІ ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ: ВИКЛИКИ ТА РІШЕННЯ

Системи безпеки є однією з ключових складових сучасних транспортних засобів, які не лише зменшують кількість аварій, але й рятують життя людей. Проте їхнє впровадження та інтеграція в транспортні засоби супроводжуються низкою технічних, практичних та правових викликів. У цій тезі розглядаються основні аспекти інтеграції систем безпеки, а також пропонуються можливі рішення для подолання цих викликів.

Динамічна адаптація систем безпеки. Сучасні транспортні засоби працюють у різноманітних умовах: від міських доріг з інтенсивним рухом до трас з високими швидкостями. Системи безпеки повинні враховувати ці умови, а також змінювати свою поведінку залежно від ситуації. Для цього використовуються адаптивні алгоритми, які аналізують дані з сенсорів, камер, радарів та інших джерел у реальному часі.

Наприклад, адаптивний круїз-контроль (ACC) автоматично регулює швидкість автомобіля, враховуючи відстань до попереднього транспортного засобу. Ця система особливо корисна на трасах, де швидкість руху може різко змінюватися через затори або непередбачувані ситуації. Однак для ефективної роботи таких систем необхідна висока точність даних, що вимагає інтеграції різних технологій, таких як LIDAR (Light Detection and Ranging), радари та камери високої роздільної здатності.

Інтеграція з автономними системами. З розвитком автономного транспорту системи безпеки стають ще більш складними. Вони повинні бути інтегровані з алгоритмами, які відповідають за автономне керування транспортним засобом. Це включає не лише виявлення перешкод, але й прогнозування їхньої поведінки, а також прийняття рішень у реальному часі.

Наприклад, компанія Tesla активно використовує системи автономного керування, які базуються на штучному інтелекті (ШІ). Їхні системи безпеки інтегровані з алгоритмами, що аналізують дані з камер, радарів та ультразвукових сенсорів для виявлення пішоходів, інших автомобілів та перешкод на дорозі. Однак навіть такі передові системи стикаються з викликами, пов'язаними з непередбачуваними ситуаціями, такими як раптові зміни дорожніх умов або нестандартна поведінка інших учасників руху.

Новітні технології безпеки. Сучасні транспортні засоби оснащуються різноманітними технологіями, які покращують їхню безпеку. Серед них можна виділити:

Камери та радари. Використовуються для виявлення перешкод, пішоходів та інших транспортних засобів. Наприклад, система автоматичного гальмування (АЕБ) використовує дані з камер і радарів для запобігання зіткнень.

LIDAR. Ця технологія дозволяє створювати тривимірні карти навколишнього середовища, що є особливо важливим для автономних транспортних засобів. LIDAR дозволяє точно визначати відстань до об'єктів і прогнозувати їхню траєкторію руху.

Системи розпізнавання дорожніх знаків. Ці системи допомагають водіям дотримуватися правил дорожнього руху, автоматично розпізнаючи знаки обмеження швидкості, заборону обгону тощо.

Системи моніторингу стану водія. Вони відстежують стан водія, виявляючи ознаки втоми, стресу або вживання алкоголю. Наприклад, система може попередити водія, якщо він починає засинати за кермом.

Правові та етичні аспекти. Інтеграція систем безпеки в транспортні засоби також викликає низку правових та етичних питань. Одним із головних викликів є визначення відповідальності у випадку аварій, коли система бере на себе частину або всю відповідальність за керування.

Наприклад, у випадку з автономними транспортними засобами виникає питання: хто несе відповідальність за аварію – виробник, розробник програмного забезпечення чи власник транспортного засобу? Це питання потребує чіткого правового регулювання, яке наразі відсутнє в багатьох країнах.

Крім того, важливим етичним аспектом є конфіденційність даних. Сучасні транспортні засоби збирають велику кількість даних про водіїв, пасажирів та навколишнє середовище. Ці дані можуть бути використані для

покращення безпеки, але також існує ризик їхнього використання в цілях, що порушують конфіденційність користувачів.

Виклики та рішення

Технічні виклики. Інтеграція різних технологій (камери, радары, LIDAR) вимагає високої точності та надійності. Для подолання цього виклику необхідно розвивати нові алгоритми обробки даних, які зможуть інтегрувати інформацію з різних джерел у реальному часі.

Правові виклики. Необхідно розробити чіткі правові норми, які регулюють використання систем безпеки та визначають відповідальність у випадку аварій. Це може включати створення міжнародних стандартів для автономних транспортних засобів.

Етичні виклики. Важливо забезпечити захист конфіденційності даних, які збираються транспортними засобами. Це може бути досягнуто шляхом впровадження строгих норм щодо зберігання та використання даних.

Інфраструктурні виклики. Для ефективної роботи систем безпеки необхідна відповідна інфраструктура, така як зарядні станції для електромобілів, розумні дороги та мережі зв'язку 5G. Це вимагає інвестицій з боку держави та приватного сектору.

Інтеграція систем безпеки в сучасні транспортні засоби є ключовим елементом для забезпечення безпеки дорожнього руху та зменшення кількості аварій. Проте цей процес супроводжується низкою викликів, включаючи технічні, правові та етичні аспекти. Для їх подолання необхідно розвивати нові технології, впроваджувати чіткі правові норми та забезпечувати захист конфіденційності даних. Лише комплексний підхід дозволить досягти високого рівня безпеки в умовах стрімкого розвитку транспортних технологій.

УДК 629.113

Свістельнік М.Ю.¹, Артюх О.М.²

¹ студ. гр. Т-212сп НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

НОВІТНІ МЕТОДИ НАВЧАННЯ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТІВ У ГАЛУЗІ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Сучасний розвиток автомобільного транспорту, зокрема впровадження електромобільності, автономних систем та інноваційних технологій, вимагає нових підходів до підготовки фахівців. Традиційні методи навчання вже не відповідають вимогам індустрії, тому все більше університетів та навчальних

центрів звертаються до новітніх методів, які поєднують теоретичну підготовку з практичними навичками та використанням сучасних технологій.

Інтерактивні технології та віртуальні симуляції. Одним із найефективніших методів навчання є використання інтерактивних технологій, таких як віртуальні лабораторії та симуляційні платформи. Ці інструменти дозволяють студентам практично опановувати навички, пов'язані з діагностикою, обслуговуванням та ремонтом транспортних засобів, без необхідності працювати з реальним обладнанням. Наприклад, симулятори водіння дозволяють відтворити різні дорожні умови, від міських вулиць до складних трас, що допомагає студентам розвинути навички керування в безпечному середовищі.

Віртуальні лабораторії також активно використовуються для вивчення складних систем, таких як електричні двигуни, акумуляторні батареї та системи автономного керування. Наприклад, платформа MATLAB Simulink дозволяє моделювати роботу різних компонентів транспортних засобів, що дає студентам можливість розуміти, як змінюються параметри системи в залежності від зовнішніх умов. Це особливо важливо для підготовки фахівців, які працюватимуть з високотехнологічними транспортними засобами.

Модульне навчання та індивідуальний підхід. Сучасні навчальні програми все частіше будуються на основі модульного підходу, який дозволяє студентам поглиблено вивчати окремі аспекти автомобільного транспорту. Наприклад, курс може складатися з модулів, присвячених двигунам внутрішнього згорання, електричним силовим установкам, трансмісіям, електронним системам управління тощо. Цей підхід дозволяє студентам зосередитися на тих напрямках, які є для них найбільш цікавими або актуальними для майбутньої кар'єри.

Індивідуальний підхід до навчання також передбачає використання адаптивних платформ, які аналізують прогрес студента та пропонують індивідуальні завдання. Наприклад, платформа Coursera пропонує курси з автомобільної інженерії, які адаптуються до рівня знань студента. Це дозволяє кожному учневі рухатися власним темпом і отримувати знання, які є для нього найбільш корисними.

Взаємодія з індустрією та практичне навчання. Одним із ключових елементів сучасної підготовки фахівців є тісна взаємодія з індустрією. Багато університетів співпрацюють з провідними автомобільними компаніями, такими як Tesla, Volkswagen, BMW та Toyota, щоб забезпечити студентам доступ до реальних проєктів та практичного досвіду. Наприклад, студенти можуть працювати над розробкою нових моделей електричних автомобілів, оптимізацією систем управління або тестуванням автономних технологій.

Стажування в компаніях є ще одним важливим елементом підготовки. Воно дозволяє студентам застосовувати отримані знання на практиці, розуміти вимоги ринку та будувати професійні зв'язки. Наприклад, компанія **Ford** пропонує програми стажування для студентів, які цікавляться розробкою нових транспортних технологій. Це дозволяє молодим фахівцям отримати досвід роботи в міжнародній компанії та зрозуміти, як теоретичні знання застосовуються в реальних умовах.

Використання доповненої та віртуальної реальності. Технології доповненої (AR) та віртуальної реальності (VR) стають все більш популярними в навчанні. Вони дозволяють студентам візуалізувати складні процеси та системи, що робить навчання більш інтерактивним і зрозумілим. Наприклад, за допомогою AR студенти можуть вивчати конструкцію двигуна, розбираючи його на віртуальні компоненти та аналізуючи їхню роботу в реальному часі.

VR-технології також використовуються для створення віртуальних майстерень, де студенти можуть практикувати навички ремонту та обслуговування. Наприклад, компанія Bosch розробила VR-симулятор, який дозволяє студентам працювати з різними типами двигунів та електричних систем. Це дозволяє їм отримати практичний досвід без необхідності використовувати реальне обладнання.

Онлайн-платформи та відкриті курси. Онлайн-навчання стало невід'ємною частиною сучасної освіти. Платформи, такі як edX, Udacity та Khan Academy, пропонують курси з автомобільної інженерії, які доступні для студентів з усього світу. Ці курси часто включають відеолекції, інтерактивні завдання та тести, що дозволяє студентам вивчати матеріал у зручному для них темпі.

Наприклад, курс «Self-Driving Cars» від Udacity навчає студентів основам розробки автономних транспортних засобів, включаючи використання штучного інтелекту, комп'ютерного зору та сенсорів. Цей курс розроблений у співпраці з провідними компаніями, такими як Mercedes-Benz та NVIDIA, що забезпечує його актуальність та практичну спрямованість.

Міждисциплінарний підхід. Сучасний автомобільний транспорт – це комплексна галузь, яка поєднує механіку, електроніку, програмування та екологію. Тому підготовка фахівців вимагає міждисциплінарного підходу. Наприклад, студенти повинні вивчати не лише технічні аспекти, але й основи екології, щоб розуміти вплив транспортних засобів на навколишнє середовище.

Університети все частіше включають до навчальних програм курси з екології, енергоефективності та сталого розвитку. Наприклад, курс «Sustainable Automotive Engineering» від MIT навчає студентів, як розробляти транспортні засоби, які мінімізують вплив на навколишнє середовище. Це

включає вивчення альтернативних джерел енергії, таких як водень та сонячна енергія, а також методів утилізації акумуляторів.

Проблеми безпеки та етичні аспекти. З розвитком автономних технологій виникають нові виклики, пов'язані з безпекою та етикою. Студенти повинні розуміти, як забезпечити безпеку автономних систем, а також як вирішувати етичні дилеми, пов'язані з їх використанням. Наприклад, хто несе відповідальність у випадку аварії автономного автомобіля – виробник чи власник? Для вирішення цих питань сучасні західні університети вже включають до навчальних програм курси з кібербезпеки, етики штучного інтелекту та правових аспектів автономних систем. Наприклад, курс «Ethics of Autonomous Systems» від Stanford University досліджує етичні та правові аспекти використання автономних технологій, що допомагає студентам розуміти, як приймати відповідальні рішення в майбутній кар'єрі.

Новітні методи навчання для підготовки спеціалістів у галузі автомобільного транспорту поєднують інтерактивні технології, практичний досвід та міждисциплінарний підхід. Використання віртуальних симуляцій, доповненої реальності, онлайн-курсів та співпраці з індустрією робить навчання більш ефективним і актуальним, що є ключовим для розвитку автомобільного транспорту в умовах стрімких технологічних змін.

УДК 629.113

Тімонін М.Е.¹, Артюх О.М.²

¹ студ. гр. Т-212сп НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ТЕХНОЛОГІЇ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА ПРОФІЛАКТИКИ НЕСПРАВНОСТЕЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Машинне навчання (МН) є важливим інструментом для підвищення ефективності діагностики та профілактики несправностей у транспортних засобах. Його застосування в автомобільній промисловості дозволяє значно знизити час і вартість ремонту, а також збільшити безпеку на дорогах. Завдяки аналізу великих обсягів даних, зібраних з сенсорів та інших джерел, алгоритми машинного навчання можуть виявляти аномалії, прогнозувати можливі поломки та рекомендувати профілактичні заходи. Це дозволяє запобігати серйозним несправностям, зменшувати простой транспортних засобів та підвищувати загальну ефективність їх експлуатації.

Основні принципи застосування машинного навчання в діагностиці. Машинне навчання в діагностиці транспортних засобів

базується на аналізі даних, які збираються з різних джерел, таких як сенсори, системи моніторингу та історичні записи про ремонти. Алгоритми МН можуть виявляти закономірності в цих даних, що дозволяє прогнозувати несправності та рекомендувати заходи для їх попередження. Наприклад, дані про температуру двигуна, тиск масла, вібрації та інші параметри можуть бути проаналізовані для виявлення ознак зносу деталей або потенційних поломок.

Основні етапи застосування машинного навчання в діагностиці

Збір даних. Дані збираються з сенсорів, встановлених на транспортних засобах, таких як датчики температури, тиску, вібрації тощо.

Попередня обробка даних. Дані очищаються від шуму та нормалізуються для подальшого аналізу.

Аналіз даних. Алгоритми машинного навчання аналізують дані для виявлення аномалій та прогнозування несправностей.

Прогнозування та рекомендації. На основі аналізу даних система рекомендує заходи для попередження несправностей, такі як заміна деталей або проведення технічного обслуговування.

Переваги використання машинного навчання в діагностиці

Прогнозування несправностей. Однією з головних переваг машинного навчання є можливість прогнозування несправностей ще до їх виникнення. Наприклад, алгоритми МН можуть виявити знос деталей двигуна або трансмісії на ранніх етапах, що дозволяє провести обслуговування до того, як проблема стане критичною. Це значно знижує витрати на ремонт та запобігає простою транспортних засобів.

Моніторинг стану в реальному часі. Машинне навчання дозволяє моніторити стан транспортних засобів в реальному часі, що особливо важливо для вантажних компаній та логістичних операторів. Наприклад, компанія DHL використовує МН для моніторингу стану своїх вантажних автомобілів, що дозволяє значно зменшити кількість несправностей на маршрутах.

Оптимізація обслуговування. Завдяки машинному навчанню можна оптимізувати графіки обслуговування транспортних засобів. Наприклад, якщо алгоритми виявляють, що стан автомобіля залишається стабільним, обслуговування можна відкласти, що дозволяє зекономити час та ресурси.

Підвищення безпеки. Машинне навчання дозволяє виявляти потенційні проблеми, які можуть призвести до аварій. Наприклад, сенсори можуть виявити зниження тиску в шинах або перегрів двигуна, що дозволяє водієві вчасно вжити заходів для запобігання аварії.

Приклади застосування машинного навчання в автомобільній промисловості

Моніторинг стану вантажних автомобілів. Великі логістичні компанії, такі як UPS та FedEx, активно використовують машинне навчання для

моніторингу стану своїх вантажних автомобілів. Сенсори встановлюються на ключові компоненти, такі як двигун, трансмісія та гальмівна система, що дозволяє виявляти потенційні проблеми на ранніх етапах.

Діагностика легкових автомобілів. Виробники автомобілів, такі як BMW та Mercedes-Benz, впроваджують машинне навчання у свої моделі для забезпечення діагностики в реальному часі. Наприклад, система BMW ConnectedDrive дозволяє водіям отримувати інформацію про стан автомобіля через мобільний додаток.

Моніторинг автопарків. Компанії, які мають великі автопарки, використовують машинне навчання для моніторингу стану всіх транспортних засобів. Наприклад, компанія Uber використовує МН для моніторингу стану своїх автомобілів, що дозволяє оптимізувати обслуговування та знизити витрати.

Виклики впровадження машинного навчання в діагностиці

Висока вартість інтеграції. Впровадження машинного навчання вимагає значних інвестицій у програмне забезпечення, обладнання та навчання персоналу. Це може бути перешкодою для малих та середніх підприємств.

Кибербезпека. Використання машинного навчання пов'язане з ризиками кібератак, що може призвести до витоку даних або навіть до втручання в роботу транспортних засобів. Тому важливо забезпечити надійний захист даних.

Необхідність кваліфікованих кадрів. Для роботи з машинним навчанням необхідні кваліфіковані фахівці, які мають знання в галузі аналізу даних, програмування та машинного навчання. Це може бути проблемою для компаній, які не мають доступу до таких фахівців.

Перспективи розвитку машинного навчання в діагностиці.

