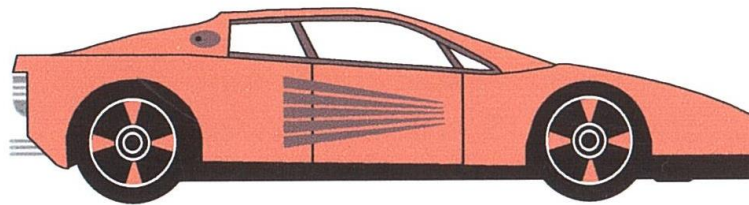


**Міністерство освіти і науки України
Інститут модернізації змісту освіти
Національний транспортний університет
Жешувський технологічний університет (Польща)
Жилінський університет (Словаччина)
Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського
Черкаський державний технологічний університет**

**Міжнародна конференція
«Покращення конструктивних та експлуатаційних
показників автомобілів і машин»
16 – 17 листопада 2022 р.**



ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

Київ НТУ 2022

ISBN: 978-966-632-316-6 (Online)
DOI: 10.33744/978-966-632-316-6-2022-1

**Міністерство освіти і науки України
Інститут модернізації змісту освіти
Національний транспортний університет
Жешувський технологічний університет (Польща)
Жилінський університет (Словаччина)
Кременчуцький національний університет
імені Михайла Остроградського
Черкаський державний технологічний університет**

**Міжнародна конференція
«Покращення конструктивних та експлуатаційних
показників автомобілів і машин»
16 – 17 листопада 2022 р.**

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

Київ НТУ 2022

Міжнародна конференція «Покращення конструктивних та експлуатаційних показників автомобілів і машин». Збірник тез доповідей. – К.: НТУ, 2022. – 181 с.

Голова оргкомітету:

д-р техн. наук, професор, проректор з наукової роботи
Славінська Олена Сергіївна

Заступник голови оргкомітету:

канд. техн. наук, доцент, в.о. декана автомеханічного факультету
Добровольський Олександр Сергійович

Члени оргкомітету:

В.П. Матейчик – д-р техн. наук, професор, професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний транспортний університет.

С.І. Андрусенко – канд. техн. наук, професор, завідувач кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, Національний транспортний університет.

В.І. Гуляєв – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри вищої математики, Національний транспортний університет.

Ю.Ф. Гутаревич – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри двигунів та теплотехніки, Національний транспортний університет.

В.Д. Данчук – д-р техн. наук, професор, декан факультету транспортних та інформаційних технологій, Національний транспортний університет.

Казимір Лейда – д-р техн. наук, професор кафедри автомобілів та інженерії транспорту, Жешувський технологічний університет, Польща.

О.І. Мельниченко – канд. техн. наук, професор, завідувач кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Національний транспортний університет.

В.Д. Мусійко – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інженерії машин транспортного будівництва, Національний транспортний університет.

Е.К. Посвятенко – д-р техн. наук, професор, професор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Національний транспортний університет.

В.Я. Савенко – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри транспортного будівництва та управління майном, Національний транспортний університет.

В.П. Сахно – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автомобілів, Національний транспортний університет.

В.О. Хрутьба – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний транспортний університет.

Секретар оргкомітету:

Подпіснєв Владислав Сергійович, старший викладач кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу

ISBN: 978-966-632-316-6 (Online)

ЗМІСТ

1	Гутаревич Ю.Ф., Трифонов Д.М., Сирота О.В., Шуба Є.В., Гаган К.Р. Поліпшення експлуатаційних показників транспортного двигуна при роботі на спиртовмісному бензині.....	6
2	Симоненко Р.В., Матейчик В.П., Kazimierz Lejda Тенденції розвитку автомобільних телематичних систем.....	10
3	Artur Jaworski Impact of the resistance function on energy demand and vehicle exhaust emissions.....	12
4	Солтус А.П., Тарандушка Л.А., Клімов Е.С., Черненко С.М. Особливості руху еластичного колеса по криволінійній та прямолінійній траєкторії з відведенням.....	17
5	Лісовал А.А., Гуменчук М.І., Григоренко В.В. Використання біогазу в енергетиці і на транспорті України.....	22
6	Jacek Michalski Analiza zrównoważonego transportu publicznego miasta na podstawie gotowości technicznej autobusów z układem napędowym akumulator trakcyjny beb oraz z silnikami zasilanymi cng i diesel.....	26
7	Шуба Є.В., Самойленко І.В., Панін М.І. Вплив добавки водневмісного газу на показники двигуна з іскровим запалюванням за роботи на спиртовмісному бензині.....	27
8	Бойченко С.В., Тарасюк О.В. Новітні інноваційні технологічні підходи до розроблення екологічно чистих бензинів.....	29
9	Бойченко С.В., Шкільнюк І.О., Яковлєва А.В. Новітні інноваційні технологічні підходи до розроблення екологічно чистих бензинів.....	32
10	Сахно В.П., Разбойніков О.О., Трохимченко В.М. Вплив штучних дорожніх нерівностей на безпеку руху автомобіля.....	34
11	Кравченко О.П., Барта Далибор, Кравченко К.О., Зіго Андрій Зниження процесу забруднення навколишнього середовища твердими частинками зношених гальмівних колодок транспортних засобів.....	37
12	Izabela Jaworska Impact of intersection type on energy consumption and emissions of vehicles.....	40
13	Сахно В.П., Попелиш Д.М. Гальмування автопоїзда з частково наповненою цистерною.....	45
14	Хітров І.О. До питання оцінки ефективності транспортного засобу.....	48
15	Mirosław Śmieszek, Jakub Mościszewski Assessment of energy efficiency of city buses transport work.....	50
16	Добровольський О.С., Двірник О.М. Аналіз шляхів поліпшення екологічних показників двигуна з іскровим запалюванням при роботі на бензоспиртових сумішах.....	54
17	Куць Н.Г. Вплив турбонагнітача на ефективність роботи двигуна внутрішнього згоряння.....	57
18	Льченко А.В., Буздуган К.А. Вплив діаметра нагрівального елемента теплового витратоміра на похибку виміру витрати палива автомобіля.....	61
19	Андрусенко С.І., Бугайчук О.С., Подпіснєв В.С., Пилипівський О.Д. Вибір рухомого складу міського пасажирського транспорту на основі оптимізації витрат на експлуатацію та ризиків.....	64
20	Грицук І.В., Погорлецький Д.С. Дистанційне дослідження процесів прогріву двигуна транспортного засобу, обладнаного системою теплової підготовки.....	66
21	Олішевська В.Є., Олішевський Г.С. Обґрунтування раціонального співвідношення кількості автомобілів на підприємстві в умовах переходу на екологічний транспорт.....	69

22	Цюман М.П., Сосіда С.В. Аналіз показників роботи двигуна з іскровим запалюванням при використанні в якості палива суміш бензину та етанолу.....	72
23	Sylwia Daszykowska Metoda taksonomiczna-charakterystyka i zakres zastosowania do oceny efektywności w procesach transportowych.....	76
24	Сакно О.П., Олло В.П., Стадник В.І., Бондаренко Д.А., Слободський О.С. Огляд функціонування автомобільного електротранспорту в Україні.....	80
25	Цюман М.П., Садовник І.Д. Аналіз ефективності каталітичної нейтралізації відпрацьованих газів автомобільного двигуна в експлуатаційних режимах.....	83
26	Artur Krzemiński, Paulina Kulasa Badania porównawcze wydatku wtryskiwaczy piezoelektrycznych.....	86
27	Андрусенко С.І., Будниченко І.В. Багатофакторна оцінка та нормування енергоефективності транспортного засобу з тяговою електричною установкою.....	89
28	Будниченко В.Б., Харламов С.А. Оптимізація енергетичної ємності тягової акумуляторної батареї для електробуса.....	92
29	Мусійко В.Д., Пасенко Ю.В. Проблеми створення універсальних землерийних машин безперервної дії.....	95
30	Коваль А.Б., Пацьора Д.І. Підвищення ефективності безквішевих роторних органів траншейних екскаваторів удосконаленням процесів їх розвантаження.....	97
31	Шльончак І.А., Йовченко А.В., Солтус А.П., Усенко Є.А. Підвищення ефективності підйомно-транспортних машин шляхом впровадження адаптивного такелажного обладнання.....	99
32	Костьян Н.Л., Тарандушка Л.А. Багаторівнева система індикаторів ефективності транспортної системи та її елементів.....	102
33	Марков О.Д. Проблема автосервісу України та методи її вирішення в умовах ринку, що розвивається.....	105
34	Стадник О.С., Морозюк С.В., Ключко В.В. Аналіз залежності ціни вживаних електромобілів Nissan Leaf від технічних та експлуатаційних показників.....	110
35	Рудасьов В.Б., Коваленко А.П., Бурхович М.П. Ресурсозберігаючі технології на автомобільному транспорті.....	112
36	Кузьмінець М.П., Лампека М.Г., Черноус М.М. Специфіка навчальних програм з проектування транспортних засобів у Національному транспортному університеті: наближення до реальності.....	116
37	Ковбасенко С.В., Бугрик О.В., Сімоненко В.В. Визначення раціональних параметрів використання автотранспортними засобами дизельного біопалива з продовольчих жирів.....	118
38	Рудь М.П. Модель досліджень експлуатаційних характеристик деталей автомобілів, виготовлених методами адитивного виробництва.....	122
39	Войчишин Ю.І., Голенко К.Е., Бур'ян М.В., Горбай О.З. Дослідження температурного впливу на стінки кузова під час роботи двигуна міського автобуса із задньомоторною компоновкою.....	125
40	Бугера Е.В., Лобода А.В. Впровадження безпілотного громадського електротранспорту в Україні.....	127
41	Міланенко О.А., Бобро А.М. Оптимізація режиму мащення моторних оливі для дизелів прямого впорскування.....	131
42	Диких О.В. Дослідження оцінки вагомості факторів, що впливають на показники тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобіля БТР-70.....	135
43	Галайда Ю.Є. Обґрунтування приводу механізму корегування кутів встановлення керованих коліс автомобіля категорії М1.....	138

44	Кубіч В.І., Безпалько М.В., Безпалько М.В., Рапота М.О. Графічна інтерпретація лінії відбою характеристики гідравлічного амортизатора при застосуванні часток Static Control.....	143
45	Човча І.В. Вплив конструктивних і експлуатаційних параметрів на маневреність і стійкість руху автопоїзда з причепом категорії О1.....	147
46	Гутаревич С.Ю., Фоміних Д.А. До питання оцінки відповідності складових частин колісних транспортних засобів.....	153
47	Черненко С.М., Мурашко О.А., Бугайов О.О. Визначення вагового стабілізуючого моменту засобами РТС Creo Parametric.....	155
48	Маруніч С.В. Обґрунтування застосування збалансованого підходу до управління транспортним шумом.....	158
49	Старинець Л.М. Використання системи SCR як одного зі способів зменшення викидів NOx від автомобілів.....	160
50	Ходос О.Г., Лагошна О.О., Єрісов М.М. Дослідження впливу коефіцієнта жорсткості пружних елементів підвіски гібридизованого легкового автомобіля.....	163
51	Підгорний М.В., Бойко В.В., Лук'яненко О.Ю. Вирішення завдання керування розвантаженням системи електропостачання автомобіля.....	165
52	Пікула М.В. Реалізація оздоблювально-зачищувальної обробки деталей у вібровідцентровій установці.....	168
53	Головащенко О.В. До питання про підвищення технічної готовності автотранспортних засобів удосконаленням матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності.....	170
54	Кошарний М.М., Шкрєбко М.Р. Удосконалення системи управління запасами запасних частин автосервісних підприємств.....	172
55	Кошарний М.М., Сікула Б.А. Визначення та покращення конкурентоспроможності підприємств автосервісу.....	175
56	Бубела А.В., Більчук К.О. Сучасні методи та методичні підходи до оцінки транспортних засобів.....	179

ПОЛІПШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСПОРТНОГО ДВИГУНА ПРИ РОБОТІ НА СПИРТОВМІСНОМУ БЕНЗИНІ

Юрій ГУТАРЕВИЧ¹, д-р техн. наук, проф., Дмитро ТРИФОНОВ¹, канд. техн. наук,
Олександр СИРОТА¹, канд. техн. наук, доц., Євгеній ШУБА¹, канд. техн. наук, доц.,
Кирило ГАГАН¹, аспірант (PhD студент)

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: двигун внутрішнього згорання, температура навколишнього повітря, спиртовмісний бензин, термоелектричний перетворювач, експлуатаційні показники

Вступ

Транспорт став невід'ємною частиною сучасного життя і одним з ключових секторів з точки зору споживання енергії. Двигун внутрішнього згорання (ДВЗ), що працює на викопному паливі, є одним з найбільш ефективних і універсальних джерел механічної енергії, що застосовується в автомобілях, будівельних та сільськогосподарських машинах, стаціонарних енергетичних установках та ін. Нестабільність світових цін на викопне паливо, скорочення його запасів, проблеми з транспортуванням змушують шукати альтернативи традиційному паливу. Застосування альтернативних видів палив повинно знижувати екологічний збиток, що наноситься навколишньому середовищу, який пов'язаний з використанням викопних палив. Розвиток ринку альтернативних видів палива має знизити залежність від нафти та сприяти підвищенню безпеки енергопостачання України, сприяти економічному зростанню та скороченню викидів парникових газів на транспорті. Зниження впливу автомобільного транспорту на забруднення навколишнього середовища є одним з найважливіших пріоритетів державної політики в галузі автомобільного транспорту [1].

Мета роботи

Сучасні тенденції розвитку світового паливно-енергетичного комплексу, такі як посилення екологічних вимог до палив, зростання обсягів споживання високооктанових бензинів, підвищення собівартості видобутку нафти, погіршення якості видобутої нафти і, як наслідок, подорожчання її переробки призводять до необхідності перегляду традиційних підходів до виробництва моторних палив. В першу чергу це стосується отримання та використання палив і їх компонентів альтернативних нафтовим.

Одним із шляхів розв'язання цих завдань може стати використання спирту як добавки до традиційних товарних бензинів, і в першу чергу спирту етилового зневодненого (паливного біоетанолу), виготовленого з біологічно відновлювальної сировини. Використання спиртовмісних бензинових сумішей стало загальносвітовою тенденцією, яка дозволяє поліпшити енергоефективність ДВЗ, збільшити його експлуатаційний ресурс, зменшити витрати на технічне обслуговування і головне – знизити залежність від викопного палива [2, 3].

Дослідження, присвячено впливу спиртовмісних бензинових сумішей на енергетичні та екологічні показники роботи транспортного двигуна, а також визначення рекомендацій щодо їх застосування з урахуванням умов експлуатації транспортного засобу.

Виклад основного матеріалу дослідження

Практика застосування спирту як моторного палива, в різних умовах експлуатації, виявила ряд істотних недоліків, що обмежують його максимальну концентрацію в сумішах бензин/етанол.

Так, висока прихована теплота випаровування спирту ускладнює пуск холодного двигуна (за температури нижче +5°C він стає практично неможливим); нижча температура відпрацьованих газів призводить до збільшення часу виходу каталітичного нейтралізатора на ефективний режим конверсії шкідливих речовин в режимі прогріву двигуна – внаслідок чого збільшуються викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами; менша теплота згорання порівняно з теплотою згорання нафтових палив вимагає збільшення їх витрат на 25...30 %; відносно висока електропровідність в поєднанні з високим вмістом кисню вимагає захисту деталей системи паливоподачі від корозії; фазова нестабільність спиртовмісного палива (особливо це виявляється при застосуванні метанолу); незадовільні трибологічні

характеристики [4, 5].

Для подолання деяких недоліків застосування спирту як моторного палива, що дозволить поліпшити експлуатаційні характеристики ДВЗ, існують в основному два можливих підходи. Перший – введення мінімальної кількості спирту в товарний бензин (до 20 %, щоб уникнути проблем зі штатним режимом роботи ДВЗ). Другий – забезпечення підігріву повітря на впуску до оптимальних значень температури і її стабілізацію при застосуванні спиртовмісного бензину (в залежності від концентрації спирту в суміші) в умовах низьких температур навколишнього повітря зокрема в режимах пуску холодного двигуна і прогріву [6].

Сучасні конструкції систем впуску ДВЗ шляхом застосування різних конструктивних рішень, в першу чергу, забезпечують низьку концентрацію шкідливих речовин у відпрацьованих газах і високі економічні показники в нормальних умовах експлуатації, зв яких відсутні будь-які фактори, що перешкоджають здійсненню функціональних або технологічних процесів. Як відомо, експлуатаційні характеристики ДВЗ в різних режимах його роботи залежать не тільки від вдосконалення конструкції систем двигуна, але і від умов експлуатації. Найбільший вплив на експлуатаційні характеристики ДВЗ чинять природно-кліматичні умови. Основною характеристикою природно-кліматичних умов, що істотно впливає на експлуатаційні властивості транспортного засобу, є температура навколишнього повітря. Температура навколишнього повітря є визначальним фактором у формуванні паливоповітряної суміші через вплив на температуру у впускному колекторі ДВЗ.

Утворення оптимального складу паливоповітряної суміші, швидкість і повнота її згорання при роботі двигуна в різних режимах, у тому числі за низьких і високих температур навколишнього повітря, в досить великій мірі залежить від фізико-хімічних властивостей застосовуваного палива, які визначаються низькою показників, у тому числі тиском насичених парів, яке характеризує випаровуваність палива, тобто швидкість переходу його з рідкої фази в газоподібну [7]. Для інтенсифікації випаровування палива в умовах низьких температур застосовуються різні методи, серед яких – попередній підігрів палива, підігрів впускного колектора, підігрів повітря на впуску, застосування пристрою для посилення турбулізації повітряного потоку та інші.

У зв'язку з цим використання спиртовмісного бензину вимагає розробки різних методів і пристроїв для забезпечення оптимальної температури повітря у впускному колекторі з метою забезпечення приготування оптимального складу паливоповітряної суміші і її кількості залежно від режимів роботи ДВЗ.

Враховуючи зазначені вимоги щодо утворення оптимального складу паливоповітряної суміші, мінімізації втручання в конструкцію двигуна та систем, що забезпечують його роботу, та сучасні технологічні рішення, що дозволяють в автоматичному режимі підтримувати оптимальну температуру повітря в обмеженому об'ємі впускного колектора, на кафедрі двигунів і теплотехніки запропонована термоелектрична система, що відповідає цим вимогам, а саме – забезпечує автоматичне підтримання оптимальної температури повітря у впускному колекторі ДВЗ на основі використання термоелектричного перетворювача, принцип дії якого ґрунтується на ефекті Пельтьє.

Найбільш значущими особливостями термоелектричних модулів – універсальність застосування (робота як в режимі нагріву, так і в режимі охолодження); досить висока швидкість нагріву (охолодження) при низькому енергоспоживанні; невеликі масогабаритні розміри та їх оптимізація під напругу живлення 12 В. Застосування термоелектричних модулів часто пропонує просте рішення складних технічних задач управління тепловою енергією і забезпечує суттєві переваги перед альтернативними технологіями.

Конструктивна схема запропонованої термоелектричної системи показана на рис. 1.

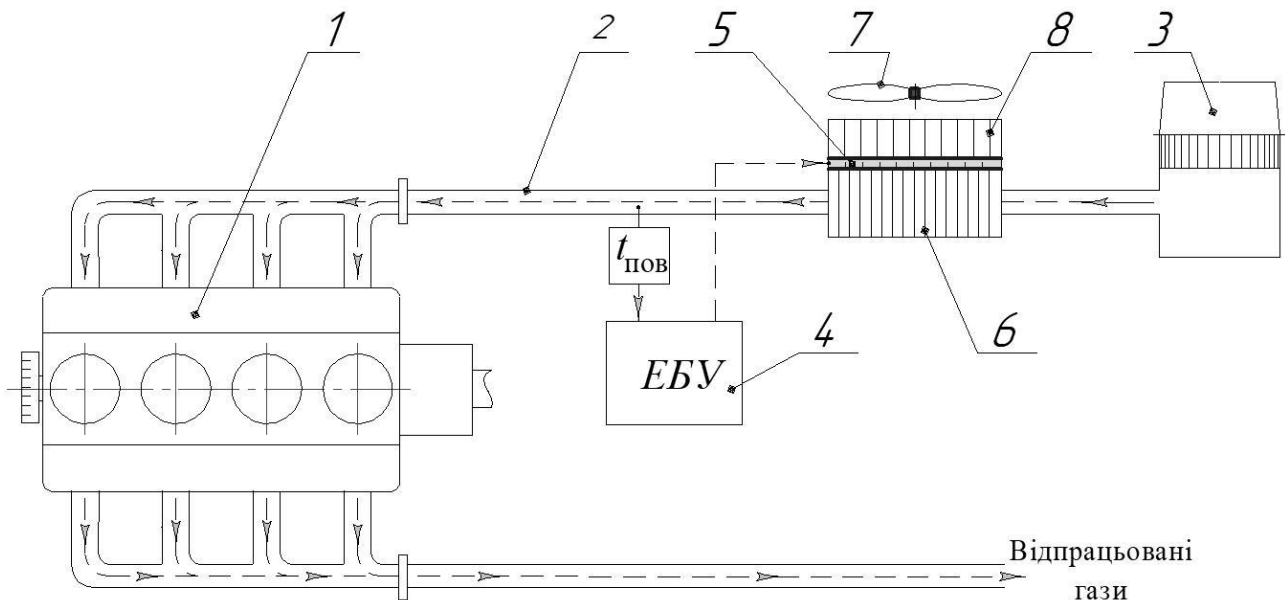


Рисунок 1 – Конструктивна схема запропонованої термоелектричної системи:
 1 – ДВЗ; 2 – впускний колектор; 3 – повітроочисник; 4 – електронний блок керування;
 5 – термоелектричний перетворювач; 6 – внутрішній (охолоджуючий) радіатор; 7 – вентилятор
 зовнішнього радіатора; 8 – зовнішній радіатор з датчиком температури; 9 – датчик температури
 повітря у впускному колекторі

Принцип функціонування запропонованої термоелектричної системи полягає в наступному: під час роботи двигуна на електронний блок управління надходить сигнал від датчика температури повітря у впускному колекторі. В залежності від рівня цього сигналу електронний блок керування, плавно змінюючи потужність струму на термоелектричному перетворювачі, забезпечує необхідну температуру внутрішнього (підігрівуючого) радіатора для підтримання оптимальної температури повітря у впускному колекторі.

На кафедрі двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету виготовлено експериментальний зразок запропонованого термоелектричного пристрою (рис. 2) і проведені його функціональні випробування з метою оцінки можливої ефективності запропонованого підходу до вирішення вищезазначеної задачі.

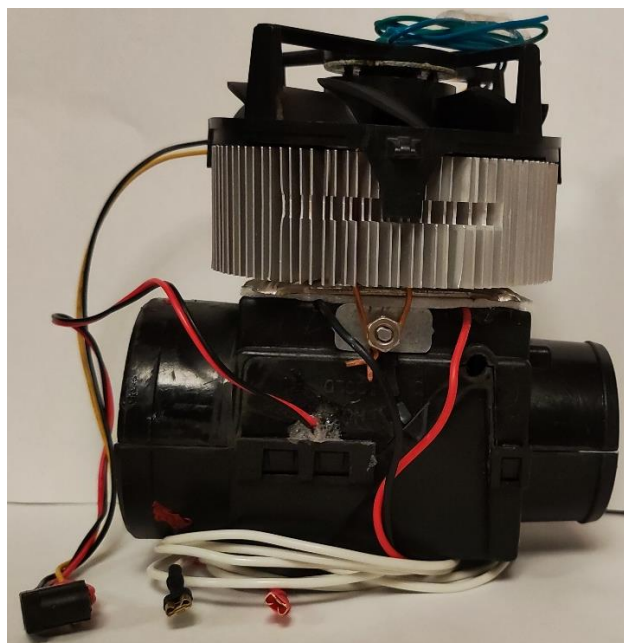


Рисунок 2 – Експериментальний зразок запропонованого термоелектричного пристрою

Функціональні випробування з забезпечення оптимальної температури повітря на

впуску двигуна в умовах низьких температур навколишнього повітря проведені в лабораторії випробувань двигунів Національного транспортного університету. За результатами першого етапу експериментальних випробувань підтверджена можливість застосування запропонованого авторами підходу до реалізації енергоефективних технологій на автомобільному транспорті. Використання термоелектричної системи, робота якої ґрунтується на ефекті Пельтьє, дозволяє забезпечити підвищення температури повітря у впускному колекторі.

В подальшому заплановано проведення розрахункових досліджень з метою визначення кількості термоелектричних модулів та необхідної площі повітряних теплорозсіюючих радіаторів термоелектричного модуля для забезпечення оптимальної температури повітря у впускному колекторі та експериментальних – з метою визначення ефективності використання запропонованої системи для поліпшення експлуатаційних характеристик ДВЗ при використанні спиртовмісного бензину (залежно від концентрації спирту в суміші) в умовах низьких температур навколишнього повітря, зокрема в режимах пуску холодного двигуна і прогріву

Висновки

1. Результати проведеного аналізу свідчать про актуальність та доцільність досліджень, спрямованих на створення та використання пристроїв, що забезпечують підтримання оптимальної температури повітря на впуску двигуна транспортного засобу при застосуванні спиртовмісного бензину зокрема в режимах пуску холодного двигуна та прогріву.

2. За результатами проведених досліджень запропонована термоелектрична система, що забезпечує стабілізацію оптимальної температури повітря в автоматичному режимі у впускному колекторі двигуна при експлуатації транспортного засобу в умовах низьких температур навколишнього повітря.

3. Виходячи з вимог до систем термостатування, таких як автоматичне підтримання в заданому об'ємі заданої температури з певною точністю незалежно від її зміни в навколишньому середовищі, невеликі масогабаритні розміри, короткий час виходу на режим функціонування, низьке енергоспоживання авторами запропоновано застосування термоелектричних перетворювачів, робота яких ґрунтується на ефекті Пельтьє.

4. Запропонований пристрій має компактний форм-фактор порівняно з іншими технологіями, є простим у реалізації та здатним забезпечувати необхідні конструктивно-експлуатаційні характеристики, є екологічно чистим та майже не вимагає технічного обслуговування.

5. За результатами функціональних випробувань робочого зразка, виготовленого на кафедрі двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету, підтверджена можливість застосування запропонованої термоелектричної системи для підвищення температури повітря у впускному колекторі в умовах низьких температур навколишнього повітря.

Список літератури

1. ЗАКОН УКРАЇНИ Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2019, № 16, ст. 70. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19>.

2. Erdiwansyah, Mamat, R., Sani, M. S. M., Sudhakar, K., Kadarohman, A., and Sardjono, R. E. An overview of Higher alcohol and biodiesel as alternative fuels in engines, *Energy Reports*, Volume 5, 2019, pp. 467-479, ISSN 2352-4847, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.04.009>.

3. Awad O.I., Mamat R., Ali O.M., Sidik N.A.C., Yusaf T., Kadirgama K., Kettner M. Alcohol and ether as alternative fuels in spark ignition engine: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 82, Part 3, 2018, pp. 2586-2605, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.074>.

4. Matějovský, L., Macák, J., Pospíšil, M., Staš, M., Baroš, P., & Krausová, A. Study of corrosion effects of oxidized ethanol–gasoline blends on metallic materials. *Energy & Fuels*, Volume 32 Part 4, 2018, pp. 5145-5156, <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.7b04034>.

5. Raja, A., Arasu, A. Exhaust gas treatment for reducing cold start emissions of a motorcycle

engine fuelled with gasoline-ethanol blends. *Journal of Energy in Southern Africa*. Volume 26, Part 2, pp. 84-93, 2015, ISSN 2413-3051, <http://doi.org/10.17159/2413-3051/2015/v26i2a2199>.

6. Гутаревич Ю.Ф. Вплив величини добавки спиртових сполук до бензина на показники роботи карбюраторного двигуна Науково-технічний збірник Ю.Ф. Гутаревич, Є.В. Шуба, Д.В. Овчинніков, Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки» Випуск 3 (42), 2018, с. 19-28.