Майбутнє машинного навчання в діагностиці транспортних засобів пов'язане з інтеграцією новітніх технологій, таких як IoT, блокчейн та автономні транспортні засоби. Наприклад, IoT дозволить збирати дані з різних сенсорів у реальному часі, блокчейн забезпечить безпеку даних, а автономні транспортні засоби дозволять автоматизувати процеси діагностики та обслуговування.

Основні напрямки розвитку

Інтеграція з IoT. Використання IoT дозволить збирати дані з різних сенсорів у реальному часі, що дозволить підвищити точність діагностики.

Використання блокчейну. Блокчейн дозволить забезпечити безпеку даних у процесі діагностики, що дозволить знизити ризики шахрайства та підвищити ефективність.

Автономні транспортні засоби. Машинне навчання буде відігравати ключову роль у розвитку автономних транспортних засобів, які вимагають постійного моніторингу стану.

Машинне навчання є важливим інструментом для підвищення ефективності діагностики та профілактики несправностей у транспортних засобах. Воно дозволяє прогнозувати несправності, оптимізувати обслуговування та підвищувати безпеку на дорогах. Незважаючи на виклики, майбутнє машинного навчання в діагностиці пов'язане з інтеграцією новітніх технологій.

УДК 629.113

Христенко В.В.¹, Артюх О.М.²

¹ студ. гр. Т-212сп НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

РОЗВИТОК ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ У КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ: ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

Сучасний транспортний сектор знаходиться під впливом глобальних викликів, пов'язаних із зміною клімату, забрудненням навколишнього середовища та обмеженістю ресурсів. У цьому контексті сталий розвиток транспортних систем стає ключовим напрямком, який поєднує екологічні, економічні та соціальні аспекти.

Екологічні аспекти розвитку транспортних систем. Одним із головних екологічних викликів є зменшення викидів парникових газів, які є однією з основних причин глобального потепління. Транспортний сектор відповідає за значну частку цих викидів, особливо через використання автомобілів із двигунами внутрішнього згорання. Для вирішення цієї проблеми все більше країн переходять на екологічно чисті види транспорту, такі як електричні та гібридні автомобілі.

Наприклад, у Норвегії понад 70% нових автомобілів, проданих у 2022 році, були електричними. Це стало можливим завдяки державним стимулам, таким як податкові пільги, безкоштовна парковка та доступ до зарядних станцій. Подібні ініціативи впроваджуються в інших країнах Європи, таких як Німеччина та Нідерланди, що сприяє зменшенню викидів CO₂ та покращенню якості повітря в містах.

Крім електричних автомобілів, важливим напрямком є розвиток водневих технологій. Водень, який використовується в паливних елементах, не виробляє шкідливих викидів, а лише воду. Країни, такі як Японія та Південна Корея, активно інвестують у розвиток водневої інфраструктури.

Наприклад, компанія Toyota вже випустила водневий автомобіль Mirai, який демонструє високу ефективність та екологічну безпеку.

Економічні аспекти сталого транспорту. Сталий розвиток транспортних систем також передбачає оптимізацію економічних витрат. Це включає зменшення витрат на паливо, енергію та обслуговування транспортних засобів. Електричні автомобілі, наприклад, мають нижчі експлуатаційні витрати порівняно з традиційними автомобілями, оскільки електроенергія дешевша за бензин або дизель. Крім того, електричні двигуни мають менше рухомих частин, що зменшує витрати на технічне обслуговування. Інвестиції в новітні технології, такі як автономні транспортні засоби та інтелектуальні транспортні системи, також сприяють економічній ефективності. Наприклад, автономні вантажівки можуть зменшити витрати на логістику за рахунок оптимізації маршрутів та зниження витрат на оплату праці водіїв. Компанія Tesla вже тестує автономні вантажівки Semi, які обіцяють зменшити витрати на перевезення на 20–30%.

Інтелектуальні транспортні системи (ITS) також відіграють важливу роль у економічному розвитку. Вони дозволяють оптимізувати рух транспорту, зменшуючи затори та витрати палива. Наприклад, у місті Сінгапур використовується система ERP (Electronic Road Pricing), яка автоматично стягує плату за проїзд по завантажених дорогах. Це стимулює водіїв уникати годин пік і використовувати альтернативні маршрути, що зменшує затори та викиди забруднюючих речовин.

Інфраструктурні рішення для сталого транспорту. Розвиток сталих транспортних систем вимагає створення відповідної інфраструктури. Це включає будівництво зарядних станцій для електромобілів, розвиток громадського транспорту та створення умов для використання велосипедів та пішохідних зон.

Зарядні станції є ключовим елементом інфраструктури для електромобілів. У Європі активно розвивається мережа швидкісних зарядних станцій, таких як Ionity, яка належить консорціуму автовиробників, включаючи BMW, Mercedes-Benz та Ford. Ці станції дозволяють зарядити автомобіль до 80% за 20–30 хвилин, що робить електричні автомобілі більш зручними для довгих поїздок.

Громадський транспорт також відіграє важливу роль у сталому розвитку. Електричні автобуси, трамваї та потяги стають все більш популярними в містах по всьому світу. Наприклад, у Китаї понад 99% автобусного парку в місті Шеньчжень є електричними. Це дозволяє значно зменшити викиди забруднюючих речовин та покращити якість повітря в місті.

Технології для ефективного управління рухом. Інтелектуальні транспортні системи (ITS) є важливим інструментом для забезпечення

сталого розвитку. Вони дозволяють оптимізувати рух транспорту, зменшуючи затори, витрати палива та викиди CO₂. Наприклад, система SCOOT (Split Cycle Offset Optimization Technique), яка використовується у Великій Британії, автоматично регулює тривалість світлофорів залежно від інтенсивності руху. Це дозволяє зменшити час очікування на перехрестях та знизити викиди забруднюючих речовин.

Інші технології, такі як V2X (Vehicle-to-Everything), дозволяють транспортним засобам обмінюватися даними з інфраструктурою та іншими автомобілями. Це дозволяє попереджати водіїв про небезпечні ситуації, такі як аварії або перешкоди на дорозі, що зменшує кількість ДТП та покращує безпеку дорожнього руху.

Соціальні аспекти сталого транспорту. Сталий розвиток транспортних систем також включає соціальні аспекти, такі як доступність транспорту для всіх верств населення. Це особливо важливо в містах, де багато людей не мають доступу до особистого автомобіля. Розвиток громадського транспорту, велосипедних доріжок та пішохідних зон дозволяє забезпечити рівний доступ до транспортних послуг.

Наприклад, у Копенгагені (Данія) понад 60% мешканців щодня їздять на роботу на велосипеді. Це стало можливим завдяки розвинутій інфраструктурі, яка включає велосипедні доріжки, парковки та сервіси з прокату велосипедів. Це не лише зменшує викиди CO₂, але й покращує здоров'я мешканців.

Вплив цифрових технологій на сталий транспорт. Цифрові технології, такі як блокчейн, інтернет речей (IoT) та штучний інтелект (ШІ), також відіграють важливу роль у сталому розвитку транспортних систем. Це дозволяє зменшити витрати та підвищити прозорість процесів. Інтернет речей (IoT) дозволяє підключати транспортні засоби до інтернету, що дозволяє відстежувати їхній стан у реальному часі. Наприклад, компанія Volvo використовує IoT для моніторингу стану своїх вантажівок, що дозволяє зменшити витрати на обслуговування та запобігти поломкам. Штучний інтелект (ШІ) використовується для оптимізації маршрутів, прогнозування попиту на транспортні послуги та управління інфраструктурою. Наприклад, компанія Uber використовує ШІ для прогнозування попиту на поїздки, що дозволяє ефективно розподіляти водіїв та зменшувати час очікування для пасажирів.

Правові та регуляторні аспекти. Для забезпечення сталого розвитку транспортних систем необхідні чіткі правові та регуляторні рамки. Це включає захист конфіденційності користувачів та запобігання кібератакам, які можуть порушити роботу транспортних систем.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ НАГРІВАННЯ ТЕРМІЧНО МАСИВНИХ ВИРОБІВ РІЗНОЇ ФОРМИ З ХРОМИСТИХ СТАЛЕЙ

В сучасному машинобудуванні широкого розповсюдження знайшли хромисті сталі для виготовлення деталей, що експлуатуються в агресивних середовищах. Найбільший ефект підвищення властивостей таких матеріалів спостерігається у термічно обробленому стані (гартування з подальшим відпусненням). Проте рівномірність фізичних властивостей уздовж перерізу виробу у значній мірі залежить від рівномірності температурного поля, що утворюється в процесі нагрівання виробу до заданих температур, особливо, якщо нагріваються термічно масивні тіла з достатньо великим внутрішнім термічним опором ($Bi > 0,5$).

Метою дослідження є аналіз параметрів ефективності різних режимів процесу нагрівання термічно масивних виробів різної форми з хромистих сталей з урахуванням кінцевої нерівномірності температурного поля уздовж перерізу виробів, а також енерговитрат та витрат часу на здійснення технологічної операції нагрівання.

Досліджували процес нагрівання термічно масивних виробів циліндричної та пластинчастої форми зі сталей з вмістом хрому від 11% до 13% від початкової температури $t_0 = 20^\circ\text{C}$ до температур гартування ($t_{x/L=1} = 1050^\circ\text{C}$) з різними режимами теплообміну. Розглядали процес перенесення теплоти теплопровідністю від поверхні виробу необмеженої довжини до його центру за незмінних умов зовнішнього теплообміну, що є нестационарною одномірною задачею з граничними умовами III-го роду.

Варіювали інтенсивність процесу підведення теплової енергії до поверхні виробів, що характеризується значенням сумарного коефіцієнта тепловіддачі α_Σ , та величину температурного напору на поверхню виробу, що характеризується значенням безрозмірного температурного критерію $\Theta_{|x/L=1} = (t_h - t_{x/L=1}) / (t_h - t_0)$, де t_h – температура зовнішнього теплоносія.

Ефективність процесу симетричного нагрівання оцінювали за такими параметрами: нерівномірність розподілу температур уздовж перерізу виробів $\Delta t = t_{x/L=1} - t_{x/L=0}$, $^\circ\text{C}$; тривалість процесу нагрівання τ , с; сумарна кількість теплової енергії, яку затрачено на нагрівання одиниці площі поверхні виробу до заданої температури, Q , Гкал./м².

Результати дослідження представлено на рисунку 1 у вигляді залежностей параметрів ефективності від відносного температурного напору

для різних способів нагрівання, а також для різних значень коефіцієнта тепловіддачі α_{Σ} , який змінювали від $\alpha_{\Sigma(\min)} = 150 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ до $\alpha_{\Sigma(\max)} = 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, що відповідало діапазону значень критерію Біо від 0,534 до 0,717.

За результатами досліджень встановлено, що найбільш істотний вплив на всі параметри ефективності процесу нагрівання хромистих сталей до температур гартування має величина відносного температурного напору, при збільшенні якого в межах від 0,5% до 4,5%: нерівномірність температур уздовж перерізу виробів зростає майже на порядок. При цьому форма виробу на розподіл температур уздовж перерізу не впливає. Час процесу нагрівання та споживання теплової енергії зменшуються приблизно однаково на 30% як для виробів циліндричної форми, так і у формі пластин. Проте циліндричні вироби потребують майже вдвічі меншої кількості теплової енергії і часу для нагрівання.

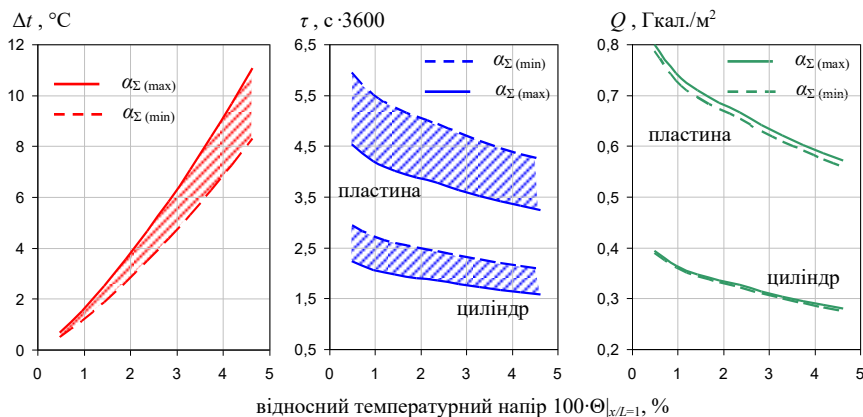


Рисунок 1 – Залежності ефективних параметрів процесу нагрівання виробів різних форм з хромистих сталей від відносного температурного напору

Збільшення коефіцієнта тепловіддачі майже не впливає на кількість спожитої теплової енергії (близько 2% для пластин і 1,5% для циліндрів), проте дуже суттєво скорочує як для пластин, так і для циліндрів (близько 24%) час процесу нагрівання з відносно незначним збільшенням нерівномірності поля температур.

УДК 621.43.03

Слинько В.В.¹, Зайцев М.П.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Т-412сп НУ «Запорізька політехніка»

ФОРСУНКИ ІНЖЕКТОРНИХ СИСТЕМ ДВИГУНІВ АВТОМОБІЛІВ ВИРОБНИЦТВА «АВТОЗАЗ»

Системи впорскування палива, як розподілені, так і безпосереднього впорскування, вже стали класичними для сучасних автомобільних 4-тактних двигунів внутрішнього згорання з іскровим запалюванням. На відміну від карбюраторної системи, в інжекторній паливо дозується більш точно, і впорскується у впускний колектор або безпосередньо в циліндр за допомогою однієї або кількох форсунок.

В залежності від принципу роботи розрізняють форсунки:

- механічні;
- електромагнітні;
- електрогідравлічні;
- п'єзоелектричні.

До основних характеристик форсунок відносяться:

- циклова подача палива – найважливіший параметр, що характеризує об'ємну (см^3) кількість палива, впорскувану за 1 хв часу;
- робочий тиск палива, МПа;
- електричний опір, Ом;
- швидкість спрацьовування, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$;
- кут розпилу, град;
- кількість отворів в розпилювачі;
- далекобійність факелу розпилу.

Якщо хоча б один з перерахованих параметрів вийде за допустимі межі, система паливоподачі буде працювати некоректно, і утворювати паливоповітряну суміш неправильного складу. А це, в свою чергу, негативно позначиться на роботі двигуна – зменшення потужності, збільшення витрати палива, погіршення екологічних показників відпрацьованих газів.

З огляду на складність технології виготовлення форсунок, їх виробляє обмежена кількість підприємств. Різні виробники форсунок мають власні позначення моделей.

Розглянемо параметри форсунок, що використовуються на двигунах легкових автомобілів виробництва заводу АвтоЗАЗ (табл. 1).

Таблиця 1 – Двигуни легкових автомобілів виробництва заводу АвтоЗАЗ та використовувані на них паливні форсунки

Модель двигуна / робочий об'єм, см ³ / ефективна потужність, кВт	Модель паливної форсунки	Витрата палива, см ³ ·с ⁻¹	Циклова подача палива, мл/цикл	Кількість отворів розпилю- вача
МеМЗ-247/1197/46	Bosch EV1	4,17	3,5...4,0	4
МеМЗ-307/1299/51	Bosch 0280158110	3,67...4,0	3,5...4,0	4
МеМЗ-3071/1299/49				
A14SMS/1349/54	PMC HCFIC-005	3,17...3,67	3,5...4,0	2
MEM3 317/1386/56	Siemens VAZ-6238	3,67	4,0	4
Acteco SQR477F/1497/80	Bosch F 01R 00M 014	4,17	4,0	4
A15SMS/1498/63	GM 96334808	4,17	4,0	2
A15DMS/1498/74	Delphi 96334808 DP	4,17	4,0	2
A16DMS/1598/78	Bosch 0280158107	3,67	4,0	4
C20NED/1998/85	GM 17120683	3,4	4,0	6
X20SED/1998/89	Libron 01LB0389	3,4	4,0	6
X22SE/2198/100	GM 12569091	4,0	4,0	2

Всі форсунки наведені в таблиці 1 схожі конструктивно: електромагнітні, з керуванням від електронного блоку управління двигуном, з 2, 4 або 6 отворами в розпилювачі.

З аналізу таблиці 1 випливає, що форсунки, які використовуються на двигунах з робочим об'ємом від 1,2 л до 1,6 л, мають практично однакові характеристики. Необхідність використання різних форсунок викликана, головним чином, особливостями компоновання елементів системи живлення на двигуні.

УДК 533.1

Цокогун П.В.¹, Зайцев М.П.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Т-412сп НУ «Запорізька політехніка»

ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ФУНКЦІЙ ПРИ РОЗРАХУНКУ РУХУ ГАЗОВИХ ПОТОКІВ

У сучасному світі при розрахунку, проєктування деталей і вузлів, пов'язаних з рухом паливних і повітряних потоків по каналах, велике значення приділяється так званим газодинамічним функціям, які допомагають краще вивчати потоки, теплові режими руху, а також їх характеристики.