7. Є. Полункін, Зубенко С., О. Гайдай, А. Струнгар, and О. Кузнєцова, “The influence of chemical composition on the saturated vapor pressure in biological motor fuels”, *Advances in aerospace technology*, vol. 42, no. 1, pp. 258–261, Jan. 2010.

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНИХ ТЕЛЕМАТИЧНИХ СИСТЕМ

Роман СИМОНЕНКО¹, д-р техн. наук, доц., Василь МАТЕЙЧИК², д-р техн. наук, проф.,
Kazimierz LEJDA³, dr hab. inż., prof.

¹ДП "ДержавтотрансНДІпроект" (Україна)

²Національний транспортний університет (Україна)

³Rzeszów University of Technology (Poland)

Ключові слова: колісний транспортний засіб, інфраструктура, телематичне забезпечення, експлуатаційна ефективність, енергоефективність, екологічність, система моніторингу

Вступ

Телематичні технології на автотранспорті служать для отримання й аналізу інформації про КТЗ в умовах інфраструктурного середовища з метою підвищення їх безпеки та експлуатаційної ефективності на основі управління технічним станом та режимами руху. Інтелектуальні телематичні системи, які реалізують різні рівні автономності руху, розглядаються як ключовий компонент розумних КТЗ. Вони поліпшують безпеку руху та техніко-експлуатаційні показники КТЗ, полегшують роботу оператора, зменшуючи його помилки. Щоб реалізувати всі переваги таких систем до дорожньої та телекомунікаційної інфраструктури, необхідне їх постійне під'єднання до мережі та реалізації комунікаційних технологій V2N, V2V, V2I, V2P. Високі техніко-експлуатаційні показники сучасних і перспективних КТЗ можуть бути досягнуті на основі безперервного розвитку телематичного забезпечення як самих КТЗ, так й інфраструктурного середовища.

Аналіз проведених досліджень вітчизняних та зарубіжних вчених засвідчив, що на сьогодні потрібні комплексні дослідження системи «КТЗ – Інфраструктура» (КТЗ-І), які з системних позицій дозволили б розробити наукові методи та інженерні методики оцінювання експлуатаційної ефективності КТЗ з сучасними енергоустановками за умови інтелектуального управління технічним станом та режимами руху в заданих умовах інфраструктурного середовища.

Підвищення ефективності експлуатації як існуючих КТЗ, так і КТЗ з новим рівнем розвитку, на основі інтелектуальних телематичних технологій є важливою науково-технічною проблемою, актуальність якої з кожним роком зростає.

Мета роботи

Метою роботи є аналіз методів оцінювання та способів підвищення ефективності експлуатації КТЗ з сучасними ЕУ на основі використання інтелектуальних телематичних технологій в системі КТЗ-І.

Виклад основного матеріалу дослідження

Існуючий рівень використання автомобільних транспортних засобів, високий рівень їх небезпеки, значний вплив на використання енергії та кліматичні зміни, тенденції вітчизняного і світового законодавства в сфері транспорту та змін клімату свідчать про актуальність проблеми підвищення безпечності, енергетичної та екологічної ефективності КТЗ.

Аналіз технічних нормативних документів у сфері експлуатації автомобільного транспорту показав, що вітчизняні регламенти встановлюють в основному вимоги до організації та здійснення ремонтно-обслуговуючих операцій щодо КТЗ в процесі їх експлуатації за принципом «підтримувати те, що є», а забезпечення експлуатаційної ефективності у цьому випадку можливе за умов добросовісного та якісного виконання технічного обслуговування і ремонту КТЗ.

Разом з тим, європейські технічні регламенти передбачають використання різних елементів інтелектуальних транспортних систем, що, окрім контролю різних параметрів експлуатації КТЗ, забезпечують підвищення окремих показників експлуатації КТЗ.

Розвиток комп'ютерних, інформаційних та телекомунікаційних технологій обумовлює використання на автомобільному транспорті інтелектуальних транспортних систем, які дозволяють реалізовувати сукупність взаємопов'язаних функцій з управління транспортними засобами та дорожнім рухом, надавати інформаційні послуги користувачам транспорту, підвищувати рівень їхньої безпеки. Основою використання інтелектуальних транспортних систем є геоінформаційні, навігаційні та бортові системи управління КТЗ, які дозволяють розглядати КТЗ як активний «розумний» елемент системи [1-2].

Серед методів оцінювання експлуатаційної ефективності КТЗ найбільш відомими є методи визначення середньої технічної швидкості і витрати палива. При цьому визначаються додатково: продуктивність перевезень пасажирів чи вантажів, енергоефективність та екологічність. Основним недоліком існуючих методів оцінювання експлуатаційної ефективності є їхня висока інерційність та неможливість враховувати дійсні поточні дорожні, транспортні та інфраструктурні умови для управління експлуатаційною ефективністю КТЗ.

Інфраструктурне середовище є невід'ємною складовою процесу ефективної експлуатації КТЗ. Для забезпечення ефективного моніторингу, контролю та управління потоками КТЗ інфраструктурне середовище повинно мати відповідний рівень інформаційного забезпечення, що дозволяє здійснювати поточне вимірювання параметрів руху КТЗ з боку інфраструктури. Однак, існуючі технології інформаційного забезпечення інфраструктурного середовища є роз'єднаними з системами, що застосовуються в складі бортових комплексів КТЗ. Це значно обмежує можливості обміну даними між обома елементами процесу експлуатації і не дозволяє повною мірою автоматизувати та інтелектуалізувати процеси управління експлуатаційною ефективністю КТЗ.

На сьогодні основними стратегічними напрямками підвищення експлуатаційної ефективності КТЗ є подальше поліпшення динамічних, паливно-економічних та екологічних властивостей існуючих і нових КТЗ у поєднанні з ефективним впровадженням інтелектуальних телематичних систем в конструкцію КТЗ та в інфраструктуру, де ці КТЗ експлуатуються.

Проаналізовано методи та алгоритми, що дозволяють формувати нові структури телематичного забезпечення КТЗ та інфраструктури, управляти технічним станом і режимами руху для досягнення цільових показників продуктивності, енергоефективності та екологічності КТЗ в експлуатаційних умовах.

Охарактеризовано загальну методологію оцінювання експлуатаційної ефективності КТЗ з сучасними енергоустановками, в основі якої лежать функціональні, інформаційні та математичні моделі системи КТЗ-I [3].

В цілому, інформаційну систему КТЗ-I визначено як комплексну систему, яка поєднує вирішення задач по моніторингу й управління КТЗ на різних її рівнях:

- телематичному (моніторинг, аналіз, прогнозування, діагностування, співставлення складових);

- аналітичному (перетворення вхідної енергії у механічну, передача механічної енергії до коліс КТЗ, перетворення обертального руху коліс у поступальний рух КТЗ, зміна режимів та напрямків руху відповідно до заданого закону руху в результаті взаємодії КТЗ із транспортною інфраструктурою).

Показано досвід використання методу систематизації телематичного забезпечення

системи КТЗ-І, який дозволяє аналізувати існуючі та формувати нові морфологічні структури систем, та визначати рівень розвитку телематичного забезпечення системи КТЗ-І та її функціональних елементів з урахуванням рівня розвитку варіантів реалізації основних морфологічних ознак телематичного забезпечення КТЗ та інфраструктури [4].

Висновки

Розвиток телематичних технологій на автомобільному транспорті створює нові можливості для підвищення ефективності експлуатації сучасних КТЗ. Поліпшення техніко-експлуатаційних показників КТЗ може бути досягнуто на основі безперервного розвитку телематичного забезпечення як самих КТЗ, так і інфраструктурного середовища.

Це потребує нових підходів, які з системних позицій дозволили б розробити наукові методи оцінювання та способи підвищення експлуатаційної ефективності КТЗ на основі використання інтелектуальних телематичних технологій.

Охарактеризовано загальну методологію оцінювання експлуатаційної ефективності КТЗ з сучасними енергоустановками, в основі якої лежать функціональні, інформаційні та математичні моделі системи КТЗ-І, що дозволяють формувати алгоритми управління технічним станом та режимами руху КТЗ для досягнення цільових показників безпеки, продуктивності, енергоефективності та екологічності КТЗ у визначених умовах інфраструктурного середовища.

Досвід застосування методу систематизації телематичного забезпечення системи КТЗ-І дозволив проаналізувати існуючі та сформувані нові морфологічні структури системи, які розглядаються як способи підвищення експлуатаційної ефективності КТЗ з удосконаленням телематичним забезпеченням основних функціональних елементів.

Список літератури

1. Information model of V2I system of the vehicle technical condition remote monitoring and control in operation conditions / I. Gritsuk, V. Volkov, V. Mateichyk, Y. Grytsuk, Y. Nikitchenko, D. Klets, M. Smieszek, Y. Volkov, R. Symonenko, A. Grytsuk. // SAE Technical Paper 2018-01-0024. – 2018. (doi:10.4271/2018-01-0024).
2. Особливості формування системи дистанційного визначення працездатності та безпеки експлуатації транспортних засобів / І.В. Грицук, В.П. Волков, І.В. Худяков, Р.В. Симоненко, М.В. Володарець // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. – 2019. – № 19. – Т 4. – С. 298-309.
3. Симоненко Р.В. Оцінювання рівня розвитку телематичного забезпечення системи «Колісні транспортні засоби – інфраструктура» / Р.В. Симоненко // Автошляховик України. – 2021. – № 1. – С. 22-30. (doi: 10.33868/0365-8392-2021-1-265-22-30).
4. Симоненко Р.В. Особливості функціональних можливостей і телематичного забезпечення системи «Колісні транспортні засоби – інфраструктура» / Р.В. Симоненко // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2020. – № 41. – С. 211-216. (doi: 10.31498/2225-6733.41.2020.226218).

IMPACT OF THE RESISTANCE FUNCTION ON ENERGY DEMAND AND VEHICLE EXHAUST EMISSIONS

Artur JAWORSKI¹, PhD

¹Rzeszow University of Technology (Poland)

Keywords: dyno load, energy demand, vehicles, emission

Introduction

The drive to equate emissions during laboratory tests on chassis dynamometers to results obtained during on-road driving [1, 6, 7, 12, 14, 16] is related to changes in testing procedures. These changes include the introduction of WLTC driving cycles, which replaced NEDC cycles, and

the introduction of RDE on-road emissions approval testing [9, 10, 13]. When testing on a chassis dynamometer, in addition to the driving cycle, it is very important to determine the dynamometer load, which affects the resistance to motion acting on the wheels of the test car [2, 3, 4, 5, 8, 11]. In the introduced WLTP testing procedure, a change in the methodology for determining dynamometer load according to the so-called alternative method was also adopted.

The purpose of the work

The article presents a comparison of the effects of traffic resistance on fuel consumption and emissions of selected pollutants in exhaust gases, in brake tests according to the NEDC cycle.

Alternative method according to the NEDC

The force of resistance to motion, which takes into account rolling resistance and air resistance, is expressed by the equation [9]:

$$F_c = a + b \cdot V^2, \quad (1)$$

where V – driving speed [km/h]; a and b – coefficients depending on the reference mass of the car expressed as kerb weight + 100 kg.

In addition, depending on the value of the reference mass, the so-called equivalent inertia is determined, which affects the values of inertial resistance.

Alternative method according to WLTP

The force of resistance to motion, which takes into account rolling and air resistance, is expressed by the equation [10, 13]:

$$F_c = f_0 + f_1 \cdot V + f_2 \cdot V^2, \quad (2)$$

where V – vehicle speed [km/h]; f_0 – coefficient depending on the test weight, determined from the equation:

$$f_0 = 0.014 \cdot TM;$$

$f_1 = 0$; f_2 – coefficient calculated from the equation:

$$f_2 = 2.8 \cdot 10^{-6} \cdot TM + 0.017 \cdot W \cdot H, \quad (3)$$

where TM – test mass [kg]; W – vehicle width [m]; H – vehicle height [m].

The value of the test mass (TM) was determined as the sum of the actual vehicle mass, a mass representative of the vehicle load and a constant mass of 25 kg, according to equation:

$$TM = m_{ro} + 25 + \varphi \cdot m_{vl} = m_{ro} + 25 + 0.15 \cdot (m_l - m_{ro} - m_o - 25), \quad (4)$$

where m_{ro} – mass in running order (kg); m_o – mass of optional equipment (kg); m_{vl} – maximum vehicle load (kg); m_l – technically permissible maximum laden mass (kg); φ – the percentage of the vehicle load included in the definition of the test mass, equal to 15% for M1 category vehicles (passenger cars).

Values of coefficients of traffic resistance functions for the tested vehicle are presented in Table 1. Figure 1 illustrates the dependence of force F_c for the analysed methods as a function of travel speed.

Table 1 – Coefficients of resistance and equivalent inertia

Parameter	NEDC Alternative	WLTP Alternative
f_0 (N)/(a)	6.8	178.4
f_1 (N/(km/h))	0	0
f_2 (N/(km/h) ²)/(b)	0.046	0.0471
Equivalent inertia (kg)/TM (kg)	1250	1274

Table 2 – Technical data of the tested vehicle

Parameter	Data
Year of production	2020
Emission standard	Euro 6 d
Engine capacity (cm ³)	1497
Compression ratio	13:1
Engine working principle	Spark ignition/ 4 stroke
Fuel type	Petrol
Maximum net power (kW) / at (rpm)	54/4800
Maximum engine torque (Nm)/at (rpm)	111/3600–4400
Odometer (km × 1000)	3,2
Transmission type	Automatic
Fuel system (petrol)	Multi-point indirect injection
Aftertreatment system	TWC
Kerb weight (kg)	1123

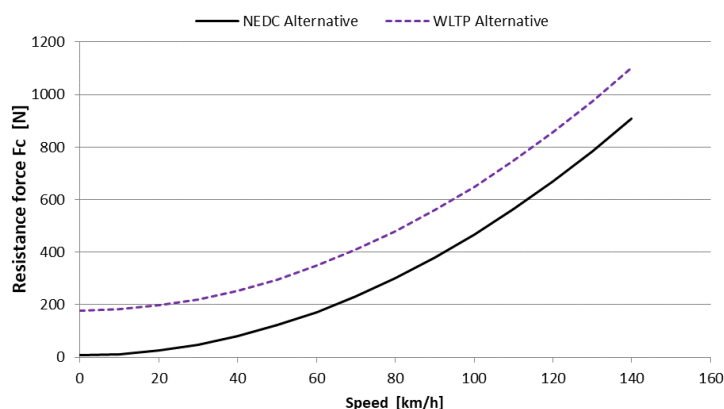


Figure 1 – Dependence of resistance force on vehicle speed for the analysed methods

Research Results

The tests were carried out on a test stand at the Center for Automotive Ecology at Rzeszow University of Technology. The tests were conducted for the NEDC cycle at $20 \pm 1^\circ\text{C}$. The tests were implemented from a hot start. The test results are illustrated in Figures 2 and 3.

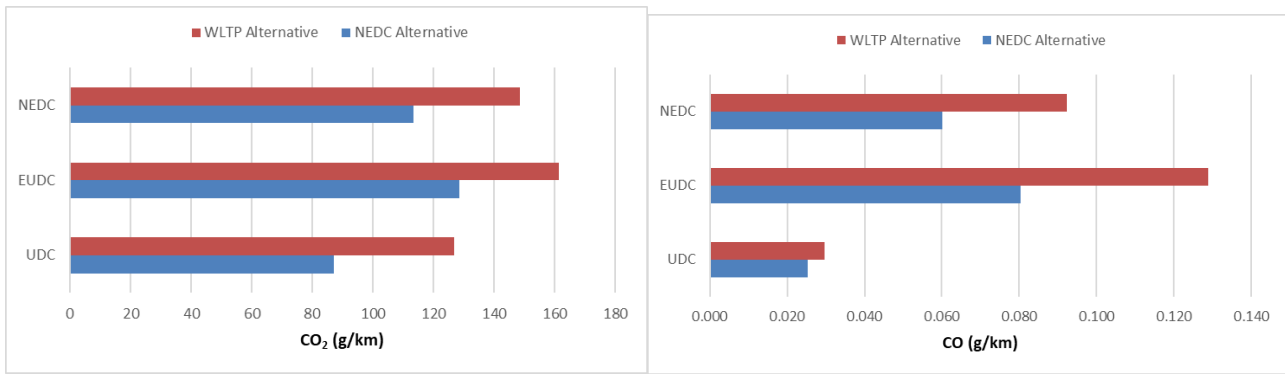


Figure 2 – CO and CO₂ emissions in the NEDC cycle for the analyzed traffic resistance functions

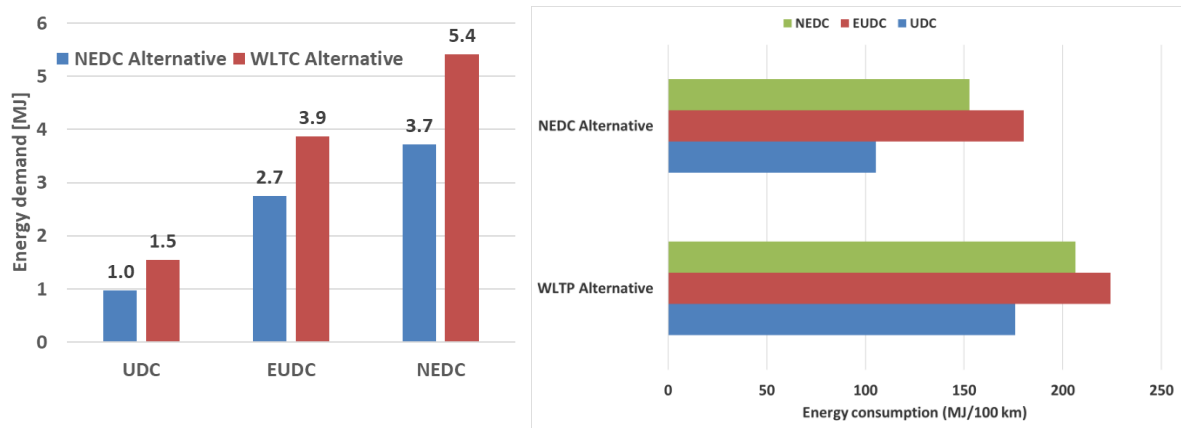


Figure 3 – Energy demand and energy consumption in the NEDC cycle for the analyzed resistance functions

As can be seen from the graphs, research for the traffic resistance function according to the new WLTP procedure, results in higher energy demand, as well as higher CO and CO₂ emissions.

Conclusions

Based on the analysis, the following conclusions can be drawn:

1. The change in test procedure from NEDC to WLTP, includes a significant increase in the value of the traffic resistance function representing the dynamometer load.
2. The alternative method of determining the drag function according to the WLTP procedure brings the results of bench tests of emissions and energy consumption closer to the values obtained in road tests.
3. For the test car, the emission values of the analyzed gaseous exhaust pollutants were higher for the drag functions expressed according to the WLTP Alternative procedure than for the NEDC Alternative, respectively: about 31 % for CO₂, about 54 % for CO.
4. The car's energy demand for resistance according to the WLTP procedure was about 45 % higher for the NEDC cycle, compared to the energy demand values for resistance according to the NEDC alternative method. Energy consumption, on the other hand, was about 35 % higher.

List of references

1. Fontaras, G.; Zacharof, N.-G.; and Ciuffo, B. "Fuel consumption and CO₂ emissions from passenger cars in Europe - Laboratory versus real-world emissions", *Progress in Energy and Combustion Science* 60 2017; DOI:10.1016/j.pecs.2016.12.004.
2. Jaworski, A.; Mądziel M.; Kuszewski, H.; Lejda, K.; Balawender, K.; Jaremcio, M.; Jakubowski, M.; Woś, P.; Lew, K. "The Impact of Driving Resistances on the Emission of Exhaust Pollutants from Vehicles with the Spark Ignition Engine Fuelled by Petrol and LPG" *SAE Technical Paper* 2020, No. 2020-01-2206; DOI:10.4271/2020-01-2206.
3. Jaworski, A.; Kuszewski, H.; Ustrzycki, A.; Balawender, K. "Analysis of the repeatability of exhaust pollutants emission research for cold and hot starts under controlled driving cycle conditions", *Environmental Science and Pollution Research* 2018, 25:17862-17877; DOI:10.1007/s11356-018-1983-5.

4. Jaworski A., Mądziel M., Lew K., Campisi T., Woś P., Kuszewski H., Wojewoda P., Ustrzycki A., Balawender K., Jakubowski M.: Evaluation of the Effect of Chassis Dynamometer Load Setting on CO₂ Emissions and Energy Demand of a Full Hybrid Vehicle. *ENERGIES*, Vol. 15, Issue: 1, 2022. DOI: 10.3390/en15010122.
5. Jaworski A, Lejda K, Bilski M. “Effect of driving resistances on energy demand and exhaust emission in motor vehicles. *Combustion Engines*”, 2022; 189(2):60-67. doi:10.19206/CE-142949.
6. Merkisz, J.; Pielecha, J.; Bielaczyc, P.; Woodburn, J.; Szalek, A. A “Comparison of Tailpipe Gaseous Emissions from the RDE and WLTP Test Procedures on a Hybrid Passenger Car”, *SAE Technical Papers*; SAE: Warrendale, PA, USA, 2020, 2020-01-2217; DOI:10.4271/2020-01-2217.
7. Tietge, U.; Zacharof, N.; Mock, P.; Franco, V.; German, J.; Bandivadekar, A.; Ligterink, N.; Lambrecht, U. “From laboratory to road—a 2015 update of official and “real-world” fuel consumption and CO₂ values for passenger cars in Europe”, *Int. Counc. Clean Transp.* 2015, 49, 847129-102.
8. Kadijk, G.; Ligterink, N. “Road load determination of passenger cars”, 2012, Accessed: 3 September 2022. Available at: https://www.tno.nl/media/1971/road_load_determination_passenger_cars_tno_r10237.pdf.
9. Regulation No 83 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE) – Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the emission of pollutants according to engine fuel requirements; [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:42012X0215\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:42012X0215(01)&from=EN).
10. Commission regulation (EU) 2017/1151; Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R1151&from=PL> (access date: 2.10.2021).
11. Kühlwein, J. “The impact of official versus real-world road loads on CO₂ emissions and fuel consumption of european passenger cars”, *The International Council On A Clean Transportation. White paper.* 2016, Available at: https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_Coastdowns-EU_201605.pdf (access date: 12.04.2019).
12. Georgios, F.; et al. “The difference between reported and real-world CO₂ emissions: How much improvement can be expected by WLTP introduction?”, *Transportation Research Procedia* 2017, 25, 3933–3943; DOI:10.1016/j.trpro.2017.05.333.
13. Regulation No 101 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE) – Uniform provisions concerning the approval of passenger cars equipped with an internal combustion engine with regard to the measurement of the emission of carbon dioxide and fuel consumption and of categories M1 and N1 vehicles equipped with an electric power train with regard to the measurement of electric energy consumption and range <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/12faf0c9-6266-4af2-97e4-6a67b5fbaf44> (access date: 2.11.2020).
14. Lijewski, P; Ziolkowski, A; Daszkiewicz, P; Andrzejewski, M; Gallas, D. “Comparison of CO₂ emissions and fuel consumption of a hybrid vehicle and a vehicle with a direct gasoline injection engine”, *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering* **2018**, Volume 421; DOI:10.1088/1757-899X/421/4/042046.
15. Skobiej, K.; Pielecha, J. “Plug-in Hybrid Ecological Category in Real Driving Emissions”, *Energies* 2021, 14(8), 2340; DOI:10.3390/en14082340.

ОСОБЛИВОСТІ РУХУ ЕЛАСТИЧНОГО КОЛЕСА ПО КРИВОЛІНІЙНІЙ ТА ПРЯМОЛІНІЙНІЙ ТРАЄКТОРІЇ З ВІДВЕДЕННЯМ

Анатолій СОЛТУС¹, д-р. техн. наук, проф., Людмила ТАРАНДУШКА¹, д-р. техн. наук, доц.,
Едуард КЛІМОВ², канд. техн. наук, доц., Сергій ЧЕРНЕНКО², канд. техн. наук, доц.

¹Черкаський державний технологічний університет (Україна)

²Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (Україна)

Ключові слова: еластичне колесо, кривизна траєкторії, бічне зміщення та закручування диску, кут відведення

Вступ

Визначення особливостей руху еластичного колеса як по криволінійній, так і по прямолінійній траєкторії з відведенням необхідне при створенні математичної моделі еластичного колеса.

Дослідженню руху еластичного колеса по криволінійній та прямолінійній траєкторії з відведенням присвячені роботи вітчизняних та зарубіжних учених [1–6], серед яких, на наш погляд, заслуговують на увагу роботи М.В. Келдиша [1] та В.І. Кнороза [2].

У роботі [1] автор, розглядаючи зв'язок між пружними характеристиками нерухомого еластичного колеса та шиммі керованого колеса триколісного шасі літака, пропонує кривизну траєкторії руху колеса визначати, з врахуванням деформації нерухомого пневматика та відсутності ковзання в контактній шині з опорною, за виразом:

$$\frac{1}{R} = \alpha\lambda - \beta\varphi - \gamma\chi, \quad (1)$$

де R – радіус траєкторії руху центра контактної відбитка колеса; λ – бічна деформація шини; φ – кутова деформація шини; χ – кут розвалу; α, β, γ – коефіцієнти, які автор рекомендує визначати експериментально.

Досліджуючи вплив кута розвалу на кінематику та динаміку еластичного колеса при русі по колу та прямолінійного, у роботі [2] автор приходить до висновку, що визначити коефіцієнти α, β, γ та бічне зміщення λ у рівнянні (1), за наведеною у роботі [1] методикою, неможливо. Водночас автор зазначає, що під час руху по колу «кутова деформація шини під час переміщення колеса на півдовжину контакту досягає свого максимуму».

Мета роботи

Визначитись з особливостями руху еластичного колеса по криволінійній траєкторії і прямолінійній з відведенням та з коефіцієнтами α, β у рівнянні (1) кривизни траєкторії руху еластичного колеса.

Виклад основного матеріалу дослідження

Розглянемо рух еластичного колеса, завантаженого нормальною силою, у веденому режимі на горизонтальній опорній поверхні з високим коефіцієнтом зчеплення по криволінійній траєкторії та прямолінійній з відведенням. При цьому приймемо наступні припущення: коефіцієнт зчеплення та сили зчеплення в кожній точці контактної відбитка шини однакові; відбиток шини має форму прямокутника, рівновеликого контактному відбитку; ковзання у контактному відбитку шини відсутнє; залежність між бічною силою та кутом відведення – лінійна; сили опору коченню не враховуються; нахил колеса до дороги (кут розвалу χ) відсутній.

Еластичне колесо будемо розглядати як цілісний механізм, в якому вхідною ланкою є жорсткий диск, до якого підводяться кінематичні і динамічні параметри від трансмісії, гальмівної системи, остова автомобіля, кермового керування, а вихідною – контактний відбиток шини, який одночасно належить колесу та опорній поверхні. Між цими ланками знаходиться еластичне тіло шини (пневматик), проходячи через якого вхідні параметри замикаються у контактній шині з опорною поверхнею, забезпечуючи виникнення відповідних реакцій.

Враховуючи цю особливість цілісного механізму та наявність зчеплення у контактній шині, під час руху еластичного колеса по криволінійній траєкторії жорсткий диск буде

одночасно повертатись та зміщуватись вбік відносно точок контактного відбитка, які знаходяться у стані зчеплення з опорною поверхнею [1-6].

У цьому випадку контактний відбиток шини, як частина цілісного механізму, буде водночас переміщатись у площині опорної поверхні, рухаючись відносно центра траєкторії руху колеса, та повертатись відносно центра відносного повороту контактної відбитка [5].

Щодо положення центра відносного повороту контактної відбитку, то він знаходиться у межах контактної відбитка, а у міру збільшення радіуса кривизни зміщується до краю відбитка. Нами прийнято, що цей центр знаходиться на стороні відбитка. Водночас траєкторію криволінійного руху колеса будемо визначати за траєкторію криволінійного руху цього центру.