Отримано рівняння газодинамічних функцій, що позначаються як $\tau(\lambda)$, $\pi(\lambda)$, $\varepsilon(\lambda)$, а також вміст тепла в потоках палива або повітря в системі живлення двигунів внутрішнього згорання. Для цього скористаємося рівністю співвідношення температур в енергетично ізольованому паливному або повітряному потоці, тобто:

$$\frac{T}{T_0} = 1 - \frac{\kappa - 1}{\kappa + 1} \cdot \lambda^2, \quad (1)$$

де T – температура гальмування в будь-якій точці потоку, К; $T_0 = 300$ К – температура гальмування потоку; λ – відношення швидкості потоку до критичної швидкості, будемо називати коефіцієнтом швидкості

$$\lambda = \frac{\omega}{\sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa + 1} RT}}; \quad (2)$$

де $\kappa = 1,4$ – показник адіабати для повітря, інші значення для паливоповітряної суміші; R – газова стала.

Якщо ми позначимо

$$1 - \frac{\kappa - 1}{\kappa + 1} \cdot \lambda^2 = \tau(\lambda), \quad (3)$$

з виразу випливає, що значення функції $\tau(\lambda)$ монотонно зменшується від 1 до 0, зі збільшенням λ від 0 до $\lambda_{\max}$, яка є граничним значенням

$$\lambda_{\max} = \sqrt{\frac{\kappa + 1}{\kappa - 1}}.$$

Введемо поняття газодинамічних функцій $\pi(\lambda)$, $\varepsilon(\lambda)$, $\tau(\lambda)$, що пов'язують відношення тиску і густини в потоці до тиску і густини загальмованого потоку.

Введемо позначення газодинамічних функцій:

– тиск

$$\pi(\lambda) = \frac{P}{P_o} = \left(\frac{T}{T_o} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} = \left(1 - \frac{\kappa-1}{\kappa+1} \cdot \lambda^2 \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}; \quad (4)$$

– температура

$$\tau(\lambda) = \frac{T}{T_o} = 1 - \frac{\kappa-1}{\kappa+1} \cdot \lambda^2; \quad (5)$$

– густина

$$\varepsilon(\lambda) = \frac{\rho}{\rho_o} = \left(\frac{T}{T_o} \right)^{\frac{1}{\kappa-1}} = \left(1 - \frac{\kappa-1}{\kappa+1} \cdot \lambda^2 \right)^{\frac{1}{\kappa-1}}; \quad (6)$$

Отримаємо зв'язок між газодинамічними функціями, для цього напишемо рівняння стану речовини

$$PV = RT, \quad (7)$$

застосуємо параметри гальмування P_o , T_o , V_o , розділимо рівняння стану на параметри гальмування, отримаємо

$$\frac{PV}{P_o V_o} = R \frac{T}{T_o}, \quad (8)$$

далі підставимо газодинамічні функції

$$\frac{P}{P_o} = \pi(\lambda); \quad \frac{V}{V_o} = \frac{\frac{1}{\rho}}{\frac{1}{\rho_o}} = \frac{\rho_o}{\rho} = \frac{1}{\varepsilon(\lambda)}; \quad \frac{T}{T_o} = \tau(\lambda), \quad (9)$$

отримаємо залежність між газодинамічними функціями тиску, густини

$$\pi(\lambda) \cdot \frac{1}{\varepsilon(\lambda)} = \tau(\lambda); \quad \varepsilon(\lambda) = \frac{\pi(\lambda)}{\tau(\lambda)}. \quad (10)$$

Отримані газодинамічні функції $\pi(\lambda)$, $\varepsilon(\lambda)$, $\tau(\lambda)$, які обчислюються при різних потоках, є у відповідних спеціальних таблицях, в яких наведені значення газодинамічних функцій для кожного значення λ .

Зі значень таблиці можна швидко розрахувати газодинамічні функції, а за ними – параметри гальмування у впускному і випускному каналах автомобільних і тракторних двигунів, для різних значень функції, що характеризує термодинамічний стан потоку.

УДК 621.43

Зайцев М.П.¹, Сухонос Р.Ф.²

¹ студ. гр. Т-412сп НУ «Запорізька політехніка»

² асп., старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

ДВИГУН FERRARI V12 З ОВАЛЬНИМИ ПОРШНЯМИ

У вересні 2024 р. року італійський виробник суперкарів Ferrari S.p.A. подав до європейського патентного відомства (ЄПО) заявку на автомобільний двигун з овальними поршнями. У березні 2025 р. організація видала відповідний патент [1] на винахід (рис. 1).

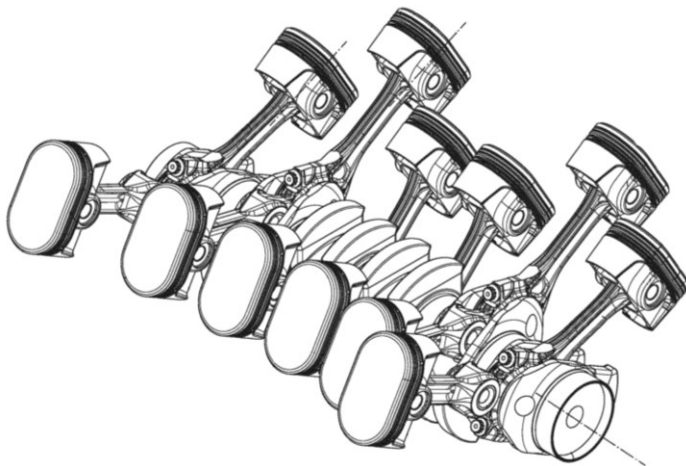


Рисунок 1 – Схема двигуна з овальними поршнями Ferrari [1]

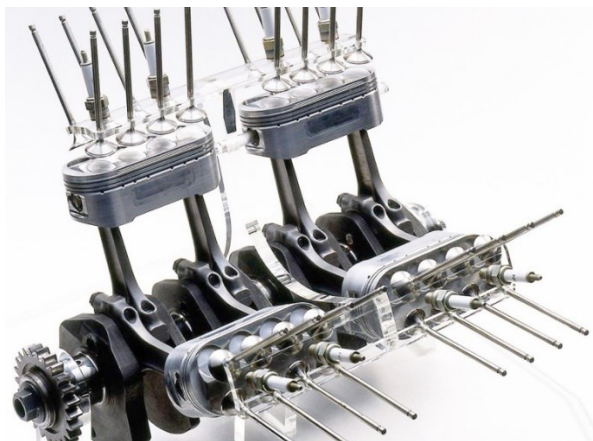


Рисунок 2 – Схема двигуна з овальними поршнями Honda NR [2]

На відміну від овальних поршнів в мотоциклах Honda NR (рис. 2), які розташовувалися поздовжньо – їх довга сторона була паралельна колінчастому валу, і використовували по два шатуна на кожен поршень – в Ferrari розташували довгу сторону поршня перпендикулярно кривошипу. Це дозволяє зробити двигун більш компактним [2].

Оскільки поршні ДВЗ традиційної конструкції мають практично циліндричну форму, одним з недоліків такої конструкції є велика площа

контакту поршня з дзеркалом циліндра. В овальних поршнях Ferrari площа контакту зменшується.

Інженери Ferrari можуть значно скоротити загальну довжину двигуна V12, що дозволить створити більш компактну конструкцію без необхідності втрачати площу поверхні поршню або робочого об'єму. В якості додаткової переваги перед класичним двигуном з округлими в перетині поршнями інженери мають можливість збільшити площу поверхні клапана або за рахунок більш великих клапанів, або за рахунок збільшення кількості клапанів на циліндрі.

Якщо виміряти геометрію поршня (рис. 3), то можна виявити, що його розміри та форма у різних частинах відрізняється. Зокрема, він нагадує трохи здавлену з боків склянку, причому дно поршня, звернене до камери згорання, менше, ніж коло в нижній частині спідниці. Це зроблено для того, щоб при роботі, коли дно сильно нагрівається та розширюється, поршень не заклинило. А трохи сплюснена форма з боків дозволяє протистояти навантаженням, що виникають з боку шатуна. Використання будь-якої іншої форми через нерівномірне нагрівання та розширення стінок циліндра може викликати деформацію поршня і призвести до виходу мотора з ладу.

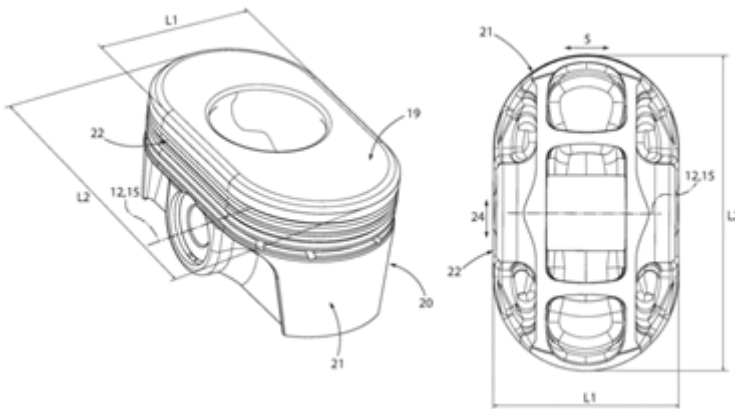


Рисунок 3 – Схема овального поршня Ferrari [1]

Метою цього винаходу є створення двигуна для транспортних засобів без недоліків, викладених вище, який є компактним та більш потужним завдяки більшій камері згорання та/або більшій кількості клапанів. Головним недоліком є вартість виготовлення внаслідок складності конструкції та необхідності високотехнологічного обладнання.

Складно прогнозувати чи стане цей винахід новим трендом в двигунобудівній промисловості, адже компанія нерідко представляє технічні проєкти, які так і залишаються нереалізованими [3].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Driving engine for vehicles : european patent EP4517043A1 : F01B9/02 (EP) / M. Di Sacco. – Published 05.03.2025 ; Filed 02.09.2024, Bulletin 2025/10. – 13 p.

2. Шпира В. Ferrari патентує інноваційний V12 із овальними поршнями (Фото) / MMR motor media review : site. URL: <https://mmr.net.ua/autoworld/koncept/225313>

3. Слинько Г. І., Зайцев М. П., Сухонос Р. Ф. Водневий гібридний двигун Ferrari // Тиждень науки-2024. Транспортний факультет : Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 15–19 квітня 2024 р. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2024. С. 78–81.

СЕКЦІЯ «ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

УДК 656.13

Бойко С.М.¹, Бойко О.С.², Реута А.В.²

¹ канд.техн.наук., доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. Кременчуцький льотний коледж ХНУВС

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

Безпілотні літальні комплекси на сьогоднішній день успішно застосовуються в таких сферах як археологія, архітектура, сільське господарство, містобудування, аеротаксі, картографія, кінозйомка, моніторинг навколишнього середовища, та активно й ефективно використовуються підрозділами збройних сил, надзвичайних ситуацій, прикордонної служби, охорони та правопорядку як України так і інших країн світу [1].

Безпілотні літальні комплекси (БПЛК) дедалі активніше інтегруються в процеси промислових підприємств, забезпечуючи ефективність, точність і безпеку виконання багатьох завдань. Завдяки своїм можливостям БПЛК стали незамінним інструментом у різних галузях промисловості [1].

Серед зазначених варіантів застосування БПЛК слід вказати і їх незамінність та ефективність застосування у енергетичній галузі, як приклад при моніторингу стану високовольтних ліній електропередач.

Безумовно, маючи ряд переваг, таких як економія часу та ресурсів, безпека працівників під час виконання завдань, точність та ефективність виконання завдань, доступність до важкодоступних місць та в умовах з підвищеною небезпекою та шкідливими умовами праці, є і ряд обмежень. Так, до обмежень у використанні БПЛК слід віднести необхідність отримання дозволів на використання БПЛК в певних зонах, обмежена тривалість польоту залежно від ємності акумуляторів, вразливість до несприятливих погодних умов, необхідність налаштування програмного забезпечення для інтеграції з підприємницькими системами, необхідність у підготовці фахівців для експлуатації та обслуговування БПЛК, особливості обробки отриманої під час дослідження інформації.

Тому, зважаючи на актуальність та перспективність є доцільним використання БПЛК у різних галузях економіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Крихтіна Ю. О. Державна політика розвитку транспортної галузі України: теорія, методологія, практика: монографія. Харків: «Діса плюс», 2022. 336 с.

УДК 658.788

Бойко С.М.¹, Гайдайчук О.В.², Коваленко В.Є.³

¹ канд.техн.наук., доц. НУ «Запорізька політехніка»

² д-р.техн.наук., проф. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Т-312 НУ «Запорізька політехніка»

ПЕРСПЕКТИВИ ОРГАНІЗАЦІЇ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ ВУЗЛІВ

Між тим, слід враховувати той факт, що ні один із видів існуючого транспорту без попереднього обґрунтування не приймається за оптимальний у зв'язку з чим доцільно розглядати деякі переваги і недоліки різних видів транспорту, котрі використовуються в проєкті під'їзних шляхів аеродромної інфраструктури.

Самий конкурентоздатний вид транспорту або взаємодії декількох видів транспорту приймають для подальшої детальної розробки та проєктування. Якщо поєднання видів транспорту не дозволяє визначити найбільш придатний необхідно виконати перерахунок, наприклад змінивши прийняту систему під'їзних шляхів з аеровокзалу і відповідні характеристики видів транспорту. При певних умовах виходить що як мінімум одне оптимальне рішення задовольняє прийнятим критеріям, а у випадку отримання ряду рішень за розрахункове приймають найкраще з них.

Велика кількість аеропортів розвинених країнах світу, проєктування або реконструкція яких було завершено в минулому столітті, на сьогодні експлуатується в тісній взаємодії з існуючою транспортною інфраструктурою. Безумовно на перспективу буде потреба у побудові нових аеропортів для великих міст де відбувається зростання кількості населення. В ряді інших населених пунктів пропускна спроможність аеропортів скоріш за все збільшиться за рахунок реконструкції існуючих інфраструктурних об'єктів що буде більш ефективно за побудови нових на незадіяних ділянках. Вказані твердження стосуються як розвинених країн світу, де густина населення висока, так і країн, що розвиваються, де адміністрації аеропортів приходить мати серйозні проблеми щодо соціального напруження у зв'язку з впливом на навколишнє середовище нових аеропортів. Тому більшість

проблем пов'язаних перед існуючими аеропортами будуть мати місце і в майбутньому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Інтелектуальні транспортні системи в Україні / А. Р. Гайков, О. П. Євсєєва, О. В. Баранов, В. Ю. Баранов // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. пр. Темат. вип. : Автомобіле- та тракторобудування. – Харків : НТУ "ХПІ". – 2014. – № 9 (1052). – С. 106-112.

УДК 656.13

Бойко С.М.¹, Реута А.В.², Бойко О.С.²

¹ канд.техн.наук., доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. Кременчуцький льотний коледж ХНУВС

АСПЕКТИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУЧАСНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ

На сьогоднішній день, є велика різноманітність елементної бази для різних типів БпЛК. Це дає можливість постійно їм вдосконалюватися та покращувати свої тактико-технічні характеристики.

Слід звернути увагу на зовнішні збурення, котрі мають вплив на системи навігаційного забезпечення, програмного забезпечення та діючих систем та механізмів БпЛК. Такий стан справ пропагує постійний контроль за курсом руху літального апарату та відслідковування параметрів польоту у процесі його експлуатації [1].

Безумовно, що на БпЛА під час польоту будуть діяти різні зовнішні збурення, наявність котрих стимулює до постійного контролю параметрів польоту БпЛА під час виконання завдання місії. З такою метою на БпЛА встановлена камера, для візуального орієнтування та системи навігації та позиціонування.

Для виконання операцій із дослідження об'єкта, оператором попередньо планується маршрут польоту БпЛА, який залежить від поставленого завдання, метеорологічних умов та характеру місцевості. При типовому алгоритмі режиму повітряного спостереження пошуку об'єкта, БпЛА прямує в район моніторингу і виконує там політ по заданій оператором програми. У процесі польоту у заданому районі БпЛА передає відеозображення місцевості та об'єктів на ній на наземну станцію керування у реальному масштабі часу. Оператор БпЛА оцінює надходить інформацію, та за необхідності коригує маршрут польоту БпЛА і керує бортовим цільовим навантаженням (наприклад, відеокамерою чи тепловізором).

Найважливішою особливістю дослідження за допомогою БпЛА є можливість багаторазових повторних заходів на об'єкт дослідження або його окремі елементи та утримання відеозображення об'єкта на необхідний для дослідження проміжок часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Азаров І., Сидоренко В., Серeda Ю. Використання безпілотного літального апарата як засобу дистанційного моніторингу надзвичайних ситуацій. Безпека життєдіяльності. 2015. № 2. С.30.

УДК 656.073:340

Васильєва Л.О.¹, Острогляд О.О.¹, Боженова Є.В.²

¹ доц. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Т-323 НУ «Запорізька політехніка»

НОВІ МОЖЛИВОСТІ ЕЛЕКТРОННОЇ ТОВАРНО-ТРАНСПОРТНОЇ НАКЛАДНОЇ (ЕТТН)

З 2019 року в Україні триває проєкт із впровадження електронних товарно-транспортних накладних (е-ТТН), який реалізується Міністерством розвитку громад, територій та інфраструктури і Міністерством цифрової трансформації. Цифровізація товарно-транспортних накладних надає значні переваги всім учасникам транспортного процесу (рис. 1).