Згідно з [2] відносний поворот жорсткого диска та його бічне зміщення відносно контактної відбитка шини відбувається за час проходження еластичним колесом шляху, що дорівнює половині довжини поздовжньої осі контактної відбитка шини. Враховуючи це, поворот диска та його бічне зміщення будемо визначати за взаємними положенням контактної відбитка до та після його відносного повороту.

На рис. 1 наведено розрахункову схему для визначення кута відносного повороту контактної відбитка шини та його бічного зміщення відносно диска колеса під час руху еластичного колеса по криволінійній траєкторії. Згідно з рис. 1, точка O є центром траєкторії руху колеса, точка A є центром відносного повороту контактної відбитка в вихідному положенні, точка A_1 – після відносного повороту, R – радіус траєкторії руху колеса, точки A , що є центром відносного руху, θ_R – кут між двома положеннями контактної відбитка, який є кутом повороту диска. Він також є кутом закручування тіла шини між диском і контактним відбитком. Величина $\Delta R = A_1B$ – зміщення диска еластичного колеса у бічному напрямку.

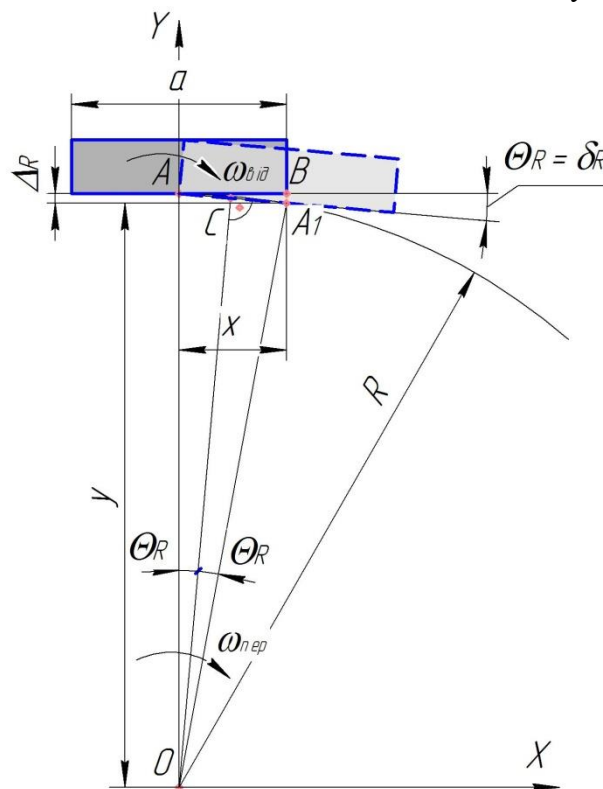


Рисунок 1 – Розрахункова схема руху еластичного колеса по криволінійній траєкторії радіусом R

Величину кута θ_R можна визначити з аналізу ΔAOC за виразом:

$$\theta_R = \frac{a}{4R}, \quad (2)$$

де a – поздовжня вісь контактної відбитка шини.

Величину зміщення ΔR визначимо з аналізу ΔA_1AB так:

$$\Delta_R = \frac{a}{2} \theta_R. \quad (3)$$

Внаслідок повороту диска відносно контактної відбитки виникне момент опору повороту диска M_θ відносно вертикальної осі, що проходить через центр відносного повороту відбитки, точку A , який визначимо так:

$$M_\theta = C_\theta \theta_R, \quad (4)$$

де C_θ – кутова жорсткість шини відносно вертикальної осі, що проходить через центр відносного повороту контактної відбитки, Н·м/рад; θ_R – кут відносного повороту відбитки, рад.

Бічне зміщення диска на величину Δ_R зумовить кочення колеса з кутом відведення $\delta_R = \theta_R$ та спричинить виникнення бічної сили P_δ , яку з урахуванням прийнятих припущень визначимо за виразом:

$$P_\delta = K_\delta \delta_R, \quad (5)$$

де δ_R – кут відведення, який зумовлений бічним зміщенням диска при русі колеса по криволінійній траєкторії радіусом R , рад. Цей кут відведення прийнято називати «кінематичним»; K_δ – коефіцієнт бічного відведення, Н/рад.

Таким чином, для забезпечення руху еластичного колеса по криволінійній траєкторії необхідно до диска колеса підвести момент відносно вертикальної осі, що проходить через центр відносного повороту контактної відбитки, який спричинить поворот диска відносно точок контактної відбитки, та бічну силу, яка спричинить бічне зміщення диска. Водночас бічне зміщення диска колеса Δ_R відносно контактної відбитки шини може бути тільки під час кочення колеса з кутом відведення δ_R , який дорівнює куту закручування тіла шини θ_R .

Енергія, яку необхідно підвести до еластичного колеса для забезпечення руху по криволінійній траєкторії, складатиметься з енергії A_θ для забезпечення відносного повороту диска на кут θ_R , яка з урахуванням залежності (2) та (4) визначиться за виразом:

$$A_\theta = M_\theta \theta_R = C_\theta \theta_R^2, \quad (6)$$

та енергії A_Δ на бічне зміщення диска, яка з урахуванням залежностей (3) та (5) визначиться так:

$$A_\Delta = P_\delta \Delta_R = K_\delta \frac{a}{2} \delta_R^2. \quad (7)$$

Нами висунута гіпотеза, що підведена до еластичного колеса енергія для забезпечення його криволінійного руху розподіляється в тілі шини порівну на відносний поворот диска та його бічне зміщення. Для отримання умови, за якої рівномірний розподіл енергії стане можливим, прирівняємо залежності (6) та (7) при $\theta_R = \delta_R$, в результаті чого одержимо вираз:

$$K_\delta = \frac{2C_\theta}{a}. \quad (8)$$

Отже, енергія, підведена до еластичного колеса для забезпечення його руху по криволінійній траєкторії буде розподілятися порівну на поворот диска та його бічне зміщення відносно точок контактної відбитки за умови рівності коефіцієнта бічного відведення K_δ відношенню кутової жорсткості шини C_θ відносно вертикальної осі до половини поздовжньої осі контактної відбитки $a/2$.

Достовірність висунутої гіпотези було підтверджено при порівнянні значень коефіцієнта бічного відведення K_δ , розрахованих за виразом (8), та експериментальних його значень, наведених у роботі [6] для шини 9.00-20P мод. И-Н142П з постійним навантаженням 21500 Н та тиском повітря в шині 0,47; 0,6 та 0,7 МПа. Різниця не перевищувала 6 %.

Визначимо кривизну траєкторії криволінійного руху еластичного колеса (рис. 1). Для

цього приймемо систему координат OXY з центром у точці O . У прийнятій системі координата X центра відносного повороту контактної відбитка, точки A_1 , після проходження центром колеса половини поздовжньої осі відбитка запишеться так:

$$X = R \sin 2\theta_R. \quad (9)$$

З розгляду $\triangle AA_1B$ цю координату можна записати виразом:

$$X = \frac{a}{2} \cos \theta_R. \quad (10)$$

Прирівнявши вирази (9) та (10) та враховуючи, що за малих кутів $\sin \theta_R \approx \theta_R$, після елементарних перетворень отримаємо вираз для визначення кривизни траєкторії руху колеса в функції кута повороту диска:

$$\frac{1}{R} = \frac{4}{a} \theta_R. \quad (11)$$

Згідно з залежностями (3) та (11) кривизна траєкторії руху колеса як функції бічного зміщення диска визначиться так:

$$\frac{1}{R} = \frac{8}{a^2} \Delta_R. \quad (12)$$

Після додавання правих і лівих частин рівнянь (11) та (12) та елементарних перетворень кривизна траєкторії визначиться за виразом:

$$\frac{1}{R} = \frac{2}{a} \theta_R + \frac{4}{a^2} \Delta_R. \quad (13)$$

Співставлення виразів (1) та (13) дозволяють визначити коефіцієнти α та β у рівнянні (1) для визначення кривизни траєкторії руху еластичного колеса за відсутності нахилу до дороги:

$$\alpha = \frac{2}{a}, \quad (14)$$

$$\beta = \frac{4}{a^2}. \quad (15)$$

Розглянемо прямолінійний рух еластичного колеса з кутом відведення δ . В даному випадку рух еластичного колеса є плоскопаралельним переміщенням диска з одночасним обертанням відносно осі цапфи. Враховуючи, що точки контактної відбитка знаходяться в стані зчеплення з опорною поверхнею, рух еластичного колеса з кутом відведення спричинить бічне зміщення диска колеса відносно контактної відбитка. Зміщення диска буде відбуватись за час оновлення точок контактної відбитка, під яким будемо розуміти час з моменту входу точки шини в контакт з опорною поверхнею до моменту її виходу з контакту. Очевидно, що за цей час еластичне колесо пройде шлях, який дорівнює поздовжній осі контактної відбитка. Величину бічного зміщення визначимо, скориставшись рис. 2.

На рис. 2 наведено еластичне колесо, яке під час прямолінійного руху з відведенням у напрямку швидкості V пройшло з положення 1 до положення 2 відстань, що дорівнює поздовжній осі контактної відбитка шини a . У положенні 1 точка A знаходиться в момент входу тіла шини в контакт з опорною поверхнею. У положенні 2 точка A знаходиться в моменту виходу з контакту з опорною поверхнею після проходження колесом відстані a , а точка A_1 – в момент входу еластичного колеса у контакт шини з опорною поверхнею. Вочевидь, відрізок $AA_1 = a$.

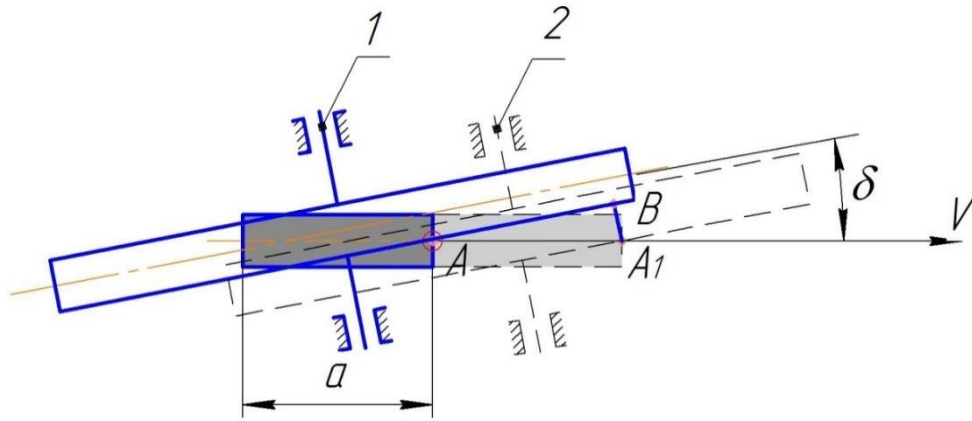


Рисунок 2 – Прямолінійний рух колеса з відведенням

Бічне зміщення диска відносно точки A_1 , яка належить одночасно шині та опорній поверхні, на відстань A_1B визначимо з $\triangle ABA_1$ за виразом:

$$\Delta = AA_1 \sin \delta = a\delta, \quad (16)$$

Витрати енергії на бічне зміщення диска колеса на величину Δ під час проходження шляху AA_1 при прямолінійному русі колеса з кутом відведення δ визначаються за формулою:

$$A = P_\delta \Delta = 2C_\theta \delta^2, \quad (17)$$

де A – енергія, витрачена на бічне зміщення диска під час кочення колеса з відведенням, Н·м; P_δ – бічна сила, що виникає під час кочення колеса з відведенням, Н.

Із наведеного випливає, що під час прямолінійного руху колеса з відведенням диск колеса зміщується у бічному напрямку відносно контактної відбитки за час проходження колесом шляху, що дорівнює поздовжній осі контактної відбитки. Це бічне зміщення спричиняє виникнення бічної сили, точка прикладання якої у загальному випадку не співпадає з геометричним центром відбитки шини. Таке зміщення відносно геометричного центра контактної відбитки зумовлює появу стабілізуючого моменту шини відносно вертикальної осі, що проходить через центр контактної відбитки шини.

Підсумовуючи викладене, зауважимо, що явища, які відбуваються у тілі шини під час кочення колеса по криволінійній траєкторії та під час прямолінійного руху з відведенням, без урахування прийнятих припущень потребують уточнення, зокрема необхідно враховувати наявність ковзання у контакті колеса з опорною поверхнею, кут розвалу та реальну форму контактної відбитки.

Висновки

1. Еластичне колесо необхідно розглядати як цілісний механізм, що включає жорсткий диск, еластичне тіло шини та контактний відбиток шини, під час кочення якого по криволінійній траєкторії виникає одночасно поворот диска та його бічне зміщення відносно контактної відбитки шини. Поворот диска відносно відбитка шини спричиняє закручування тіла шини між жорстким диском і контактним відбитком, а бічне зміщення зумовлює кочення колеса з кутом відведення. Водночас установлено, що кут закручування тіла шини за абсолютною величиною дорівнює куту відведення, а їхні значення залежать від кривизни траєкторії руху, поздовжньої осі контактної відбитки шини та наявності зчеплення у ньому.

2. Отримано залежності (14), (15) для визначення коефіцієнтів α та β у рівнянні (1), які залежать від поздовжньої осі контактної відбитки шини та наявності зчеплення у ньому.

3. Під час руху еластичного колеса по прямолінійній траєкторії з відведенням виникає тільки бічне зміщення диска відносно контактної відбитки, яке супроводжується виникненням бічної сили, прикладеної у центрі контактної відбитки, та стабілізуючого моменту шини відносно вертикальної осі, що проходить через геометричний центр контактної відбитки. Бічне зміщення диска відносно контактної відбитки шини відбувається за час проходження еластичним колесом шляху, що дорівнює поздовжній осі контактної відбитки.