Рисунок 1 – Ефективність впровадження е-ТТН

У 2022 році Міністерство інфраструктури запустило портал проєкту е-ТТН – ресурс, на якому розміщено перелік провайдерів та інструкції для учасників перевезень [1].

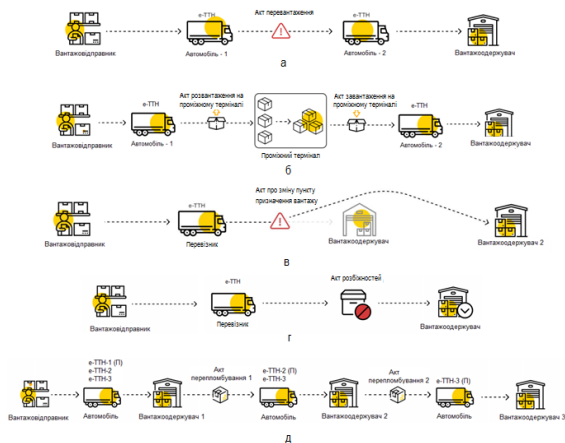
30.05.2024 р. урядом прийнято постанову № 629 «Питання реалізації експериментального проєкту з впровадження товарно-транспортної накладної в електронній формі у сфері внутрішніх вантажних перевезень»,

якою визначено порядок функціонування Системи електронного документообігу е-ТТН, ведення бази даних, правила підписання та реєстрації е-ТТН. Визначено порядок коригування документів, вимоги до реєстрації користувачів, правила внесення, обміну, зберігання та надання інформації і документів у Системі е-ТТН [2]. А вже 27.12.2024 р. Наказом Міністерства розвитку громад та територій України № 1491 Затверджено «Порядок функціонування системи електронного документообігу електронна товарно-транспортна накладна», яким визначено основні засади функціонування у сфері внутрішніх вантажних перевезень Системи е-ТТН для учасників експериментального проєкту [3]. Набрання чинності відбулося 20.03.2025 р.

Основними функціями Системи е-ТТН передбачено:

- авторизацію та підключення платформ електронного документообігу (ЕДО) відповідно до Порядку [3];
- здійснення електронного документообігу у режимі реального часу;
- синхронізацію роботи всіх складових Системи е-ТТН;
- внесення інформації в базу даних е-ТТН із збереження накладних, коригуючих та супровідних документів;
- доступ користувачів та посадових осіб Укртрансбезпеки до електронних документів та захист інформації згідно чинного законодавства України.

Крім звичайного сценарію використання електронної накладної при перевезенні вантажів функціоналом Системи е-ТТН передбачені й інші (рис. 2).



- а – з перевантаженням; б – перевезення через проміжний термінал;
в - переадресування вантажу; г – прибуття вантажу з комерційним браком;
д – розвезення дрібнопартійних вантажів

Рисунок 2 – Можливі сценарії реалізації перевезень з використанням е-ТТН

З урахуванням військового стану та складних умов для бізнесу та провайдерів електронного документообігу (ЕДО) використовують е-ТТН на добровільних засадах. Обов'язкове впровадження е-ТТН від терміновано до завершення війни. При оформленні е-ТТН підписання всіма учасниками перевізного процесу здійснюється завдяки кваліфікованому електронному підпису (КЕП).

За необхідності передбачена можливість здійснення перевантаження в шляху прямування з оформленням Акту перевантаження (рис. 2,а). Е-ТТН використовується і при термінальних перевезеннях вантажів (рис. 2,б). Оформлення переадресування в шляху прямування вантажу також можливе за електронною накладною (рис. 2,в). У випадку прибуття вантажу з комерційним браком функціоналом системи передбачено оформлення Акту розбіжностей про вантаж, в якому зазначаються всі виявлені розбіжності (рис. 2,г). При оформленні е-ТТН на розвезення дрібнопартійних вантажів декільком одержувачам застосовується процедура перепломбування транспортного засобу (рис. 2,д) за умови оформлення окремих е-ТТН на різні відправки, що перевозяться в одному транспортному засобі.

Наразі триває робота з інтеграції Системи е-ТТН з іншими державними інформаційними ресурсами, такими як Система зважування в русі (WIM), Єдиний реєстр ТТН на переміщення алкогольних напоїв, Єдина державна систему електронного обліку деревини та іншими, що надасть можливість запровадити електронну форму і для спеціальних ТТН.

Система е-ТТН створена за міжнародними стандартами обміну даними. Це допоможе в майбутній інтеграції з європейською системою е-CMR. Україна наразі приймає участь в міжнародному проєкті впровадження е-CMR, що дозволяє спростити документообіг та бізнес-процеси міжнародних вантажних перевезень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Портал проєкту Електронна товарно-транспортна накладна: веб-сайт. URL: <https://e-ttn.miu.gov.ua/>
2. Порядок реалізації експериментального проєкту з впровадження товарно-транспортної накладної в електронній формі у сфері внутрішніх вантажних перевезень. Затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 30.05.2024 р. № 629. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/629-2024-%D0%BF#Text>
3. Порядок функціонування системи електронного документообігу електронна товарно-транспортна накладна. Затверджено Наказом Міністерства розвитку громад та територій України 07.12.2024 р. № 1491.

Набрання чинності 20.03.2025. Офіційний сайт Верховної Ради України.
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0259-25#Text>

4. М.Е.Doc : Порядок функціонування Системи е-ТТН затверджено: веб-сайт. URL: <https://medoc.ua/blog/porjadok-funkcionuvannja-sistemi-e-ttn-zatverdzheno>

УДК 656.01

Каплуновська А.М.¹, Зайко Ю.С.²

¹старш. викл.каф., ТТ НУ «Запорізька політехніка»

²студ. гр. Т-812сп НУ «Запорізька політехніка»

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

Війна в Україні внесла суттєві корективи у всі сфери життя, зокрема й у транспортну логістику. Зруйнована інфраструктура, мінні поля, обмеження руху та інші фактори створили безпрецедентні виклики для доставки товарів, гуманітарної допомоги та евакуації людей. Однак, попри всі труднощі, українська логістична галузь демонструє вражаючу адаптивність та прагне до розвитку.^[1]

Війна завдала значної шкоди транспортній інфраструктурі України. Пошкоджені дороги, мости та залізниці ускладнюють перевезення вантажів. Мінування територій створює додаткові ризики для безпеки руху. Комендантська година та інші обмеження ускладнюють планування логістичних операцій. Дефіцит палива та його висока вартість значно збільшили витрати на перевезення. Пошкодження складів ускладнили зберігання товарів. Нестача транспортних засобів та мобілізація водіїв поглибили кадрову проблему в галузі. [1].

Напрямки розвитку транспортної логістики

Незважаючи на виклики, українська логістика активно розвивається за кількома напрямками.

Цифровізація: Активне впровадження цифрових технологій для оптимізації маршрутів, відстеження вантажів, управління складами та взаємодії з клієнтами. Як приклад, Нова Пошта - Один з лідерів українського ринку доставки, активно впроваджує цифрові рішення. Компанія розробила мобільний додаток, який дозволяє відстежувати відправлення, оплачувати послуги та керувати особистим кабінетом. Також вона активно розвиває мережу поштоматів та інтегрує свої сервіси з маркетплейсами. [4].

Альтернативні види транспорту: Розвиток залізничного, річкового та повітряного транспорту для зменшення навантаження на

автомобільні дороги. Яскравим прикладом є Укрзалізниця - паралельно з пасажирськими перевезеннями, компанія активно розвиває вантажні перевезення. Зокрема, збільшується обсяг перевезень зернових та інших вантажів у контейнерах. [3].

Міжнародна співпраця: Посилення співпраці з міжнародними організаціями та країнами для отримання допомоги та координації логістичних операцій. Приклад: Європейський Союз - Україна співпрацює з ЄС у рамках програми "Східне партнерство" для гармонізації свого транспортного законодавства з європейським.

Інноваційні рішення: Впровадження нових технологій, таких як дрони, для доставки вантажів у важкодоступні райони. Наприклад, DroneUA - Українська компанія, яка розробляє і виробляє безпілотні літальні апарати для різних галузей, включаючи логістику. Дрони використовуються для доставки вантажів у важкодоступні райони, моніторингу інфраструктури тощо. [5]

Підготовка кадрів: Створення програм підготовки кваліфікованих фахівців у галузі логістики. Національний університет «Запорізька політехніка»; Національний університет «Львівська політехніка» та багато інших українських університетів пропонують спеціальності в галузі логістики та транспорту, готуючи висококваліфікованих фахівців для ринку. [2]

Розвиток інфраструктури: Відновлення пошкодженої інфраструктури та будівництво нових транспортних шляхів. Приклад: Інтеграція в глобальні логістичні мережі - Україна має потенціал стати важливим транспортним хабом, що з'єднує Європу з Азією. [1]

Після закінчення війни логістична галузь України потребуватиме відновлення. Багато логістичних компаній будуть змушені інвестувати в нову інфраструктуру та обладнання.

Однак, враховуючи стратегічне положення України, логістична галузь країни має хороші перспективи розвитку. Україна розташована на перетині важливих торговельних шляхів, що робить її привабливим місцем для логістичних компаній. [1]

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вплив війни на Україну. URL: [«https://www.epravda.com.ua/»](https://www.epravda.com.ua/);
2. Ключові напрямки розвитку логістики в Україні та перспективи розвитку. URL: [«https://glc.in.ua/»](https://glc.in.ua/);
3. Відомості про Укрзалізницю. URL: [«https://uz.gov.ua/»](https://uz.gov.ua/);
4. Відомості про Нову Пошту. URL: [«https://novaposhta.ua/»](https://novaposhta.ua/);
5. Відомості про компанію «DroneUA». URL: [«https://drone.ua/»](https://drone.ua/).

ЯК ЛОГІСТИКА АДАПТУВАЛАСЬ ДО ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ?

Через повномасштабне вторгнення логістика зазнала багато змін та проблем. Основні види транспорту, які використовуються для перевезення, а саме: морський, автомобільний та залізничний зазнав підвищення цін на перевезення та зміненню багатьох маршрутів, через можливу окупацію. Надалі розглянемо як адаптувалася логістика, розглядаючи різні види транспорту.

Почнемо з найбільш розповсюдженого, а саме автомобільного транспорту. Організовувати перевезення стало складніше через низьку пропускну спроможність прикордонних територій, також через значне підвищення цін, оскільки значно збільшилася відстань транспортування до портів Європейського Союзу. Українські вантажовідправники відчували велику різницю в відстеженні вантажу почавши працювати з логістичними компаніями Польщі, Румунії та Туреччини, оскільки звикли отримувати інформацію 24/7. Проблеми були й з пунктами пропуску, через те, що велику кількість вантажів перенаправили на сухопутні шляхи, ці пункти були заблоковані. Як на прикладі з кордоном між Україною та Польщею, ситуація на пункті пропуску «Ягодин» була катастрофічною. Велика кількість вантажівок стояли в пункті по півтора-два тижні, через що псувався вантаж та експортери й перевізники зазнали мільйонних збитків. На початку вересня 2023 року черга сягала 2 600 вантажівок, а довжина черги сягала 58 км, майже досягнувши Ковеля. Але ситуацію вдалося стабілізувати збільшивши кількість працюючого персоналу в контролюючих органах. Також були й позитивні зрушення, коли держава ввела «транспортний безвіз», точніше скасувала використання дозволів на перевезення, які були стримуючим фактором для вільного ринку оскільки, цих дозволів щороку не вистачало та експортери й перевізники повинні були вести перемовини для збільшення кількості «транспортних білетів».[1]

Тепер перейдемо до другого по використанню виду транспорту – залізничного транспорту. Через те, що перервалися транзитні перевезення міжнародними коридорами сполученням Азія – Європа, вантажні перевезення залізницею лише у 2022 році зменшилися на 65,3%. Підприємці втрачали кошти, бо замовники відмовлялися від партій вантажу який в свою чергу у 2022 році очікував перетин кордону більше, ніж 30 діб, через що псувався. Оскільки, на перетині кордону стояло іноді 40 тис. вагонів. Крім

того, за кожен простій вагонів вантажовласник повинен сплачувати нарахування, які йому йшли, а згідно умов контракту могли накладатися штрафні санкції. Через значні втрати Міністерство інфраструктури України збільшило на 70% тарифи на залізничні перевезення вантажів в межах України. Що у свою чергу не влаштувало агропідприємців, тоді Міністерство інфраструктури України знизило тариф до 30%. Проте це також не влаштувало агропідприємців, оскільки йдуть значні збитки та агропідприємці відмовляються від добрив та інших технологій по підвищенню врожайності, задля того щоб з економити.[1]

Перейдемо до морського транспорту. Коли країна агресор заблокувала українські порти, вона завдала потужного удару по економіці України. Оскільки до 2022 року морський транспорт був основним видом транспорту для транспортування агропромислової продукції, тоді у 2021 році він приніс близько 27,9 млрд. дол. Також морський транспорт був основним шляхом для експорту таких продукцій як: металургія (16 млрд. дол.), хімічної промисловості (2,7 млрд. дол.), мінеральних добрив (8,42 млрд. дол.) та іншої продукції. Наразі Україна контролює найбільші порти, а саме: Одеський, Миколаївський, Ольвію, Чорноморський й Південний. Також наразі поступово збільшують вантажопереробку та працюють невеликі порти у гирлі Дунаю, а саме: Ізмайльський, Ренійський та Усть-Дунайський.[1]

Основною проблемою оптимізації логістики на початку військового стану стала дерусифікація вулиць і населених пунктів та через це багато вулиць змінили свою назву, через що була проблема з доставкою вантажів, бо компанії доставляли вантажі на некоректну адресу. Рішенням цього було встановлення на транспортні засоби GPS-трекери, датчики та використання Центру керування IoT. Відстежувати рух транспортного засобу, за допомогою цих технологій, можна в режимі реального часу та допомагати водію коригувати маршрут, контролювати витрати палива тощо. IoT-пристрої можуть збирати інформацію про стан вантажу, що дуже допомогло при транспортуванні вантажів під час військового стану, та передають інформацію через бездротове з'єднання, використовуючи M2M SIM-карти.[3]

Також одним із рішень проблем в транспортуванні, стала поява логістичних хабів за межами України, а саме в Польщі та Румунії. Оскільки саме ці країни є транзитними центрами для усіх логістичних центрів. А мультимодальні перевезення стали необхідністю, використовуючи різні види транспорту, компанії змогли забезпечити безперервність поставок.

З початком повномасштабного вторгнення з'явилася необхідність налагодження логістичних поставок між Україною та Китаєм, оскільки через росію доставка вантажів з Китаю була неможливою. Вирішенням даної проблеми став транкаспійський маршрут.

УДК 658.788

Котов О.Б.¹, Іщенко С.О.¹, Веремеєнко Л.А.², Сущенко М.Р.³

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. Т-311 НУ «Запорізька політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ ТРАНСПОРТУ ІЗ АЕРОПОРТОВОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ

З поміж інших, слід виокремити поширений стереотип щодо політики інклюзивності та безбар'єрності, котрий визначає що можливо досягти високого рівня доступності до об'єктів інфраструктури мало мобільним групам у заможних громадах, або у відносно низькоурбанізованих населених пунктах, через наявний вільний простір для реконструкції та побудови нової інфраструктури, адаптованої для потреб широкого кола осіб. Безумовно, що це не є догмою і у світовій практиці є тому приклади [1].

Беззаперечно одним із самих розповсюджених видів транспорту котрий використовується для під'їзду в аеропорт розвинених країнах світу є персональний автомобільний транспорт, переваги якого обумовлюються його великою гнучкістю та більш прямим сполученням із початкового пункту кінцевий особливо у тих випадках коли авіапасажир має певну кількість багажу..

До основних недоліків вказаного виду транспорту можна віднести велику кількість заторів руху що виникають у зв'язку з великою кількістю експлуатації даного виду транспорту на під'їзних дорогах, висока ступінь взаємодії з транспортом котрий не має відношення до аеропорту та велика площа для стоянок автомобілів.

Зважаючи на недоліки автомобільного транспорту в деяких випадках він може стати ненадійний оскільки особистий автомобільний транспорт входить в загальну структуру наземного транспорту він є чутливим до затримок котрі виникають при взаємодії з транспортом, що не обслуговує аеродром та аеропорти. Також використання подібних стоянок може мати суттєвий вплив на час котрий витрачається для поїздки пасажирів в аеропорт і суттєво знизить рівень обслуговування пасажирів, а висока плата за стоянку автомобіля може суттєво впливати на вибір виду транспорту для поїздки в аеропорт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко С. М., Котов О. Б., Лапіна О. С., Реута А. В., Гвоздік С. Д., Дерябіна І. О. Особливості організації заходів безпеки в мультимодальних транспортних вузлах. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Сер.: Технічні науки. 2024. Т. 35 (74), № 3. С. 20-24.

ПРЕДИКТИВНЕ ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ СКЛАДСЬКОГО ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБЛАДНАННЯ НА БАЗІ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІНДУСТРІЇ 4.0

Надійна робота складського підйомно-транспортного обладнання є запорукою надійного функціонування логістичних ланцюгів постачань, у яких задіяні склади та вантажні термінали. Вихід з ладу технічних засобів складської переробки вантажів, навантажувально-розвантажувальних механізмів призводить до вимушених простоїв транспортних засобів в очікуванні вантажних операцій, складського персоналу, зменшує швидкість просування товарів у логістичних мережах постачання та, у підсумку, до необхідності утримання додаткових резервних технічних засобів та збільшення логістичних витрат у вартості товару для кінцевого споживача.

Сучасні цифрові технології Індустрії 4.0, такі як цифрові двійники, хмарні обчислення, технології обробки великих даних дозволяють здійснювати безперервний моніторинг технічного стану складського підйомно-транспортного обладнання та забезпечувати предиктивне технічне обслуговування, що суттєво зменшує ризики непередбачуваного виходу з ладу такого обладнання. Наявність достатньої для мети прогнозування виходу з ладу окремих вузлів та деталей обладнання ретроспективи у сукупності з оцінкою технічного стану обладнання у реальному режимі часу забезпечує можливість з заданою точністю передбачувати терміни поточного або профілактичного ремонту обладнання та/або заміни його окремих вузлів та деталей. Такі дані дозволяють також автоматизувати вирішення низки супутніх задач, наприклад, забезпечення запасними частинами за номенклатурою та встановлення рівнів його запасів, встановлення горизонтів заміни транспортно-складського обладнання на нове тощо.

Предиктивний підхід до оцінки поточного технічного стану транспортно-складського обладнання можливий лише за умови отримання необхідних даних у реальному режимі часу з їх обробкою та розробкою рекомендацій. Це може бути забезпечено широким використанням датчиків та спеціалізованого програмного забезпечення. Відповідно, у разі застосування нової техніки та технологій у вирішенні задач управління технічним станом транспортно-складського обладнання суттєво зростають вимоги до кваліфікації персоналу, що задіяний на операціях складської

переробки вантажів, у частині володіння навичками цифрових систем і технологій.

УДК 629.113

Кузькін О.Ф.¹, Кудієвський А.А.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² асп. НУ «Запорізька політехніка»

КОНСТРУКЦІЙНІ ВИМОГИ ДЛЯ ЗАСОБІВ ДОСТУПУ ОСІБ З ІНВАЛІДНІСТЮ ДО РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Порядок проведення конкурсу з перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування (затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 03.01.2023 р. № 27) у редакції станом на 01.04.2024 року містить вимогу щодо забезпечення роботи на об'єкті конкурсу, який включає міські та приміські маршрути загального користування, транспортних засобів, пристосованих для перевезення осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення, у кількості до 50 % загальної кількості автобусів на міських маршрутах та до 20 % на приміських маршрутах. З 06.07.2025 року верхня границя кількості таких транспортних засобів збільшується відповідно до 70 % на міських маршрутах та 50 % на приміських маршрутах (постанова Кабінету Міністрів України від 28.02.2025 р. № 230). Таким чином, потреба у пасажирських транспортних засобах, пристосованих для перевезення осіб з інвалідністю, зокрема на кріслах колісних (КК) найближчим часом буде збільшуватись.

ДСТУ 30478:2006 «Автобуси для перевезення інвалідів. Загальні технічні вимоги» визначає, що для доступу таких осіб до салону автобуса мають використовуватись рампи або спеціальні підйомники. Рампи повинні облаштовуватись шириною не менше 0,8 м та кутом нахилу не більше 8 %, їх поверхня повинна бути покритою матеріалом, що запобігає ковзанню, а по боках повинні бути передбачені відбортовки висотою не менше 5 см, що запобігають бічний зсув КК під час його руху. Крім того, вага рампи повинна бути такою, щоб її встановлення та прибирання могла зробити одна людина, прикладаючи для цього зусилля не більше 400 Н. Спеціальні підйомники для КК повинні бути обладнані поручнями (огорожами), мати розміри платформи не менше 130 см x 80 см та вантажопідйомність не менше 350 кг. Швидкість вертикального піднімання та опускання платформи підйомника (плавний, без ривків рух) повинна знаходитись у межах 0,10 ... 0,15 м/с. Конструктивно спеціальний підйомник може бути встановлений у двері автобуса, розташованій у передньому звісі або у дверей, розташованих у базі автобуса або задньому його звісі. У першому випадку керування підйомником може

здійснюватися з пульта керування або безпосередньо з місця водія, а у інших випадках – виключно з пульта управління, розташованого у безпосередній близькості до підйомника.

УДК 656.08

Тарасенко О. В.¹, Качанська Д. А.²

¹старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. Т-311 НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ АВАРІЙНОСТІ З ПІШОХОДАМИ НА ДОРОГАХ УКРАЇНИ ТА ПОЛЬЩІ

Безпека дорожнього руху є однією з найважливіших соціальних проблем у будь-якій країні, адже вона безпосередньо впливає на життя і здоров'я людей. Особливо вразливими учасниками дорожнього руху є пішоходи, які часто стають жертвами дорожньо-транспортних пригод (ДТП) через відсутність належної інфраструктури, недостатню обізнаність або нехтування правилами як з боку водіїв, так і самих пішоходів.

В Україні питання безпеки пішоходів залишається хвилюючою проблемою, що загострюється в умовах низького рівня забезпечення дорожньої інфраструктури, поганого освітлення пішохідних переходів та низької культури поведінки на дорогах. Польща, маючи схожі кліматичні та культурні умови, демонструє вищі показники безпеки завдяки систематичним інвестиціям у розвиток дорожньої інфраструктури та посиленню контролю за дотриманням правил дорожнього руху.

Проведене дослідження спрямоване на порівняння стану аварійності за участю пішоходів у двох країнах – Польщі та Україні, з аналізом основних причин ДТП, правових аспектів і заходів, які впроваджуються для підвищення безпеки пішоходів.

Україна.

В Україні пішоходи є однією з найуразливіших категорій учасників дорожнього руху. За даними Патрульної поліції України, велика кількість аварій за участю пішоходів відбувається через нехтування правилами дорожнього руху як з боку водіїв, так і пішоходів. Часто причинами ДТП є перехід пішоходами дороги у невстановлених місцях, неуважність при переході дороги та ігнорування сигналів світлофорів. Аварії з пішоходами також є частими у темний час доби через недостатнє освітлення доріг, особливо в сільській місцевості. Статистичні дані за участю пішоходів наведені на рис.1 [1].

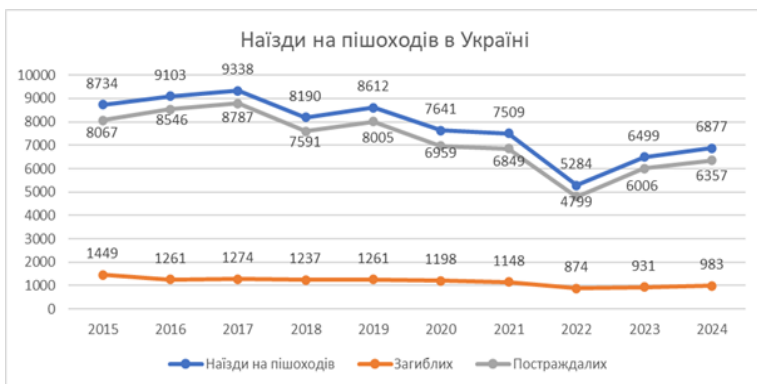


Рисунок 1 – Статистичні дані щодо наїздів на пішоходів на дорогах України

За 2024 рік сталося 6 877 інцидентів, у яких пішоходи або загинули, або отримали травми внаслідок ДТП. Цей показник відображає загальний рівень аварійності для пішоходів і підкреслює необхідність посилення заходів безпеки на дорогах. Пішоходи є однією з найбільш уразливих категорій учасників дорожнього руху, що підтверджує висока смертність у цих аваріях. 983 загиблих за рік внаслідок наїздів на пішоходів свідчить про небезпеку, яка залишається серйозною проблемою, особливо в умовах недостатньо обладнаних пішохідних зон або систематичного порушення правил дорожнього руху. Більшість ДТП за участю пішоходів призводять до травмувань. Травмовані особи можуть отримувати як легкі, так і важкі тілесні ушкодження. Статистичні дані вказують на високий рівень небезпеки для пішоходів на дорогах. Наїзди на пішоходів часто стають причиною значної кількості смертей і травм, що підкреслює необхідність поліпшення інфраструктури, освітленості пішохідних переходів, дотримання правил дорожнього руху та впровадження суворіших заходів контролю як для водіїв, так і для пішоходів.

Польща.

Польща має кращу статистику аварій за участю пішоходів у порівнянні з Україною, але проблема залишається актуальною. Пішоходи часто потрапляють в аварії в міських зонах, особливо на нерегульованих переходах. У Польщі фіксується менша кількість ДТП з пішоходами у темний час доби завдяки кращому освітленню пішохідних переходів і дорожньої інфраструктури.

Статистичні дані за участю пішоходів у Польщі наведені на рис. 2 [2].

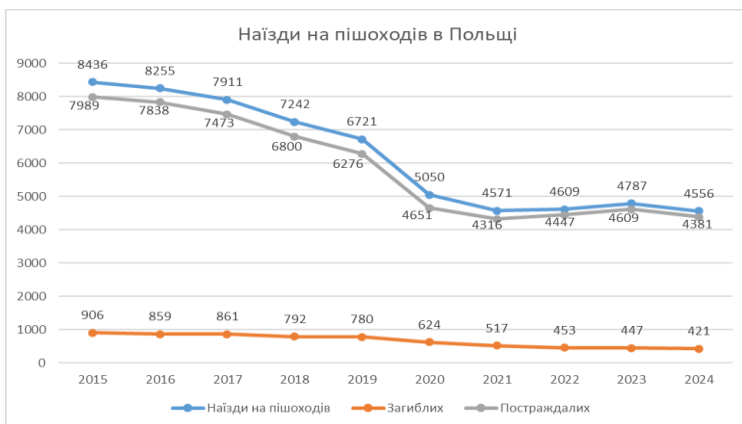


Рисунок 2 – Статистичні дані щодо наїздів на пішоходів на дорогах Польщі

Ці цифри вказують на загальну кількість ДТП за участю пішоходів і в результаті яких постраждали люди (загинули або отримали травми). 4556 аварій за 2024 рік є суттєвим показником, що вказує на значний рівень аварійності на дорогах. У контексті України, кількість ДТП за участю пішоходів зазвичай значно вища, що свідчить про слабкий контроль за дотриманням правил дорожнього руху та менший рівень обізнаності населення щодо безпеки на дорогах.

Аналіз статистики транспортних пригод показує: в Україні за останні 10 років кількість наїздів на пішоходів скоротилася з 8734 (2015 р.) до 6877 (2024 р.) – на 21%, в Польщі з 8436 (2015 р.) до 4556 (2024 р.) – на 46%. Кількість загиблих: Україна з 1449 (2015 р.) до 983 (2024 р.) – на 32%, Польща з 906 (2015 р.) до 421 (2024 р.) – на 54%. Травмованих на дорогах України: з 8067 (2015 р.) до 6357 (2024 р.) – на 21%, на дорогах Польщі: з 7989 (2015 р.) до 4381 (2024 р.) – на 45%. Ці показники вказують на значний ефект від провадження заходів, спрямованих на підвищення безпеки пішоходів у Польщі, в порівнянні з менш масштабними діями в Україні.

Аналіз проблеми аварійності та регулювання безпеки дорожнього руху зосереджує увагу на важливих аспектах, що впливають на рівень безпеки пішоходів у Польщі та Україні. Серед основних чинників виділяються стан дорожньої інфраструктури, поведінка учасників руху, правове регулювання та контроль, а також впровадження європейських стандартів у дорожню політику обох країн.

Україна, зіткнувшись із проблемами нерозвиненої інфраструктури та слабого контролю з боку правоохоронних органів, демонструє високий рівень аварійності за участю пішоходів. Водночас Польща, завдяки

активному впровадженню європейських стандартів, покращила ситуацію із безпекою на дорогах, але все ще стикається з проблемами на нерегульованих пішохідних переходах. Інфраструктурні зміни, такі як модернізація переходів і посилення автоматизованого контролю, є важливими кроками для обох країн у забезпеченні безпеки пішоходів.

Правові аспекти в обох країнах відіграють ключову роль у регулюванні дорожнього руху. У Польщі суворі штрафи та чіткий контроль з боку поліції сприяють дотриманню правил, тоді як в Україні є потреба в посиленні нагляду за виконанням законодавства і підвищенні ефективності покарань за порушення. Впровадження європейських стандартів в Україні ще на початковому етапі, але вже здійснюються спроби адаптації інфраструктури та законодавства до європейських норм.

Отже, для покращення безпеки дорожнього руху в обох країнах необхідно комплексно вирішувати проблеми, пов'язані з інфраструктурою, поведінкою учасників руху та правовим регулюванням. Польський досвід впровадження європейських стандартів може стати корисним для України в подальшій роботі над зниженням кількості ДТП за участю пішоходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Офіційний сайт патрульної поліції України: веб-сайт. - URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>

Офіційний сайт патрульної поліції Польщі: веб-сайт. - URL: <https://statystyka.policja.pl/st/ruch-drogowy/76562,Wypadki-drogowe-raporty-roczne.html>

УДК 656.11

Райда І.М.¹, Михайленко Н.А.²

¹ старш. викл. каф. ТТ НУ «Запорізька політехніка»

² зав. лаб. каф. ТТ НУ «Запорізька політехніка»

ДО ПИТАННЯ ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

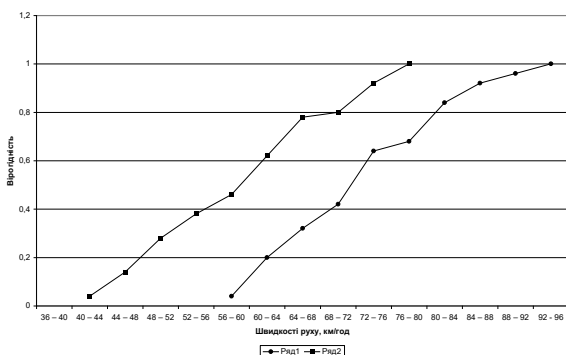
Швидкість окремого транспортного засобу та середня швидкість автомобілів в транспортному потоці є тими характеристиками, які дуже часто використовуються в математичних моделях, що описують транспортний потік. Отримавши дані про швидкості автомобілів в потоці можливо визначити розподіл їх вірогідностей як вільного руху $F(v)$, так і руху в потоці $\Phi(v)$. Порівняння цих розподілів з розподілами часів, коли розроблювалася основна кількість математичних моделей транспортного потоку (30-50 років

потому), може дати відповідь про можливість ефективного використання таких моделей в сучасних умовах.

В роботах [1,2] були виконані дослідження швидкостей легкових та вантажних автомобілів. Використовуючи отримані там дані, був складений розподіл вірогідностей швидкостей окремих автомобілів та автомобілів в потоці, який представлений в таблиці 1 та на рисунках 1 і 2.

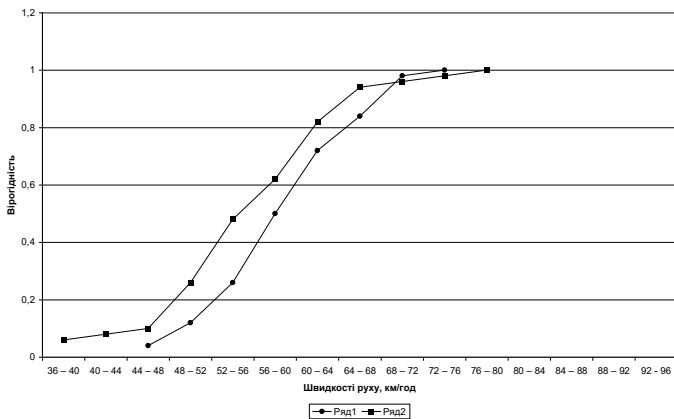
Таблиця 1 – Розподіл вірогідностей швидкості у потоці

Інтервали швидкості, км/год	Кількість автомобілів, од	
	F(v)	$\Phi(v)$
36,0 – 40	-	0,04
40,1 – 44	-	0,073
44,1 – 48	0,02	0,126
48,1 – 52	0,06	0,266
52,1 – 56	0,153	0,439
56,1 – 60	0,273	0,586
60,1 – 64	0,453	0,726
64,1 – 68	0,58	0,833
68,1 – 72	0,711	0,883
72,1 – 76	0,844	0,943
76,1 – 80	0,864	0,99
80,1 – 84	0,917	1
84,1 – 88	0,944	-
88,1 – 92	0,977	-
92,1 - 96	1	-



ряд 1 – F(v); ряд 2 – Φ(v)

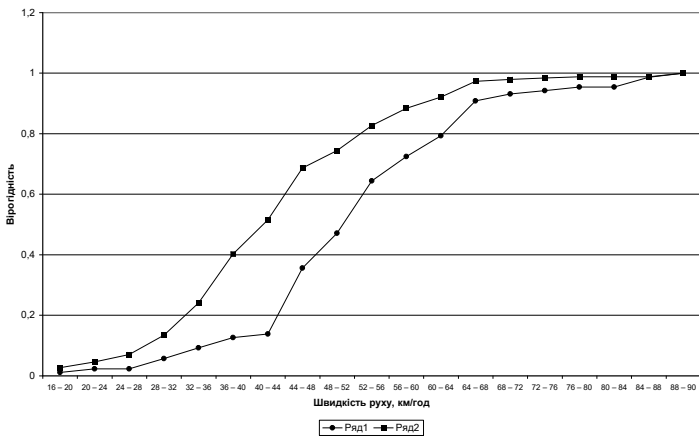
Рисунок 1 - Розподіл вірогідностей швидкостей руху легкових автомобілів



ряд 1 – $F(v)$; ряд 2 – $\Phi(v)$

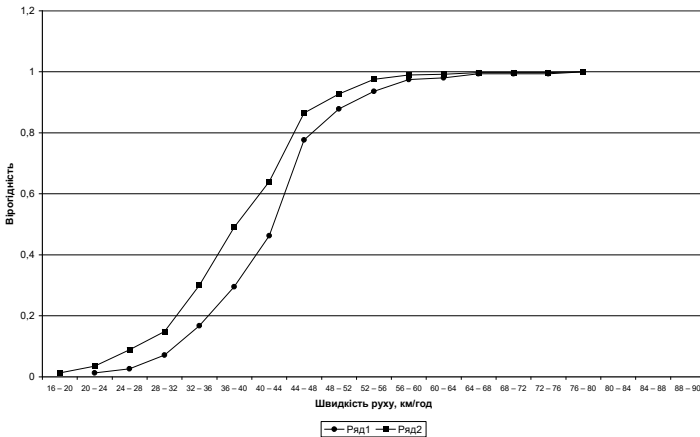
Рисунок 2 - Розподіл вірогідностей швидкостей руху вантажних автомобілів

На рисунках 3 та 4 наведені графіки розподілу вірогідностей швидкості характерних автомобілів 1980 року.