Список літератури

1. М. В. Келдиш, «Шимми переднего колеса трехколесного шасси», *Труды ЦАГИ. Изд. Бюро новой техники НКВД*, № 564, С. 1–34, 1945.
2. В. И. Кнороз, «Качение автомобильного колеса с наклоном к дороге», *Автомобильная и тракторная промышленность*, № 9, С. 24–32, 1956.
3. Н. Рачежа, *Tire and vehicle dynamics*. Elsevier, 2005.
4. R. Smiley and W. Horne, «Mechanical properties of pneumatic tires with special reference to modern aircraft tires», *NACA*, TN 4110, p. 1–166, 1958.
5. А. П. Солтус та Е. С. Клімов, «Дослідження особливостей кінематики відбитка шини керованого колеса при повороті на місці з розблокованим приводом», *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*, № 1/2011 (66), част. 1, С. 75–79, 2011.
6. А. П. Солтус, «Основы теории рабочего процесса и расчета управляющих колесных модулей», дис. ... докт. техн. наук, Український транспортний ун-т, Київ, 1994.

ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ В ЕНЕРГЕТИЦІ І НА ТРАНСПОРТІ УКРАЇНИ

Анатолій ЛІСОВАЛ¹, д-р техн. наук, проф., Михайло ГУМЕНЧУК¹, канд. техн. наук, доц.,
В'ячеслав ГРИГОРЕНКО¹, студент

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: двигун внутрішнього згорання, газовий поршневий двигун, біометан, парникові гази, регулювання складу газового палива

Вступ

Парникові гази (ПГ) визнано основною причиною зміни клімату на планеті, і для боротьби з цим явищем необхідно скорочувати викиди цих газів. Інтенсивне скорочення викидів ПГ штучного походження у галузях економіки направлене на стримування глобального потепління в межах двох градусів порівняно з доіндустріальним рівнем. В першу чергу, це стосується декарбонізації технологічних процесів в таких галузях: енергетика, хімічна та металургійна промисловості, транспорт.

Більшість країн почали декарбонізацію з поступового переходу від викопного палива до відновлювальних джерел в електроенергетиці, а далі мають намір поширювати цю стратегію на інші галузі економіки. Але викопне паливо ще досить широко використовується в Центральній і Східній Європі для опалення будівель. На даний час отримані безпосередньо від відновлювальних джерел електричний струм і тепло не можуть бути самостійно використані на транспорті, в ЖКГ, в енергоємних виробництвах хімічної та металургійної промисловості.

У 2020 р. стратегічний курс ЄС на декарбонізацію і відповідно зменшення викидів ПГ штучного походження було закріплено законодавчо в Регламенті «зеленої» класифікації або таксономії (Green Deal). Декарбонізація і надходження відповідних фінансів для цього зможуть модернізувати технологічні процеси промислових галузей і забезпечити екологічно безпечний розвиток економіки в цілому з усталеними темпами.

У Регламенті «зеленої» таксономії, на обмежений у часі перехідний період, була визнана чистою електроенергія, вироблена з ядерного палива і природного газу в існуючому вигляді. До цього рішення підштовхнула енергетична криза, штучно створена «Газпромом».

Мета роботи

На підставі світових тенденцій, законодавчих стимулів для кліматично безпечного розвитку галузей економіки обґрунтувати місце біогазу як сировини і моторного палива в декарбонізації енергетики і транспорту України.

Аналіз міжнародного досвіду країн ЄС

Відповідно до методології Регламенту «зеленої» класифікації в економіці ЄС взято

курс на екологічно безпечну діяльність тобто на

- всеохоплююче запобігання забрудненню та постійний моніторинг стану довкілля;
- пом'якшення вже існуючих наслідків від зміни клімату;
- адаптацію до процесів зміни клімату;
- екологічно безпечне раціональне використання та захист водних ресурсів;
- перехід до циркуляційних енергетичних і технологічних процесів у взаємозалежних галузях;

– забезпечення захисту і відновлення біологічного різноманіття та екосистем загалом.

Кінцева мета «зеленої» класифікації – законодавчо закріпити критерії оцінки екологічно безпечних і перспективних джерел енергії, проектів та підприємств економічної діяльності, технологій і відповідно їх теж маркувати на суто «зелені», на тимчасово «зелені» або шкідливі для клімату. Таке маркування є дороговказ для управлінських структур ЄС у пріоритетності фінансування та нормативного стимулювання, що забезпечить процес декарбонізації і перехід економіки до розвитку з прогнозованими ustalеними темпами.

В економіці з ustalеними темпами розвитку відповідно ступеню екологічного впливу на довкілля є місце для таких видів діяльності: з суттєвим внеском у захист оточуючого середовища, з опосередкованим допоміжним впливом на взаємозалежні види діяльності, з позитивним впливом на час перехідного періоду.

Саме до останнього виду діяльності належить тимчасове «зелене» маркування газових теплових електростанцій. На цих електростанціях вводять певні умови та обмеження – це обов'язкове застосування когенераційних технологій та нормування викидів CO₂ в атмосферне повітря 100-270 г/(кВт·год).

Регламент «зеленої» класифікації дозволяє вкладати кошти в пріоритетні проекти і технології за межами ЄС. Це важливо для України, яка очікує у післявоєнний час зовнішнього фінансування у будівництві нових блоків атомних станцій, у відновлення та модернізацію електростанцій і газової транспортної мережі, у енергозберігаючі технології в ЖКГ.

За даними Укрінформу центральне місце у плані післявоєнного відновлення займає енергонезалежність України. Аналіз літературних джерел довоєнного періоду підтвердив курс української економіки на використання енергоефективних технологій і декарбонізацію. Останнє задекларовано досягти поступовим заміщенням викопного палива електрифікацією транспорту і промисловості.

Перехід від біогазу до біометану

Виробництво біогазу здійснюється у спеціальних хімічних реакторах або на обладнаних сміттєвих полігонах у процесі метанового бродіння органічних відходів під дією бактерій. Продуктивність і життя цих бактерій можливе лише у вузькому діапазоні плюсових температур. Для стабільної кількості виходу якісного біогазу в спеціальних хімічних реакторах автоматизовані процеси підтримання температури життєдіяльності бактерій. Фізико-хімічний склад біогазу залежить від базової органічної сировини і відповідно калорійність палива буде різною. Прийнято вважати, що біогаз – це низькокалорійне паливо, до складу якого входять такі компоненти: 50-80 % метану, 25-50 % вуглекислого газу, 1-5 % водню і 0,3-3 % азоту.

Далі біогаз проходить попереднє очищення, в першу чергу, від хімічних з'єднань сірки і може бути застосований в когенераційних або в транспортних силових установках. Біогаз при певній концентрації горючої (метанової) складової можна використовувати як самостійне моторне паливо, або як добавку до природного газу. У останньому випадку буде збережено номінальну потужність енергетичних силових установок.

За даними Інституту газу НАН України потенціал України у виробленні біогазу в межах 2,5-7,8 млрд м³ за рік.

Сумарна електрична потужність 68 існуючих на кінець 2021 р. біогазових станцій становила 105 МВт. П'ятдесят станцій працювали за «зеленим» тарифом і за рік продали 103,364 МВт електроенергії. На перший погляд, це в 11 разів менше за електричні потужності вітрових і в 52 разів менше за потужності промислових сонячних українських

електростанцій за той же 2020 р. На користь біогазових станцій відзначимо, що вони можуть працювати незалежно від швидкості вітру, від пори року та тривалості світлової доби.

Розвиток біогазу в Україні знаходиться на початковій стадії, і «зелений» тариф – єдиний рушій розвитку галузі. Приведені вище порівняння з вітровими і сонячними електростанціями не враховують можливість генерувати теплову енергію під час когенерації, ефект від замкнутого циклу циркуляції CO₂ і утворення добрив як кінцевого продукту метанового бродіння органічних відходів сільського господарства.

Якщо біогаз продовжити очищати від негорючих складових і довести метанову складову до 90 – 98 %, то такий газ буде називатися біометаном. В Україні не виробляють біометан з біогазу у промислових масштабах. Для збагачення біогазу до біометану необхідно вкладати додаткові кошти в спеціальні хімічні технологічні процеси очищення, які базуються на мембранній або криогенній технологіях, методах очищення водою під високим тиском або адсорбції за коливанням тиску тощо [1].

Для стимулювання розвитку біогазових станцій і подальшого виробництва саме біометану в листопаді 2021 р. в Закон України «Про альтернативні види палива» були внесені зміни. Законодавчо створено основу для виробництва, використання біометану в Україні та експорту його до країн ЄС. Передбачено створення реєстру біометану з відповідними технічними сертифікатами. Такі реєстри вже працюють на ринку газу в країнах ЄС і необхідні під час продажу біометану для гарантій відповідності фізико-хімічних властивостей незалежно від походження біометану.

У Законі зазначено, що біометан є аналогом природного газу, може бути використаний як паливо на транспорті. Його використання зменшить забруднення атмосферного повітря, з парниковими газами включно. Це ще один крок у напрямі законодавчого стимулювання процесів декарбонізації економіки в Україні.

Застосування біогазу і біометану в поршневіх ДВЗ

Когенераційні установки з електричною потужністю від 20 до 2000 кВт, які оснащені поршневими двигунами, знаходять широке розповсюдження в житлово-комунальному і аграрному секторі України, котеджних селищах, санаторно-лікарняних комплексах та інше. Загально відомо, що в когенераційних установках процес спільного вироблення електричної та теплової енергії дозволяє підвищити к.к.д. до 90 %.

Розроблено методику розрахунку когенераційного обладнання на основі теорії теплового балансу поршневого ДВЗ [2]. Зазвичай автоматичні системи когенераційної установки забезпечують відбір теплоти від систем випуску відпрацьованих газів, охолодження, мащення газового двигуна. Для зменшення вартості установки за генерації електричної потужності 30-50 кВт не варто встановлювати теплообмінник і автоматичне управління контуром відбору теплоти від системи мащення. Для приводного газового ДВЗ розроблено мікропроцесорну систему дозування газового палива на основі вузлів фірми HEINZMANN [3].

Розрахунок теплового балансу приводного газового двигуна 8Ч110/8,8, який було виконано для номінального режиму (1500 хв⁻¹), показав, що крім генерації 30 кВт електричної енергії можна отримати додатково до 162 МДж теплової енергії без залучення відбору теплоти від системи мащення. При генерації лише електричної енергії к.к.д. установки за номінального режиму становить близько 30 %, а при когенерації – збільшується до 75 %.

У когенераційних установках застосовують як традиційні газові палива, так і альтернативні. Використання біогазу вимагає спеціальних налаштувань автоматичної системи дозування газового палива, корекції кута випередження запалювання і газового двигуна в цілому. Скоротити трудомісткість експериментальних робіт з налаштувань автоматичної системи дозування на певний склад біогазу можливо при застосуванні у якості палива модельного газу [4]. Модельний газ – це суміш природного газу з вуглекислим, яка моделює біогаз.

Розроблена мікропроцесорна система дозування газового палива забезпечує регулювання частоти обертання колінчастого вала і відповідно вала електрогенератора із

заданим ступенем нерівномірності (налаштування було 0,6 %). За роботи на природному газі склад газоповітрянної суміші може підтримуватися в межах 1,0-1,55 коефіцієнта надміру повітря. За роботи на модельному газі розроблена система підтримувала коефіцієнт надміру повітря газоповітрянної суміші в межах 1,0-1,33. Мікропроцесорне дозування кількості газоповітрянної суміші здійснюється автоматично дросельною заслінкою, яка встановлена у газовому змішувачі. Система дозування відноситься, за автомобільною класифікацією, до третього покоління систем живлення газових ДВЗ.

Результати досліджень газового ДВЗ 8Ч10/8,8 на модельному газі є основою для здійснення переходу від кількісного до якісного регулювання паливної суміші природного газу з добавками біогазу, тобто для переходу до четвертого покоління систем живлення. Необхідно створити два окремих контури автоматичного регулювання подачами повітря і сумішевого палива з біогазу і природного газу, які взаємозалежні між собою через зовнішнє навантаження. Для сумішевого палива (біогаз/природний газ) розроблено алгоритм взаємозалежного регулювання. За зростання навантаження в 75 % і більше відбувається інтенсивніше збагачення паливної суміші метановою складовою. Це забезпечує збереження номінальної потужності енергетичної установки і стійку роботу за короткочасних перевантажень.

Запропонований алгоритм регулювання паливної суміші може бути реалізований у мікропроцесорному блоці керування газовими електромагнітними форсунками для дозування складових сумішевого палива. В якості коригуючих зав'язків для алгоритму взаємозалежного регулювання вибрано сигнали від датчиків вмісту кисню і метану у ВГ. Введення цих зав'язків позитивно вплине на адаптацію роботи системи з каталітичним нейтралізатором.

Наявна (довоєнна) кількість біогазових станцій з попередньою очисткою (68 станцій) свідчить про доцільність використання біогазу як самостійного палива в когенераційних установках у безпосередній близькості від біогазових станцій. Якщо використовувати біогаз як добавку до природного газу, то крім когенераційних установок можливо використовувати сумішеве паливо в поршневих ДВЗ на автомобілях, автобусах та спеціальній сільськогосподарській техніці місцевого або регіонального рівня. Вартість газового двигуна на сумішевому паливі збільшиться через ускладнення системи живлення і автоматичного управління, але буде збережено номінальну потужність ДВЗ.

Ситуація кардинально зміниться, коли в Україні почнуть виробляти біометан у промислових об'ємах і буде задіяна транспортна інфраструктура природного газу.

Чотиритактні поршневі газові ДВЗ з іскровим запалюванням, що працюють на газоподібному метані або біометані, мають багато вузлів і конструктивних рішень подібних до тих, які працюють на зрідженому нафтовому газі. Зріджений метан успішно використовується як моторне паливо у суднових газодизелях на танкерному і комерційному флоті.

Висновки

Для зменшення викидів парникових газів більшість країн здійснюють перехід від викопних видів палива до відновлювальних джерел енергії. В країнах ЄС законодавчо, на час перехідного періоду, до енергії з відновлювальних джерел з «зеленим» маркуванням (Green Deal) прирівняли енергію, отриману від спалювання природного газу.

В Україні необхідно почати виробляти біометан у промислових об'ємах і задіяти інфраструктуру природного газу для транспортування біометану. Це питання повинно знайти місце поряд з підвищенням енергоефективності газових силових установок у післявоєнній програмі відновлення енергонезалежності.