ряд 1 – $F(v)$; ряд 2 – $\Phi(v)$

Рисунок 3 - Розподіл вірогідностей швидкостей руху легкових автомобілів 1980 року



ряд 1 – $F(v)$; ряд 2 – $\Phi(v)$

Рисунок 4 - Розподіл вірогідностей швидкостей руху вантажних автомобілів 1980 року

Проаналізувавши отримані результати, можливо зробити наступні висновки:

- сучасний транспортний потік значно відрізняється від потоку 1980 року перш за все нижніми межами розподілу швидкостей руху; особливо це стосується легкових автомобілів;
- верхні межі не набули значних змін; основна причина цього – певний рівень швидкості руху при дотримуванні умов безпеки;
- форма кривої розподілу швидкості не змінилася, але розташування її на площині швидкостей змістилося в бік підвищення.

Отже, можна стверджувати, що розподіл швидкостей руху дещо змінився. А значить і використання математичних моделей, що були отримані раніше, для сучасних умов можна вважати правильним частково. Вони потребують детального уточнення та перевірки отриманням експериментальних підтверджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Офіційний сайт патрульної поліції України: веб-сайт. - URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>
2. Офіційний сайт патрульної поліції Польщі: веб-сайт. - URL: <https://statystyka.policja.pl/st/ruch-drogowy/76562,Wypadki-drogowe-raporty-roczne.html>

УДК 656:519.8

Кузькін О.Ф.¹, Райда І.М.²

¹ д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

ОЦІНКА ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА МІСЬКИХ МАРШРУТАХ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ПО ДАНИХ ВИБІРКОВОГО ОБСТЕЖЕННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ

Основною метою визначення обсягів пасажирських перевезень на міському маршрутному транспорті загального користування є розрахунок необхідної кількості та пасажиромісткості рухомого складу для виконання перевезень та обґрунтування вартості проїзду пасажирів на міських маршрутах при фіксованому тарифі на проїзд у межах, як правило міської, маршрутної мережі незалежно від відстані маршрутної поїздки пасажирів. Для вирішення цієї задачі на міських та приміських маршрутах використовується табличний метод обстеження пасажиропотоків, порядок якого регламентований наказом Міністерства інфраструктури України від 15.07.2013 р. № 480. Точність отримання результатів за цим методом залежить від вибіркості обстеження, який встановлюється в залежності від інтервалу руху на маршруті від 25 % (при інтервалі 5 хв. або менше) до 100 % (при інтервалі понад 20 хв.).

Однак, при реальній організації обстеження виникають суттєві складнощі у дотриманні такої вибіркості, зумовлені змінюваним протягом доби інтервалом руху та розривними графіками роботи окремих одиниць рухомого складу протягом доби. Це призводить до суттєво більших витрат часу та праці обліковців при проведенні обстеження.

Для практичних умов оцінки обсягу перевезень пасажирів на міських маршрутах пропонується використовувати вибіркове обстеження пасажиропотоків табличним методом (кількість обстежуваних рейсів визначається вимогами точності отримуваних результатів) з розрахунком добових обсягів перевезень на маршруті за формулою [1]

$$Q_{\text{доб}} = n_{\text{д}} \cdot \bar{k}_{\text{зм}} \cdot q \cdot \bar{\gamma}_{\text{д}}, \quad (1)$$

де $n_{\text{д}}$ – кількість рейсів, виконаних на маршруті протягом періоду обстеження (добі); $\bar{k}_{\text{зм}}$ – середній коефіцієнт змінності пасажирів на маршруті, який характеризує розподіл поїздок пасажирів за довжиною маршруту ($\bar{k}_{\text{зм}} \geq 1,0$); q – номінальна пасажиромісткість рухомого складу,

пас.; $\bar{\gamma}_d$ – середній коефіцієнт динамічного використання пасажиромісткості рухомого складу.

Значення $k_{зм}$ та $\bar{\gamma}_d$ можуть бути визначені з достатньою точністю за даними вибіркового обстеження пасажиропотоків на маршруті табличним методом.

УДК 656.13

Трушевський В.Е.¹

¹канд. техн. наук., доц. НУ «Запорізька політехніка»

РОЗПОДІЛЕНИЙ ТЕЛЕАВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ СИГНАЛІВ ДОРОЖНІХ СВІТЛОФОРІВ

З метою підвищення рівня безпеки дорожнього руху під час експлуатації автоматизованих систем керування дорожнім рухом державні нормативні документи передбачають здійснення телеавтоматичного контролю світлофорних сигналів, що вмикаються на об'єкті.

До обов'язкових видів контролю належить контроль наявності хоча б одного червоного сигналу транспортного світлофора за напрямом регулювання під час інтервалу його роботи відповідно до актуальної циклограми. У випадку відсутності усіх червоних сигналів транспортних світлофорів за напрямом регулювання протягом вказаного інтервалу передбачається автоматичний перехід світлофорного об'єкта до режиму многотіння жовтих сигналів.

Також до обов'язкових видів контролю належить контроль відсутності в будь-який момент конфлікту зелених сигналів транспортних та пішохідних напрямків регулювання, тобто відсутності одночасного вмикання зеленого сигналу по двом напрямкам, для яких в матриці мінімальних часових проміжків встановлено значення, більше за одиницю. Окремо слід зазначити, що в деяких схемах організації дорожнього руху, які, зокрема використовується на перехрестях з рухом по колу, можливе від'ємне значення мінімального часового проміжку між напрямками для транспортних напрямів регулювання. У тому випадку, коли ці транспортні напрями в'їжджають на перехрестя з рухом по колу з віддалених один від одного під'їздів, таким чином реалізується відомий класичний метод визначення структури параметрів світлофорного режиму на перехресті з рухом по колу відомий як «турбіна».

З точки зору телемеханіки, автоматичні системи забезпечення контролю сигналів належить до типу послідовних вимірювальних схем, оскільки сигнал, що свідчить про робочий стан світлофорного випромінювача,

сприймається дорожнім контролем через декілька послідовних перетворень, пов'язаних зі зміною виду сигналу. Оптичний сигнал, що свідчить про випромінювання від світлофорної матриці в оптичному діапазоні визначається не напряму, наприклад, шляхом встановлення фотодіода на світлодіодній матриці, а завдяки низці перетворень. Факт випромінювання світла визначається шляхом вимірювання сили струму, яка проходить через контур живлення світлодіодної матриці. Однак, оскільки для живлення світлодіодів необхідна низька напруга постійного струму, а вхід конкретного світлофора подається напруга змінного струму величиною у 220 В, застосовується імпульсний перетворювач, який встановлюється в кожній світлофорній секції. Таким чином, сам перетворювач також бере участь у послідовній схемі вимірювання, знижуючи таким чином точність цього вимірювання, оскільки вихід з ладу частини світлодіодів на матриці призводить до зниження сили низького струму, яке відповідним чином впливає на зниження потужності імпульсного перетворювача. Однак, такий вплив при невеликій кількості несправних світлодіодів є незначним, тому існує ризик, що при роботі перетворювача в режимі без навантаження або при стіканні низьковольтного струму вплив цього процесу на зміну високовольтного струму буде незначним. Для зниження ризиків впливу такого явища на надійність роботи автоматизованої системи керування дорожнім рухом пропонується застосування розподіленого контролю, а саме реалізація схеми контролю зниження низьковольтного струму та появи струму між сигналами, що не можуть працювати одночасно, шляхом розміщення контрольної схеми безпосередньо в корпусі світлофора. З точки зору функціональної схеми світлофорного об'єкту розміщення електроніки в самому світлофорі не можна вважати на даний момент принципово новим підходом, оскільки для забезпечення роботи табло зворотного відліку часу світлофорних сигналів вже використовується мікропроцесорна схема, що розміщується в корпусі відповідної секції. У випадку появи низької напруги на матриці на матрицях сигналів, що не можуть працювати одночасно, електрична схема буде змінювати параметри вхідної параметрів вхідного електричного контура аналогічно до короткого замикання, тому пристрій захисту дорожнього контролера буде спрацьовувати і вимикати об'єкт, що буде аналогічною дією до виявлення випадку вмикання зелених сигналів конфліктних напрямів регулювання.

У разі зниження низьковольтної сили струму через матрицю червоного сигналу контрольна схема буде повністю переривати проходження високовольтного струму через контур живлення червоної матриці. Таким чином можна буде уникнути складної задачі, пов'язаних із визначенням сили струму, що проходить через вхідний контур кожного сигналу, складність якої обумовлена тим що світлофорах різних виробників ця сила струму є різною.

СЕКЦІЯ «ТЕОРЕТИЧНА І ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА»

УДК 531 (075.8)

Омельченко О.С.¹, Шалева Н.В.², Крамаренко О.О.³

¹старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

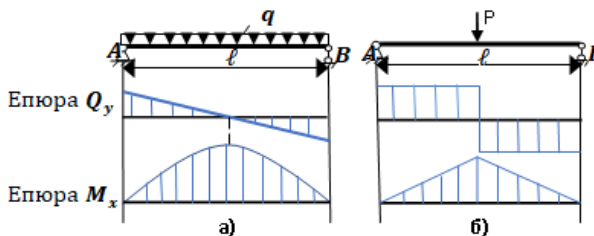
²асист. НУ «Запорізька політехніка»

³студ. гр. М- 114сп НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДВОХОПОРНОЇ БАЛКИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ХАРАКТЕРУ ПРИКЛАДЕНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Напружено-деформований стан балки значно залежить від характеру прикладеного навантаження. Розглянемо два випадки: рівномірно-розподілене навантаження та зосереджена сила тієї ж величини (прикладена посередині довжини балки).

Для дослідження розглядали балку на двох опорах (шарнірно-нерухома та шарнірно-рухома), з двома видами навантажень. Довжина балки $\ell = 2 \text{ м}$. Для подальшого дослідження були побудовані епюри поперечних сил та згинальних моментів (Рис. 1)



а) – рівномірно розподілене навантаження q (Н/м);

б) - зосереджена сила P (Н) посередині балки.

Рисунок 1 - Епюри поперечних сил і згинальних моментів.

У випадку рівномірно розподіленого навантаження поперечна сила зменшується лінійно. При цьому згинальний момент має вигляд плавної квадратичної параболи з екстремумом (Рис.1 а). При прикладанні зосередженої сили P такої ж величини поперечна сила має «стрибок» в точці прикладання сили, а епюра згинального моменту трикутної форми з максимумом теж в точці прикладання сили.

Було проведено дослідження впливу характеру навантаження на прогин балки. Прийняли такі дані для розрахунку:

Балка двотаврового профілю №30 (ДСТУ 2251:2018) зі сталі з $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па. Довжина балки: $\ell = 2$ м. Рівномірно розподілене навантаження: $q = 20$ кН/м.

Розрахунок проводили за методом Мора.

В результаті отримані розрахункові величини нормальних напружень, формули для розрахунку і значення максимального прогину балки в обох випадках (табл. 1).

Таблиця 1 – Розрахункові значення нормальних напружень і максимального прогину двотаврової балки

Рівномірно-розподілене навантаження		Зосереджена сила	
$\sigma_{\max} = 86,2$ МПа		$\sigma_{\max} = 86,2$ МПа	
$\Delta_{\max} = \frac{5q\ell^4}{384EJ_x}$	$\Delta_{\max} = 1,14$ мм	$\Delta_{\max} = \frac{P\ell^3}{48EJ_x}$	$\Delta_{\max} = 0,091$ мм

При проектуванні елементів та конструкцій в машинобудуванні важливо, щоб прогин балки або валу не перевищував допустимих границь. Це регламентується ДСТУ та у міжнародній практиці прогин валів у машинобудуванні регламентується такими стандартами, як наприклад ДСТУ ISO 7919-5:2014, DIN 743, AGMA 6001-D97.

Був проведений розрахунок з такими ж самими умовами розподілу навантажень, але для валу круглого поперечного перерізу $d = 60$ мм. При цьому отримані значення максимального прогину: при рівномірно-розподіленому навантаженні $\Delta_{\max} = 0,156$ мм, при зосередженій силі $\Delta_{\max} = 0,025$ мм.

Висновки: Зосереджена сила створює різкі концентрації напружень і локальні деформації, а рівномірне навантаження розподіляє навантаження більш плавно, знижуючи максимальні напруження. При цьому характер вигину балки при розподіленому навантаженні більш плавний, але за величиною більший, ніж при прикладанні зосередженої сили. При розподіленому навантаженні прогин більш ніж у 6 разів, ніж при зосередженій силі. Вал круглого поперечного перерізу з таким діаметром залишається дуже жорстким навіть при розподіленому навантаженні. Прогин 0,156 мм знаходиться у допустимих межах всіх типів валів.

УДК 531 (075.8)

Омельченко О.С.¹, Шалева Н.В.², Тишин Є.В.³

¹старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

²асист. НУ «Запорізька політехніка»

³студ. гр. М-114 сп НУ «Запорізька політехніка»

БЕЗВІДКАТНА ЗБРОЯ, ЯК ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ ЗАКОНУ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІМПУЛЬСУ

Закон збереження імпульсу є одним із фундаментальних законів класичної механіки. Саме цей закон має важливе значення для розуміння принципів роботи вогнепальної зброї, насамперед, для так званої «безвідкатної зброї». Спочатку, для розуміння принципу дії цієї зброї, необхідно розглянути явище віддачі. Віддача – це реактивний рух зброї назад, обумовлений дією закону збереження імпульсу. При віддачі, імпульси тиску газів, що виникає в каналі ствола вогнепальної зброї під час пострілу, направлений в протилежний до напрямку пострілу бік. Оскільки до пострілу сумарний імпульс зброї і снаряда дорівнював нулю, то він повинен дорівнювати нулю і після пострілу:

$$\left(M + \frac{\mu}{2}\right) v_{\text{в}} = -\left(m + \frac{\mu}{2}\right) v_{\text{с}},$$

де M - маса зброї, m -маса снаряду,

μ -маса заряду,

$v_{\text{в}}$ -швидкість віддачі, $v_{\text{с}}$ -швидкість снаряду.

Розуміння принципів віддачі дозволяє вибрати зброю та боеприпаси з урахуванням комфортності стрільби. Використання сучасних технологій та правильна техніка допомагають мінімізувати вплив віддачі, що робить процес пострілу більш точним і контрольованим.

Безвідкатні гармати– це артилерійські системи, у яких, у якості компенсації віддачі, використовується випуск частини порохових газів через спеціальне сопло. Це дозволяє значно знизити імпульс віддачі та використовувати зброю без масивних лафетів та верстатів.

Розробка першої безвідкатної зброї приписується командирі ВМС США-Клеланду Девісу, який спроектував її у 1910 році. Спочатку, ця зброя була описана як «аеропланна гармата» і мала два протилежних стволи. Центральний заряд рухав снаряд вперед дула, при цьому протимаса вистрілювала у протилежному напрямку. Передбачалося використання гармати Девіса для націлювання на ворожі кораблі та підводні човни. Подальші розробки включали так званий «Y-Gun», названий так через два стволи, налаштовані на 45° від вертикалі. Гармати Y-типу були встановлені

на борти есмінців та переслідувачів підводних човнів і використовували безвідкатний принцип для запуску двох глибинних бомб у протилежних напрямках [1].