Існуюча кількість і якість очисних технологій біогазових станцій дозволяють використовувати біогаз як самостійне паливо в когенераційних установках у безпосередній близькості від біогазових станцій. Наступний крок – це використання біогазу як добавки до природного газу в поршневих ДВЗ на автомобілях, автобусах та спеціальній сільськогосподарській техніці місцевого або регіонального рівня.

Результати досліджень газового ДВЗ 8Ч10/8,8 забезпечили перехід від кількісного до

якісного регулювання паливної суміші природного газу з добавками біогазу. Для сумішевого палива розроблено алгоритм взаємозалежного регулювання. Зі зростанням навантаження частка біогазу зменшується, суміш збагачується природним газом. При навантаженні 75 % і більше збагачення паливної суміші відбувається інтенсивніше.

Список літератури

1. Развитие производства биометана в Украине [Електронний ресурс] // MCL. – Режим доступу до журн.: <https://mcl.kiev.ua/razvitie-proizvodstva-biometana-v-ukraine>. 24.11.2021.
2. Долганов К.Є. Система живлення для переобладнання дизеля в газовий двигун / К.Є. Долганов, А.А. Лісовал, О.І. П'ятничко, Ю.П. Майфет. // Вісник НТУ-ТАУ. – 2002. – Вип. № 7. – С.295-299.
3. HEINZMANN «Цифровые регуляторы скорости» – К.: DG 95-105, 1997. – 49 с.
4. Huang J., Crookes R. J. Assessment of simulated biogas as a fuel for the spark ignition engine // Fuel. – 1998. – Т. 77. – № 15. – Pp. 1793-1801.

ANALIZA ZRÓWNOWAŻONEGO TRANSPORTU PUBLICZNEGO MIASTA NA PODSTAWIE GOTOWOŚCI TECHNICZNEJ AUTOBUSÓW Z UKŁADEM NAPĘDOWYM AKUMULATOR TRAKCYJNY BEB ORAZ Z SILNIKAMI ZASILANYMI CNG I DIESEL

Jacek MICHALSKI¹, dr inż. hab. university professor

¹Rzeszów University of Technology im. I. Łukasiewicz (Poland)

Słowa kluczowe: dostępność operacyjna, publiczne autobusy miejskie, magistrala akumulatorów LTO (Litium Titanium Oxide), autobus BEBs, autobus CNG, autobus z silnikiem Diesla

Streszczenie

Transport zbiorowy miasta, liczącego 196000 osób i aglomeracji liczącej 365000 osób, realizuje dwóch operatorów mających łącznie 326 autobusy. Badania dostępności operacyjnej (gotowości/dostępności technicznej) autobusów transportu miejskiego zbiorowego przeprowadzono w okresie 12 miesięcy dla wybranych losowo 30 autobusów klasy maxi mających długość około 12 metrów.

Były to nowo zakupione autobusy ładowane energią prądu akumulatora litowo-jonowego (LIB) technologii tytanianu litu z anodą o strukturze spinelu LTO Li₄Ti₅O₁₂, (spinel-structured lithium titanate, LTO, Li₄Ti₅O₁₂) oraz autobusy znacznie starsze, gdyż 8 letnie, o silnikach zasilanych sprężonym gazem ziemnym CNG i autobusy zasilane olejem napędowym DIESEL, w każdej grupie 10 autobusów. Średni przebieg całkowity autobusów konwencjonalnych/starszych jest ponad 11 razy większy od autobusów elektrycznych. Z kolei roczny średni przebieg całkowity w analizowanych 12 miesiącach autobusów elektrycznych to 38872 km z kolei autobusów CNG i ON odpowiednio, 70680 km i 73349 km. Potrzebne dane do wyznaczenia wskaźnika dostępności operacyjnej zaczerpnięto z kart przebiegu autobusów każdej grupy zawierających: przebiegi autobusów danego dnia kalendarzowego oraz okres wyłączenia z użytkowania. Badaniom poddany został okres od marca do lutego w latach 2019-2020. Wskaźnik dostępności operacyjnej wyznaczono oddzielnie dla każdego miesiąca, na podstawie liczby dni wyłączenia autobusu z ruchu z przyczyn technicznych oraz liczby dni planowanej/rzeczywistej gotowości wykonania usługi transportu. Wartości średnie wskaźnika dostępności operacyjnej autobusów ładowanych akumulatorem litowo-jonowym technologii LTO (Litium Titanium Oxide) wykazały znaczną niekorzystną wartość, w porównaniu z wartością średnią dla autobusów dwóch pozostałymi metod ich zasilania.

Przegląd najważniejszych wydarzeń

- Elektryfikacji układu napędowego autobusów nie zapewni ich korzystnej gotowości/dostępności technicznej w zrównoważonym transporcie publicznym analizowanego

miasta.

- Średnia liczba dni w miesiącu wyłączenia z użytkowania autobusów elektrycznych akumulatorowych BEBs jednorocznych, z przyczyn obsługi konserwacji korekcyjnej i konserwacji profilaktycznej jest znacznie większa niż autobusów ośmiu letnich z silnikami spalinowymi zasilanymi CNG oraz DIESEL.

- Autobusy BEBs ładowane prądem akumulatora znacznie częściej wyłączone były z użytkowania w miesiącach o wysokich temperaturach powietrza tj. marzec, maj, czerwiec i lipiec niż autobusy konwencjonalne zasilane CNG i DIESEL oraz autobusy konwencjonalne mają korzystniejszą gotowość techniczną w każdym z analizowanych 12 miesięcy roku.

- Współczynnik zmienności oraz odchylenie standardowe gotowości technicznej, w ciągu jednego roku, dla autobusów elektrycznych BEBs są kilkakrotnie odpowiednio większe niż średnia ich wartość dla autobusów konwencjonalnych CNG i DIESEL.

- Rozkład wartości wskaźnika gotowości technicznej ma nieco korzystniejszy przebieg wartości dla autobusów elektrycznych niż autobusów konwencjonalnych, co świadczy o możliwym korzystnym przeszłościowym potencjale autobusów elektrycznych, wyposażonych w akumulatory o lepszych właściwościach eksploatacyjnych niż akumulator litowo-jonowy technologii tytanian litu z anodą o strukturze spinelu LTO Li₄Ti₅O₁₂, (spinel-structured lithium titanate, LTO, Li₄Ti₅O₁₂).

ВПЛИВ ДОБАВКИ ВОДНЕВМІСНОГО ГАЗУ НА ПОКАЗНИКИ ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ ЗА РОБОТИ НА СПИРТОВМІСНОМУ БЕНЗИНІ

Євгеній ШУБА¹, Іван САМОЙЛЕНКО¹, Микола ПАНІН¹

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: водневмісний газ, біоетанол, бензиновий двигун, паливна економічність

Вступ

Одними з найбільших споживачів палив нафтового походження і джерел забруднення навколишнього середовища є двигуни транспортних засобів. Незважаючи на поширення автомобілів з електричними силовими установками, двигуни внутрішнього згорання ще тривалий час будуть основним джерелом енергії на транспорті. Причинами цього є розвинена мережа заправних станцій, великий запас ходу, хороші показники за роботи при низьких температурах навколишнього середовища. Тому актуальним є пошук шляхів зменшення споживання палив нафтового походження або заміни їх на отримані з поновлювальних джерел. Одним із перспективних напрямів є використання в якості палива спиртів, які можуть бути отримані з рослинної сировини. Разом з тим, використання спирту в якості палива ускладнене необхідністю внесення конструкційних змін в системи двигуна. Тому більш поширеним є використання спиртів у суміші зі звичайним бензином. Найбільшого поширення на транспорті набуло використання бензинів з додаванням різної кількості біоетанолу. Сьогодні в Україні на заправних станціях можна придбати паливо з вмістом біоетанолу до 40 %.

Раніше проведені дослідження показали, що за роботи на спиртовмісному бензині, спостерігається підвищення витрати палива порівняно зі звичайним бензином [1-2]. Причинами цього є менша ніжча теплота згорання такого палива та наявність кисню в бензині, що призводить до підвищення циклової подачі палива для збагачення паливоповітряної суміші системою зворотнього зв'язку в двигунах з системою впорскування.

Одним із способів зниження витрати палива є використання добавки водневмісного газу до повітряного заряду, що забезпечує більш повне згорання в циліндрі двигуна [3]. Крім того, попередні дослідження показали, що добавка водневмісного газу приводить до збагачення паливоповітряної суміші, що може мати додатковий потенціал в зниженні

витрати палива за роботи на спиртовмісному бензині.

Мета роботи

Визначення впливу добавки водневмісного газу до повітряного заряду на паливну економічність та екологічні показники двигуна з іскровим запалюванням за роботи на спиртовмісному бензині.

Виклад основного матеріалу

У лабораторії випробування двигунів кафедри «Двигуни і теплотехніка» Національного транспортного університету проведено стендові дослідження по визначенню впливу добавки водневмісного газу на показники роботи сучасного бензинового двигуна VW BBU з системою впорскування та зворотнім зв'язком за роботи на спиртовмісному бензині. Для досліджень було обрано бензин А95 Е40 із вмістом 40 % біоетанолу, який є доступний на автозаправних станціях України.

Визначені порівняльні навантажувальні характеристики двигуна за роботи з добавкою та без добавки водневмісного газу (рис. 1). Випробування проведено за роботи двигуна з частотою обертання 2200 хв^{-1} , що є близькою до частоти двигуна, що відповідає режиму середньої точки Європейського міського їздового циклу для автомобіля з даним двигуном.

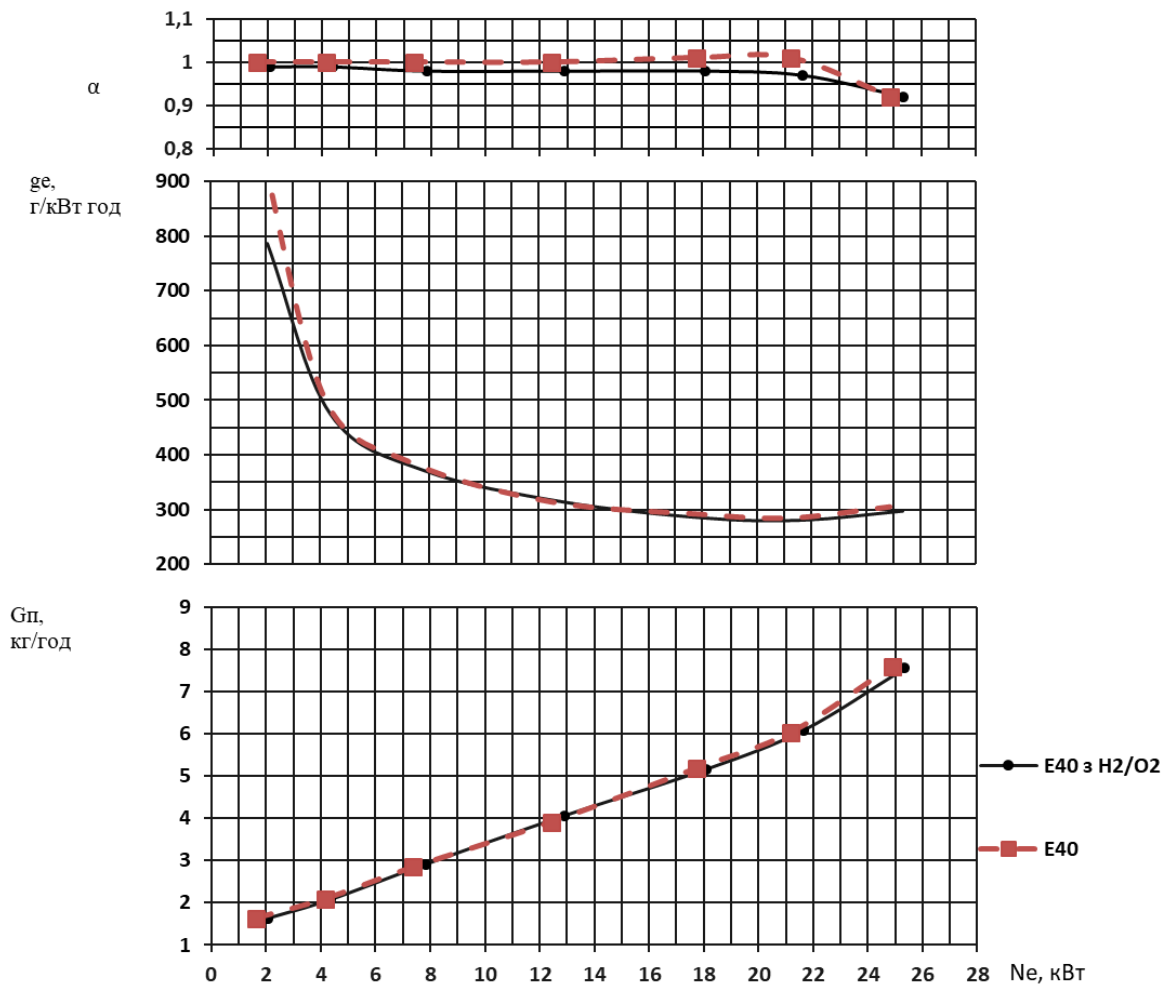


Рисунок 1 – Навантажувальна характеристика двигуна VW BBU за роботи на спиртовмісному бензині без добавки та з добавкою H_2/O_2 ($n=2200 \text{ хв}^{-1}$)

В результаті випробувань встановлено, що за роботи двигуна з добавкою водневмісного газу при однакових кутах відкриття дросельних заслінок досягається вищий крутний момент, ніж за роботи без добавки. Годинна витрата палива практично не змінюється.

Як видно з рисунку, за роботи двигуна з добавкою водневмісного газу знижується питома ефективна витрата палива. Зокрема за роботи двигуна з навантаженнями близькими до холостого ходу (2 кВт), економія палива становить близько 22 %. За роботи двигуна на

середніх і максимальних навантаженнях зниження питомої ефективної витрати палива становить близько 3 %. Крім того, як видно з рисунку, добавка водневмісного газу приводить до зменшення коефіцієнта надміру повітря зі значення 1,0 до 0,98, що свідчить про збагачення паливоповітряної суміші.