Сучасне безвідкатне знаряддя можна поділити на кілька категорій:

1. Протитанкове безвідкатне знаряддя. Використовують для знищення бронетехніки, легкоброньованих цілей та укриттів. Carl Gustaf M4 (Швеція). Калібр: 84 мм. M3 MAAWS (США, Швеція) Модернізована версія Carl Gustaf.

2. Переносні безвідкатні гранатомети. Застосовуються піхотою для боротьби з бронетехнікою, фортифікацією та живою силою супротивника. Panzerfaust 3 (Німеччина). Калібр: 60/110 мм. Висока бронепробивність (до 900 мм сталі). Одноразовий пусковий механізм. AT4 (Швеція, США). Калібр: 84 мм. Одноразовий гранатомет із різними боеприпасами. Підходить для піхоти без спеціального навчання.

3. Мобільні безвідкатні знаряддя. BGM-71 TOW (США). Протитанкова керована ракета, що встановлюється на машини. M40 (США). Калібр: 106 мм. Використовувався на легкій техніці (джипах, бронемашинах), добре зарекомендував себе у міських боях. [1]

Війна в Україні довела ефективність переносної протитанкової зброї і безвідкатний ручний гранатомет Carl Gustaf відіграв у ній вирішальну роль.

Розроблений компанією Saab після Другої світової війни, безвідкатний гранатомет Carl Gustaf стріляє 84-мм протитанковими боеприпасами з мінімальною віддачею, що робить його ідеальним для легкої піхоти. Еволюція зброї включає варіант M3, прийнятий на озброєння США в 2015 році, і більш легкий і компактний M4, представлений в 2017 році.

Здатність "Карла Густава" вести вогонь різними боеприпасами, включаючи протитанкові, авіаційні та димарі, забезпечує українським військам універсальні тактичні можливості. Ця можливість виявилася неоціненною при засідках проти російської бронетехніки та транспортних засобів після вторгнення у 2022 році. З моменту вторгнення росії у 2022 році, українські збройні сили успішно організовували засідки та атаки на російську бронетехніку, за допомогою легкої піхоти з протитанковою зброєю. Західні країни направили в Україну кілька типів такої зброї, включаючи американський Javelin та британський NLAW. Хоча обидві системи дуже ефективні проти танків, Carl Gustaf має додаткову перевагу – великий вибір боеприпасів. [2,3]

Безвідкатні гармати продовжують розвиватися, залишаючись важливим елементом сучасної піхоти та мобільної артилерії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. "Recoilless Weapons" (PDF). Small Arms Survey Research Notes. Vol. 55. December 2015. pp. 1–4. Archived from the original (PDF) on 2016-03-14. Retrieved 2018-04-02.

УДК 669.620

Скребцов А.А.¹, Ланін В.Ю.²

¹канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

²асп. «Запорізька політехніка»

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ТЕКУЧОСТІ МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ

Підвищення технологічних властивостей та зниження їх дисперсії для порошків, що використовуються в адитивних технологіях є актуальним. Хороша текучість порошку є передумовою для легкого компактування і точного дозування. Багато порошків мають високу когезію. Окрім того, порошки схильні до злежування під час зберігання або транспортування через кліматичні умови або тиск. Тому, забезпечення стабільних властивостей на належному рівні є нелегкою науково-практичною задачею. Вирішити поставлену задачу можливо при застосуванні допоміжних засобів для покращення текучості.

Механізм дії допоміжних засобів для покращення текучості полягає у наступному: усі частинки порошку злипаються між собою завдяки силам Ван-дер-Ваальса, як показано на рис. 1, а.

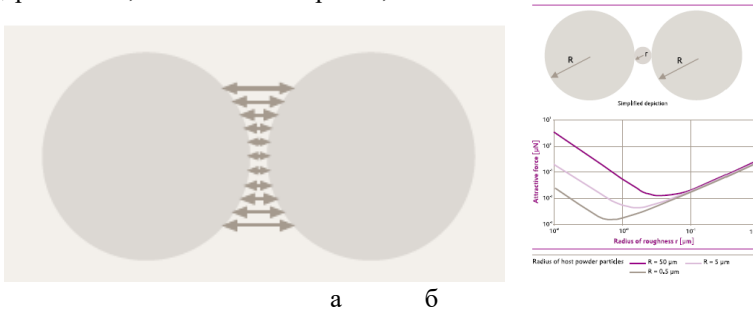


Рисунок 1 - Частинки злипаються між собою завдяки силам Ван-дер-Ваальса¹ (а) і вплив шорсткості поверхні на їх притягання¹ (б).

Для малих частинок ці сили Ван-дер-Ваальса набагато сильніші, ніж гравітаційні сили, які розділяють частинки і забезпечують потік порошку.

Тому дрібні порошки погано течуть. Допоміжні засоби для покращення текучості — це дуже дрібні порошки, які можуть покрити поверхню основного порошку, створюючи на поверхні частинки шорсткості. Шорсткість поверхні зменшує сили притягання між двома частинками порошку, як показано вище

Формування на поверхні частинок порошку покриття дозволить утримувати їх окремо одна від одної, і таким чином зменшити сили притягання. Цей ефект показаний на рис. 3.

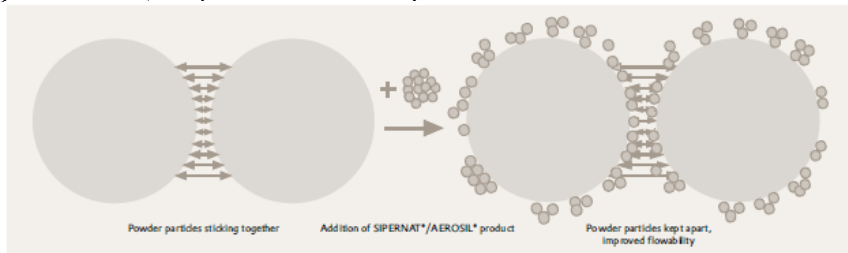


Рисунок 3 - Допоміжних засобів для покращення текучості покривають поверхню основного порошку та діють як розділювач¹.

Але, технологія змішування порошку з елементами допоміжних засобів для покращення текучості має значний вплив на їх ефективність для покращення текучості. До того ж, ці засоби повинні усуватися під час термічного впливу на сформований шар порошку та не призводити до появи пористості.

До числа перспективних допоміжних засобів для покращення текучості порошків можна віднести продукти AEROSIL®, SIPERNAT® та AEROXIDE® виробництва компанії Евонік Індастріз. Але невідомим є їх вплив на утворення структури та сплавлення шарів порошку при адитивному виробництві. Результати досліджень по використанню цих продуктів можуть дозволити розширити сортамент порошків для адитивного виробництва та підвищити їх властивості тому, є актуальними.

Таким чином, сформульовано основну гіпотезу роботи про визначення впливу продуктів AEROSIL®, SIPERNAT® та AEROXIDE® на технологічні властивості та вплив на утворення структури та сплавлення шарів титанового порошку при адитивному виробництві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. H. Rumpf, Die Wissenschaft des Agglomerierens, Chemie Ingenieur Technik, 46, 1974, 1 – 11
2. Jenike, A. W.: Storage and flow of solids, Bulletin No 123, Utah Eng. Exp. Station, Univ. of Utah, Salt Lake City, 1970

3. Dr. Dietmar Schultze, Schüttgutmesstechnik, Am Forst 20, 38302 Wolfenbüttel, Germany
4. I. Zimmermann, M. Eber, K. Meyer, Z. Phys. Chem. 218, 2004, 51 – 102
5. Tensile strength tester, developed by Schweiger, modified by Anstett
6. SIPERNAT® specialty silica and AEROSIL® fumed silica as flow aid and anticaking agent Technical Information TI 1351, Evonik Industries 2015

УДК 601

Скребцов А.А.¹, Шевченко В.І.²

¹канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

²студ. гр. БАД - 114сп НУ «Запорізька політехніка»

ОСВІТНІ КОМПОНЕНТИ ЯК ОСНОВА БІОМЕХАНІКИ (ОГЛЯД)

Біомеханіка – це наукова дисципліна, що досліджує механічні властивості та поведінку біологічних систем під дією зовнішніх і внутрішніх сил. Вона об'єднує закони механіки та біології, аналізуючи рух, міцність тканин і взаємодію організму з навколишнім середовищем.

Історичний розвиток біомеханіки

Зародки біомеханіки можна знайти ще в античні часи. Аристотель (384–322 рр. до н.е.) одним із перших використовував геометричний підхід для аналізу роботи м'язів під час руху. Галілео Галілей (1564–1643) вивчав взаємозв'язок між формою кісток і механічними навантаженнями. Вільям Гарві (1578–1657) та Рене Декарт (1596–1650) розглядали людське тіло як механічну систему. Роберт Гук (1635–1703) відкрив залежність між напруженням і деформацією та вперше ввів поняття клітини. Леонард Ейлер (1707–1783) підкреслив важливість зміни механічних характеристик кровоносних судин. У 1866 році Мейер і Кульман довели, що структура кісток відповідає механічним законам: траєкторії трабекул збігаються з лініями максимальних напружень, аналогічно до деталей баштового крана.

Біомеханічні основи

Одним із ключових компонентів біомеханіки є опір матеріалів, що визначає реакцію тканин і органів на навантаження: розтяг, стиск, згин і кручення. При цьому, людина розглядається як механізм, що складається з ланок та кінематичних пар.

Кісткова система

Кістки виконують роль жорстких ланок із різними механічними властивостями. Їхня основна характеристика – міцність. Наприклад, межа міцності кісткової тканини:

- при розтягуванні: 125–150 МПа;

- при стисканні: 170 МПа;
- при крученні: 105,4 МПа.

Міцність кісток є максимальною у віці 25–35 років і зменшується з віком.

Суглоби.

Суглоб є кінематичною парою, що з'єднує кістки та забезпечує їхню рухливість. Завдяки синовіальній рідині коефіцієнт тертя в суглобах надзвичайно малий (0,005–0,02%), що сприяє ефективному руху.

Сухожилля та зв'язки.

Сухожилля передають зусилля від м'язів до кісток (міцність: 40–60 МПа). Зв'язки стабілізують суглоби (міцність: 25 МПа). Модуль Юнга: для кісткової тканини – 2000 МПа, для сухожиль – 160 МПа.

Біомеханіка руху.

Тіло людини можна розглядати як систему важелів і маятників:

Важелі першого роду (наприклад, кріплення черепа до хребта) забезпечують рівновагу.

Важелі другого роду (наприклад, стопа при підйомі на носки) дають виграш у силі.

Маятникові рухи характерні для рук і ніг під час ходьби.

Оскільки рухи людини відбуваються в тривимірному просторі, ланки тіла мають ступені свободи, які визначають можливість поступальних і обертальних рухів.

Біомеханічні знання широко застосовуються в ортопедії, спортивній медицині, протезуванні, а також у розробці роботизованих систем і реабілітаційних технологій.

Висновки.

1. Опір матеріалів у біомеханіці – це важлива міждисциплінарна сфера, що об'єднує механіку, медицину та інженерні технології. Біологічні тканини зазнають різних механічних впливів, таких як розтягнення, стиск, зсув, вигин і кручення, а їхні міцнісні характеристики відіграють ключову роль у життєдіяльності організму.

2. Сучасні дослідницькі методи, зокрема експериментальні випробування та чисельне моделювання, дають змогу глибше аналізувати механічні властивості тканин, прогнозувати травматичні ушкодження та розробляти ефективні медичні рішення.

3. Отримані знання широко застосовуються в ортопедії, спортивній медицині, протезуванні та робототехніці, сприяючи розробці міцніших та функціональніших біоматеріалів, імплантів і реабілітаційних технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алтер М. Дж. Наука про гнучкість/М. Дж. Алтер. - Київ: Олімпійська література. - 2001. - 421 с.

2. Біомеханіка. Конспект лекцій для здобувачів ступеня бакалавра спеціальності 132 Матеріалознавство / С.П. Панченко; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2022. – 73 с.

3. "Mechanical Properties of Biological Tissues". Автори: Nihat Özkaya, Dawn Leger, David Goldsheyder, Margareta Nordin. (Springer Science & Business Media, May 31, 2012).

УДК 531.8

Фурсіна А.Д.¹, Тищенко Д.С.²

¹канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

²студ. гр. Е - 414 НУ «Запорізька політехніка»

ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОЧОК ТІЛ У ВИПАДКУ ЇХ ПЛОСКОГО РУХУ

Плоский рух широко застосовується в машинобудуванні, робототехніці, транспорті та автоматизованих системах. Його точний аналіз дозволяє оптимізувати проектування механізмів, зменшити знос деталей, підвищити енергоефективність і надійність обладнання.

В роботі проаналізовані кінематичні характеристики плоского руху тіл і на прикладі кривошипно-шатунного механізму проведено розрахунки швидкостей і прискорень окремих точок.

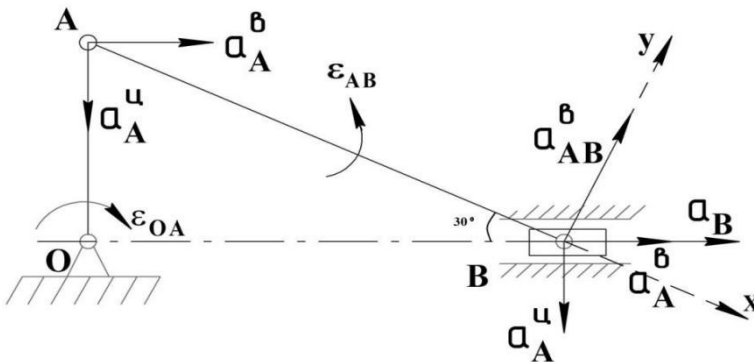


Рисунок 1 – Кривошипно - шатунний механізм

Плоский рух абсолютно твердого тіла, коли всі його точки рухаються в площинах, паралельних деякій нерухомій площині розкладається на

поступальний рух (усі точки мають однакові швидкості і прискорення) та обертальний рух навколо миттєвого центру (полюса). Миттєвий центр швидкостей дозволяє розглядати деякі ланки механізму як такі, що рухаються поступально у даний момент.

Досліджуваний механізм мав такі розміри та кінематичні параметри: довжини ланок: $OA = 35$ см, $AC = 45$ см; кутова швидкість кривошипа: 4 рад/с; кутове прискорення: 8 рад/с².

В роботі були використані наступні формули з розділу кінематики твердого тіла:

$$\begin{aligned} v_A &= \omega_{OA} \cdot OA; & \vec{v}_A &= \vec{v}_B = \vec{v}_C; & a_A^e &= \varepsilon_{OA} \cdot OA; \\ a_B &= a_A + a_{AB}^e + a_{AB}^u; & a_{AB}^u &= \omega_{AB}^2 \cdot AB = 0; & a_C &= a_A + a_A^e + a_{AC}^e + a_{AC}^u \end{aligned}$$

Через систему рівнянь з проєкціями векторів на координатні осі знайдено прискорення точок В і С та обчислено: кутове прискорення ланки АВ; доцентрові і обертальні прискорення точок.

Висновки:

1. Проведений розрахунок продемонстрував застосування теоретичних знань у практичному аналізі механізму.
2. Точне врахування миттєвого центру швидкостей та компонент прискорення є критично важливим для інженерних задач.
3. Результати можуть бути застосовані у розробці механічних систем для зниження витрат на ремонт, підвищення ефективності та надійності обладнання.

УДК 62-562

Shevchenko V.¹ Ryagin S.², Shumykin S.², Onyshchenko R.³.

¹Ph. D., Associate Professor, Head of the Department of Theoretical and Applied Mechanics, NU “Zaporizhzhia Polytechnic”,

²Ph. D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Theoretical and Applied Mechanics, NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

³Ph. D. student of the Department of Theoretical and Applied Mechanics, NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

RATIONAL CHOICE OF FLYWHEEL MATERIAL

Flywheel energy storage devices are mechanical systems that store kinetic energy through the inertia of a rotating solid body. For many decades, they have proven to be a reliable means of energy storage and of smoothing out energy

fluctuations due to their structural simplicity and high reliability. The undeniable advantages of flywheels over other types of energy storage devices include technological simplicity, high durability, high efficiency, the ability to rapidly store and release energy, insensitivity to the number of charge-discharge cycles, and environmental safety.

However, with the advent of modern chemical energy sources, flywheels have become inferior in terms of specific energy capacity (5–150 Wh/kg vs. 100–265 Wh/kg) [1]. Practical implementation of flywheels is often limited by the technological constraints of most materials: specific strength (strength-to-density ratio) [2-3]. These factors significantly narrow the scope for effective design solutions.

The authors' analysis of the rationality of using high-strength steels, aluminum and titanium alloys revealed that some of these materials demonstrate a promising balance of specific strength (σ/ρ) and cost. Consideration of economic aspects confirmed that the materials can be technologically and economically justified depending on the target parameters of the device.

REFERENCES

Genta, G. (1985). Kinetic Energy Storage: Theory and Practice of Advanced Flywheel Systems. Butterworths.

Prem, S. (2018). Optimal design of the flywheel using nature inspired optimization algorithms. Open Agriculture, 3: 490-499.

Daniel, C. (2023). Optimization of Flywheel Rotor Energy Density and Stability. Energies 2023, 16

УДК 678.01:539.43

Ryagin S.¹, Onyshchenko R.²

¹Ph. D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Theoretical and Applied Mechanics, NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²Ph. D. student of the Department of Theoretical and Applied Mechanics, NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

COMPARATIVE ANALYSIS OF APPROACHES TO LOW-CYCLE FATIGUE

Determining the service life of a component subjected to cyclic mechanical loads under significant temperature fluctuations, and therefore exposed to thermal, thermomechanical, and mechanical fatigue combined with creep, is a complex engineering task. In attempts to address this non-trivial problem, over a hundred theories of thermomechanical fatigue have been developed. These theories can be

classified into the following categories: Damage Summation (DS) (linear or nonlinear accumulation of damage from individual load cycles); Frequency Separation (FS) (considers differences in the time scales of thermal and mechanical loading); Ductility Exhaustion (DE) (analyzes the accumulation of plastic strain until a critical threshold is reached); Strain Range Partitioning (SRP) (divides total strain into elastic and plastic components to assess fatigue damage); Total Strain-Based SRP (TS-SRP) (takes into account the full strain range, including temperature effects, to predict failure); Strain Energy Partitioning (SEP) (evaluates fatigue damage based on the dissipated strain energy within the material) [1].

The SEP approach, among other, may be applied for estimating the service life of a component made of heat-resistant austenitic steel and subjected to cyclic creep and thermomechanical fatigue loading. This method provides a comprehensive assessment of all energy-related components of the deformation process, including the contribution of plastic deformation and creep. It also enables an accurate description of the behavior of austenitic steels under high-temperature conditions, where damage mechanisms become energetically interrelated. The SEP approach further allows for consideration of the nonlinear nature of damage accumulation, which is typical of thermomechanical fatigue in heat-resistant steels operating under cyclic thermal and mechanical loading.

REFERENCES

1. Zhuang W. (1998). Thermo-Mechanical Fatigue Life Prediction: A Critical Review. Aeronautical and Maritime Research Laboratory.

УДК 621-311

Ryagin S.¹, Onyshchenko R.², Momot S.³

¹Ph. D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Theoretical and Applied Mechanics, NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

²Ph. D. Stud. of the Department of Theoretical and Applied Mechanics, NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

³Stud. of M-713 group, NU “Zaporizhzhia Polytechnic”

COMPARATIVE ESTIMATION OF AUTONOMOUS ENERGY SUPPLY METHODS FOR INDIVIDUAL USERS

A comparative analysis of autonomous energy supply systems for individual users was conducted. There were examined key devices for energy supply: generation systems (fuel generators, solar panels, wind turbines) and energy storage systems (electrochemical, mechanical, and thermal devices). Estimation

criteria included efficiency, environmental friendliness, capability of installation and safety of usage. The advantages and disadvantages of each energy generation and storage method were identified.

Comparative calculations were performed, using commercially available devices as the baseline option.

The results of the study showed that the use of fuel-powered generators is the most rational solution for individual users where applicable. Electrochemical energy storage systems can also be used, although their cost remains high. Promising directions include mechanical kinetic energy storage systems and thermal energy storage solutions.

REFERENCES

1. Генератор. Будова генератора і принцип дії. URL: http://gpl.co.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=130:generator-the-structure-and-principle-of-the-generator&catid=34:special-subjects&Itemid=169 (дата звернення: 27.09.2024).
2. Порівняльна характеристика деяких видів палива. URL: <https://bioopt.com.ua/ua/a240346-sravnitelnaya-harakteristika-nekotoryh.html> (дата звернення: 27.09.2024).
3. Скільки виробляє сонячна панель. URL: <https://sun-energy.com.ua/articles/skilky-vyroblyaye-sonyachna-panel> (дата звернення: 27.09.2024).
4. Мирутенко, П.П. Накопичувачі енергії. Основні типи та перспективи використання / П.П.Мирутенко, Л.К.Лістовщик. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 10 с.

УДК 534.1

Фурсіна А.Д.

канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСКОРЕНИХ ВИПРОБУВАНЬ

У сучасних умовах науково-технічного прогресу значну роль відіграють прискорені випробування, що дозволяють оцінити надійність і довговічність виробів у стислий термін. У цій роботі розглянуто основні методи прискорених випробувань, сучасні тенденції та перспективи розвитку.

Прискорені випробування дозволяють імітувати вплив довготривалих навантажень у скорочені терміни, що є критично важливим для виробничої

та науково-дослідної діяльності. Такі випробування дають змогу визначити граничні показники надійності продукції, та оптимізувати її вдосконалення. Досліджуваным об'єктом є рама рухомого трапу ТТ-1, навантаження якої визначали в експлуатаційних та лабораторних умовах.

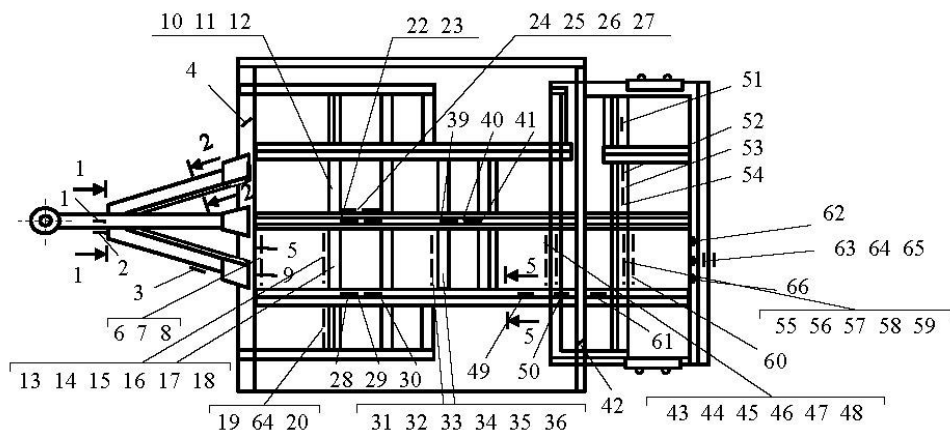


Рисунок 1 – Схема розташування тензодатчиків

За тензодіаграмами отриманими при експлуатаційних та стендових випробувань було обчислено ресурс для найбільш навантаженого елемента рами за формулою

$$T = \frac{\sigma_{-1}^m}{n_{-1} \frac{1}{N_0} \frac{1}{t} \frac{n}{2} \sum_i \sigma_{anp,i}^m P_i},$$

де n – коефіцієнт запасу втомлюваної міцності дорівнює

$$n_{-1} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{np}}.$$

А коефіцієнт довговічності визначається з виразу

$$K_{-1} = (n_{-1})^m.$$

В таблиці 1 показані результати обчислення ресурсу та коефіцієнта прискорення випробувань для лімітуючого елемента – дишла, де в найбільш небезпечному перерізі був розташований датчик №1.

Таблиця 1- Результати обчислення ресурсу та коефіцієнта прискорення випробувань для лімітуючого елемента – дишла

Умови випробувань	T , години	$\sigma_{пр}$, МПа	$K_{приск}$
Польові умови	1338	27.03	1
Стендові випробування: $h_1 = h_2 = 20$ мм (варіант 1)	678	38.23	1.97
Стендові випробування: $h_1 = 0$, $h_2 = 40$ мм (варіант 2)	301	48.22	4.45

Коефіцієнт переходу від стендових випробувань до експлуатаційних визначався із співвідношення

$$K_{приск} = \frac{T_{пол}}{T_{стенд}},$$

де $T_{пол}$ – ресурс деталі при експлуатаційних випробуваннях;

$T_{стенд}$ – ресурс деталі при стендових випробуваннях.

Ресурс для дишла в експлуатаційних умовах становить 1400 годин.

Результати обчислень показують, що заміна експлуатаційних випробувань лабораторними дозволяє скоротити час досліджень в 2...4 рази за рахунок більш високочастотного навантаження. Згідно з обчисленнями, ресурс дишла в експлуатаційних умовах становить 1400 годин.

Висновки.

Прискорені випробування є незамінним інструментом для оцінки надійності виробів. Вони дозволяють скоротити час розробки нових виробів, знизити витрати та підвищити рівень безпеки та ефективності експлуатації.

УДК 539.3

Кружнова С.Ю.¹

¹старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

ВПЛИВ ТРИВАЛОСТІ ІМПУЛЬСУ ТИСКУ НА ОДНОРІДНУ ДЕФОРМАЦІЮ ДОВГОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ

Розглядається довга циліндрична оболонка без крайових навантажень чи обмежень, рівномірно навантажена прямокутним (у часі) імпульсом зовнішнього тиску. Матеріал оболонки передбачається пружним та ідеально пластичним. Передбачається також, що матеріальні точки в оболонці

переміщуються тільки в радіальному напрямку і що точки серединної поверхні рухаються однаково в часі.

Дослідження спрямоване на визначення імпульсу, який має бути доданий до оболонки, щоб спричинити її руйнування. Можна вважати, що оболонка зруйнувалася, якщо безрозмірне радіальне переміщення ω досягло заданого значення ω_f . Переміщення ω_f може бути досягнуто в результаті застосування до оболонки безрозмірного тиску p_0 протягом безрозмірного часу T , що дає повний безрозмірний імпульс $I_f = p_0 T$. Для фіксованих значень ω_f і T руйнуючий імпульс I_f являється таким імпульсом, для якого $\dot{\omega} > 0$ при $0 < t < t_f$ та $\omega = 0$ при $t = t_f$. В подальшому ці умови будемо вважати визначенням I_f . Розглядається теорія, адекватна при всіх невід'ємних значеннях T , які набагато менше чверті періоду основної згинальної (без розтягування) форми коливань.

$$T \ll \left(\frac{(15)^{1/2}}{6} \cdot \pi \frac{R_0}{h_0} \right)$$

Рівняння, що описують динамічну поведінку довгої циліндричної оболонки при кінцевих розтягуваннях, дещо спрощується, якщо розглядати матеріал оболонки як нестисливий та нехтувати величиною відносного осьового розтягнення в порівнянні з одиницею. При цих умовах рівняння в розмірному вигляді буде:

$$\rho R_0 h_0 \frac{d^2 \omega^*}{dt^{*2}} = p^* R - \frac{\sigma^* h_0}{1 - \omega} \quad (1)$$

Переходячи до безрозмірних величин і використовуючи співвідношення $R = R_0(1 - \omega)$ наводимо рівняння (1) до виду

$$\ddot{\omega} = p(1 - \omega) - \sigma(1 - \omega)^{-1} \quad (2)$$

Розглянемо рівняння (2) в інтервалі $0 < t < t_f$ при умовах $\omega(0) = \dot{\omega}(0) = 0$, $\omega(t) > 0$ для $0 < t < t_f$, $\omega(t_f) \equiv \omega_f$, $\omega(t_f) = 0$

Тоді вирішення поставленого завдання має задовольнити наступне рівняння

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dt} (\dot{\omega})^2 = \left[p(1-\omega) - \sigma(1-\omega)^{-1} \right] \dot{\omega}$$

Інтегруючи це рівняння від 0 до t_f , використовуючи початкові умови, рівняння (2) та після певних перетворень отримуємо співвідношення, що визначає повний імпульс I_f :

$$I_f = \int_0^{t_f} p dt \quad (3)$$

При фіксованих значеннях ω_f найменше значення I_f виходить

$$I_{f1} = \left[2 \int_0^{\omega_f} \frac{\sigma}{1-\omega} d\omega \right]^{1/2}$$

УДК 62-233.3/.9

Шевченко В.Г.¹, Попович О.Г.²

¹ канд. техн. наук, доц., зав. каф. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ВПЛИВ ЗМІЩЕНЬ ТВІРНОГО КОНТУРУ НА ЗНОШУВАННЯ ЗУБІВ ПАРИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПРЯМОЗУБИХ КОЛІС

У зубчастих передачах, що експлуатуються в умовах, за яких можливе потрапляння абразивних часток у зону зачеплення, зуби коліс мають бути достатньо стійкими до зношування поверхневого шару.

На підставі формул, відомих з трибології та з механіки контактної взаємодії пружних тіл, застосовавши формули з теорії евольвентних зубчастих передач [1], ми у роботі [2] створили розрахункову модель для визначення товщин зношеного шару в околі характерних точок на евольвентних профілях зубів пари циліндричних прямозубих коліс із зовнішнім зачепленням. У компактному вигляді отримані нами формули для товщини зношеного шару на профілях зубів ведучого та веденого прямозубих коліс в околі крайніх активних точок та в околі граничних точок однопарного зачеплення (на стадії усталеного процесу зношування) можна записати так:

$$h_{ded\lambda} = \xi_{ded\lambda} \cdot U \cdot t, \quad h_{add\lambda} = \xi_{add\lambda} \cdot U \cdot t, \quad (1)$$

$$h_{low\lambda}^{aver} = \xi_{low\lambda} \cdot U \cdot t, \quad h_{high\lambda}^{aver} = \xi_{high\lambda} \cdot U \cdot t, \quad (2)$$

де t – тривалість роботи передачі від початку стадії усталеного зношування.

Розрахункові формули, які ми вивели для величини U з розмірністю швидкості та для безрозмірних співмножників $\xi_{ded\lambda}$ і $\xi_{add\lambda}$, $\xi_{low\lambda}$ і $\xi_{high\lambda}$, наведено у нашій статті [2].

Символ λ в нижньому індексі величини позначає зубчасте колесо, до якого вона належить ($\lambda=1$ – ведуче, $\lambda=2$ – ведене колесо). Позначки "ded" або "add" у нижньому індексі величини вказують на її належність до нижньої активної точки евольвентного профілю зуба або до точки цього профілю біля кола вершин. Позначки "low" або "high" у нижньому індексі величини вказують на її належність до нижньої граничної або до верхньої граничної точки однопарного зачеплення.

Добутки $(\xi_{ded\lambda} \cdot U)$, $(\xi_{low\lambda} \cdot U)$, $(\xi_{high\lambda} \cdot U)$, $(\xi_{add\lambda} \cdot U)$ у формулах (1) і (2) являють собою швидкості зношування поверхневого шару в околі відповідних характерних точок на евольвентних профілях зубів пари прямозубих коліс. При виведенні формул (1) і (2) ми врахували вплив на ці швидкості зношування наступних величин та чинників: чисел зубів коліс та твердостей їхнього поверхневого шару; швидкості ковзання між евольвентними профілями зубів цих коліс та швидкостей переміщення площадки контакту по поверхнях зубів під час їхнього зачеплення; розподіл повної сили, яка діє з боку одного колеса на інше, між двома зубами одного колеса при двопарному зачепленні, а також зміну сили, яку передає одна пара зубів, при її вході в однопарне зачеплення та виході з нього.

Якщо пара циліндричних прямозубих коліс із визначеними числами зубів (z_1 і z_2), шириною зубчастих вінців (b_w) і модулем зачеплення (m) має прийнятну зі стандартного ряду міжосьову відстань (a_w), то коефіцієнти зміщення x_1 та x_2 твірного контуру ведучого та веденого коліс пов'язані формулою $x_2 = x_{\Sigma} - x_1$, причому значення x_{Σ} обчислюється через значення a_w , m , z_1 і z_2 . У нашій статті [2] показано, що для такої пари прямозубих коліс, за відомого співвідношення твердостей поверхневого шару їхніх зубів, найбільша серед швидкостей зношування активних поверхонь зубів цих коліс набуває свого мінімуму при такому коефіцієнті зміщення x_{1R} , за якого досягає мінімального значення безрозмірна функція $F(x_1)$, де $F = \max(\xi_{ded1}; \xi_{low1}; \xi_{high1}; \xi_{add1}; \xi_{ded2}; \xi_{low2}; \xi_{high2}; \xi_{add2})$. Отже, при раціональних значеннях x_{1R} та x_{2R} коефіцієнтів зміщення твірного контуру буде максимальною тривалість роботи розглядуваної пари прямозубих коліс

до того, коли найбільша товщина зношеного шару на активних поверхнях зубів досягне гранично допустимої величини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Linke, H. Cylindrical Gears. Calculation, Materials, Manufacturing / H. Linke, J. Borner, R. Heb. – Munich: Carl Hanser Verlag, 2016. – 848 p.
2. Попович О.Г. Раціональні зміщення твірного контуру коліс циліндричної прямозубої передачі для зменшення зношування зубів / О.Г. Попович, В.Г. Шевченко // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2024. – № 3. – С. 48-57.

Наукове електронне видання
Можна використовувати в локальному та
мережному режимах

ТИЖДЕНЬ НАУКИ-2025

Транспортний факультет

Збірник тез доповідей щорічної
науково-технічної конференції серед студентів,
викладачів, науковців, молодих вчених та аспірантів

14–18 квітня 2025 року

Один електронний оптичний диск (DVD-ROM); супровідна документація.
Тираж 100 прим. Зам. №496.

Видавець і виготовлювач
Національний університет «Запорізька політехніка»
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Університетська, 64
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6952 від 22.10.2019.