Висновки

Встановлено, що добавка водневмісного газу позитивно впливає на паливну економічність двигуна, що працює на спиртовмісному бензині. Найбільше зниження питомої ефективної витрати палива становить 22 % в режимах малих навантажень. В інших режимах економія палива становить в середньому 3 %. Для об'єктивної оцінки впливу добавки водневмісного газу на паливну економічність двигуна, що працює на спиртовмісному бензині, необхідно врахувати витрати електричної енергії необхідної для отримання водневмісного газу, що буде зроблено в подальших дослідженнях.

Список літератури

1. Гутаревич Ю.Ф., Шуба Є.В., Овчинніков Д.В. Вплив величинитдобавки спиртових сполук до бензину на показники роботи карбюраторного двигуна. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. К.: НТУ, 2018. – Вип. 42. С. 19-28.
2. Овчинніков Д.В. Біоетанол як моторне паливо: переваги і недоліки. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. К.: НТУ, 2017. – Вип. 1 (37). С. 300-307.
3. Gutarevych Y., Shuba Y., Matijosius J., Karev S., Sokolovski E., Rimkus A. Intensification of the combustion process in a gasoline engine by adding a hydrogen-containing gas. *Int J Hydrogen. Energy* 43 (2018). 16334-16343. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.06.124>.

ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ УПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ГЕНЕРУВАННЯ ТА АКУМУЛЮВАННЯ ВОДНЮ ЯК МОТОРНОГО ПАЛИВА

Сергій БОЙЧЕНКО¹, д-р техн. наук, проф., Оксана ТАРАСЮК²

¹Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського» (Україна)

²ГО «Інститут циркулярної економіки та водневих технологій» (Україна)

Ключові слова: транспорт, технології, водень, генерування, акумулювання, зберігання

Вступ

Транспорт є найважливішим елементом світової економічної системи. В основі розвитку транспортної системи лежить принцип мобільності – людей, товарів, інформації, ідей. Мобільність – одна з найбільш фундаментальних і важливих характеристик економічної або соціальної діяльності людства, оскільки вона задовольняє основну потребу суспільства в переміщенні себе та інших об'єктів. Ефективність мобільності визначається концентраціями переміщення потоків, швидкостями їх проходження по каналах зв'язку, надійністю зв'язків і зручностями переміщення в ланцюзі від джерела до споживача. Практична реалізація мобільності здійснюється через системи транспортних зв'язків, що включають технічні засоби і відповідні об'єкти транспортної інфраструктури. Низька ефективність транспортних систем перешкоджає розвитку економічних і соціальних систем через низку факторів, зокрема використовувані технології транспортних засобів. Таким чином, ефективна транспортна система забезпечує функціонування транспортної інфраструктури та стає важливим каталізатором економічного розвитку країни та суспільства. З іншого боку, на розвиток транспортної галузі впливають дві глобальні проблеми: світовий дефіцит нафти та забруднення навколишнього середовища викидами шкідливих речовин з відпрацьованими газами (ВГ) різних видів техніки.

Мета роботи

Суттєво вирішити ці проблеми можна використанням альтернативних моторних палив. Раціональний вибір альтернативних палив дозволяє вирішити відразу два завдання: підвищити екологічну безпеку транспортних засобів та зменшити використання нафти на потреби транспорту. Одним з основних світових трендів «палива майбутнього» стала так звана декарбонізація транспортних систем. Декарбонізація – це поступова відмова від традиційних джерел енергії (викопних вуглецевих сполучень, нафти, вугілля, природного газу, торфу та інших) и все більш активний перехід на відновлювальні енергоносії, наприклад, водень. Відмова світу від викопних джерел енергії, перехід на відновлювальні типи джерела енергії, боротьба зі шкідливими викидами в атмосферу, зменшення залежності від вуглеводнів визначають водень і паливні елементи на його базі як ключові фактори подальшого розвитку енергетики, транспорту та інших галузей промисловості.

Виклад основного матеріалу дослідження

Виходячи з привабливих умов для генерації відновлюваної енергетики в Україні, водень може бути каталізатором економічного зростання і підвищення енергетичної безпеки країни, забезпечуючи скорочення викидів вихлопних газів. Використання «зеленого» водню як моторного палива для транспортної галузі відповідає цілям безвуглецевого розвитку, заявленим у міжнародних зобов'язаннях багатьох держав, в тому числі й України, та відповідає цілям Організації Об'єднаних Націй (ООН) щодо сталого розвитку. Головним завданням для їх реалізації є знання реального потенціалу країни щодо виробництва та застосування водню. У 2018 р. Україна прийняла «Національну транспортну стратегію України» до 2030 р. Одним із пріоритетів, визначених цією Транспортною стратегією, є зменшення негативного впливу транспорту на навколишнє середовище. Також цілями Транспортної стратегії є підвищення якості та безпеки транспортних послуг, а також покращення транспортної інфраструктури за європейськими стандартами. Відповідно до Національної транспортної стратегії очікується, що до 2030 р. рівень використання альтернативних видів палива (біоетанолу, біодизеля) та електроенергії зросте до 50 %. «Національна транспортна стратегія», «Стратегія розвитку енергетики» та «Дорожня карта широкого впровадження водневої енергетики в Україні» є міцною стратегічною основою політики, спрямованої на збільшення частки відновлюваних джерел енергії в транспорті на основі біопалива, електроенергії та водню. Проект Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо розвитку виробництва рідкого біопалива», що наразі перебуває у політичній дискусії, внесе зміни до законів та законодавчих актів щодо обов'язкових квот на біокомпонентну частку в обсязі реалізованого моторного палива, включаючи відповідальність за недотримання квот, а також за критерії сталого розвитку. Також буде введена термінологія в області рідкого біопалива, що відповідає RED II (переглянутій Директиві ЄС з відновлювальної енергетики).

Встановлено, що водень перетворюється в електроенергію в електрохімічних генераторах (паливних елементах – ПЕ). ПЕ більш ефективні, ніж звичайні двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ), і не утворюють викиди вихідних газів, так як вони тільки виділяють водяний пар. Найбільш поширеним типом паливного елемента для застосування в транспортних засобах є паливний елемент з полімерним електролітом. Електроенергія надходить на електродвигуни, що приводять в рух автомобіль. У цьому відношенні водневий автомобіль з ПЕ, як і електромобіль, використовують як кінцевий енергоносіє електроенергію. Однак, в електромобілі ця електроенергія виробляється за межами автомобіля і зберігається в електроакумуляторі, а в автомобілі з ПЕ вона генерується безпосередньо на борту автомобіля з водню, що проводиться за його межами за одним із відомих методів і зберігається всередині автомобіля в спеціальних ємностях в стисненому або зрідженому вигляді. Як і електромобіль, автомобіль з ПЕ в міських умовах є практично чистим паливом, що не мають викидів в атмосферу. Використання ПЕ було винайдене більше 160 років тому (1837 р.). Ця технологія старша ДВЗ або електричної батареї. Однак активний розвиток технологій використання ПЕ почався після Другої світової війни в зв'язку з розвитком космічної техніки. Водень є майже ідеальним електропаливом і довгий час

вважався основним енергоносієм майбутніх енергетичних систем. Хоча водень має найвищу гравіметричну щільність енергії серед усіх видів палива, він має дуже низьку об'ємну щільність енергії і високий коефіцієнт дифузії, що ускладнює його зберігання. На даний момент, на ринку є всього кілька прототипів автомобілів з ПЕ (Honda FCX Clarity, Hyundai Tucson Fuel Cell, Toyota Mirai, Hyundai Nexa). Багато компаній мають просунуті концепції і прототипи, що можуть з'явитися у продажу в найближчі роки. На сьогодні для автомобілів з ПЕ найбільш проблемними чинниками залишаються:

- 1) вартість водню і пов'язана з ним інфраструктура виробництва, доставки і зберігання;
- 2) ступінь досконалості ПЕ як енергетичної машини;
- 3) зберігання водню на борту автомобіля.

Переваги водню як універсального енергоносія прийнято визначати екологічною чистотою, гнучкістю і ефективністю процесів перетворення енергії з його участю. Технології різномасштабного виробництва водню досить добре освоєні і мають практично необмежену сировинну базу. На даний момент найбільш відомим і добре дослідженим методом виробництва чистого водню (до 99,9 %) є електроліз води. Проаналізувавши усі можливі способи зберігання водню, можна твердо сказати, що його зберігання є цілком безпечним. Якщо зберігати водень у газоподібному стані, то даний спосіб зберігання є добре розвиненим і доступним у ціні. У випадку зберігання рідкого водню присутні високі енергозатрати на його зрідження, через це спосіб є дорогим у реалізації. Технологія зберігання в нанотрубках, вуглецевих наноструктурах та фулеренах є перспективним у майбутньому, проте зараз ще перебуває на стадіях реалізації та вдосконалення. Гібридна система зберігання водню має значні переваги над іншими з точки зору техніки безпеки, через це висока вартість такого зберігання. Отже, є потенціал для його розширення. До переваг використання водню як моторного палива належать: високий ККД, низька токсичність, безшумність; різноманіття первинних видів палива, широкий інтервал потужності.

Висновки

Використання відновлюваних джерел енергії в транспорті повинно бути продовжено і посилено, підкріплене політикою, заснованою на існуючих стратегіях, які повинні бути додатково розроблені для зміцнення уваги до електроенергії та водню на транспорті. Було б вигідно розробити національну стратегію та національну програму академічного та промислового розвитку водневої енергетики та паливних елементів в Україні. Авіаційна промисловість повинна зробити радикальні зрушення, якщо вона хоче зменшити свій вплив на клімат. Широкий спектр технологічних інновацій перебуває в стадії розробки для підвищення паливної ефективності літаків і скорочення викидів двоокису вуглецю. Водневий двигун може значно зменшити вплив авіації на клімат. Водень усуває викиди двоокису вуглецю в польоті і може бути вироблений без вуглецю. Для масштабування літаків з таким двигуном необхідно провести кілька технологічних інновацій: підвищення загальної ефективності за допомогою більш легких паливних баків (орієнтація на 12 кВт/кг, гравіметричний індекс 35 %) і систем паливних комірок (приблизно 2 кВт/кг, у т.ч. охолодження), розподілу рідкого водню всередині літака, турбін, здатних спалювати водень з низькими викидами оксиду азоту, а також розробки ефективних технологій заправки, що дозволяють розвивати швидкість потоку, порівняну з керосином.

НОВІТНІ ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО РОЗРОБЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ БЕНЗИНІВ

Сергій БОЙЧЕНКО¹, д-р техн. наук, проф., Ірина ШКІЛЬНЮК¹, канд. техн. наук,
Анна ЯКОВЛІСВА¹, канд. техн. наук

¹Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського» (Україна)

Ключові слова: енергетика, технології, енергобезпека, екологічна безпека, бензини

Вступ

Нині урбанізація суспільства і виробнича діяльність людини набули такого розмаху, що подальша індустріально-споживацька експлуатація природних ресурсів стала загрожувати самому існуванню людства. На жаль, усі земні ресурси є вичерпними і кількість їх зменшується, а потреби людини в їх використанні – навпаки, зростають. У сучасних умовах експлуатації автомобілів основним паливом для двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) є бензин.

Мета роботи

У зв'язку з цим, раціональне природокористування має бути суттю найновіших високих технологій і базуватися на заощадливому використанні відтворюваних ресурсів, максимально можливому зменшенні споживання невідтворюваних джерел сировини і найширшому залученні вторинних продуктів, максимальній утилізації, безпечному знешкодженні та захороненні відходів виробництва.

Неперервне зростання потреб в рідких паливах і обмеженість ресурсів нафти зумовлюють необхідність пошуків альтернативних сировинних ресурсів для отримання палив.

Виклад основного матеріалу дослідження

Існує три напрями програми вирішення розширення ресурсів паливно-мастильних матеріалів:

- поглиблення переробки нафти;
- оптимізація вимог якості палив (за фракційним складом, а також за вмістом парафінових ароматичних вуглеводнів);
- пошук варіантів застосування альтернативних палив.

Сучасні бензини являють собою суміш компонентів. Як базові бензини використовують бензини прямої перегонки та бензини каталітичного крекінгу. Основними високооктановими компонентами є індивідуальні вуглеводні ізобудови (ізопентан, ізооктан). Продукти алкілювання ізобутану і бензолу ненасиченими вуглеводнями (алкілбензини та алкілбензоли).

Компонентний склад бензинів залежить насамперед від їхньої марки і визначається набором технологічних установок на нафтопереробному заводі (НПЗ).

Бензини, що використовуються як палива в поршневих двигунах, повинні забезпечувати нормальну роботу двигуна на всіх режимах у найважчих умовах експлуатації. Тому якість їх регламентується за низкою фізико-хімічних показників.

Основні технічні вимоги до якості сучасних бензинів наступні:

- кожен сорт бензину повинен мати певні антидетонаційні властивості як на бідних, так і на багатих паливно-повітряних сумішах. Вимоги за октановим числом і сортності встановлюються такими, щоб бензини могли забезпечити нормальну роботу поршневого двигуна;

- не повинні містити більше 2,7-3,3 г ТЕС / кг бензину залежно від сорту бензину. Вміст ТЕС обмежується тому, що він може впливати на термін служби двигуна;

- повинні мати гарну випаровуваність. Фракційний склад і тиск насичених парів бензинів повинні забезпечувати легкий запуск двигуна за низьких температур (але не повинні сприяти утворенню парових пробок), забезпечувати стійку роботу двигуна і хорошу прийнятність його за зміни режиму роботи, а також повноту випаровування в циліндрах двигуна;

- повинні мати високу хімічну стабільність, не утворювати осадів при зберіганні, а також смолистих відкладень у паливній системі і нагару в камері згорання двигуна;
- повинні володіти хорошими низькотемпературними властивостями, не утворювати кристалів парафінів за низьких температур і не повинні утворювати кристалів льоду. З цією метою в авіабензинах встановлюється значення температури початку кристалізації не вище мінус 60 °С;
- повинні бути хімічно нейтральними та не викликати корозії металевих ємностей, засобів перекачування і деталей двигунів;
- кожна марка бензину повинна мати свій колір, щоб можна було легко їх розрізнити.

Для поліпшення експлуатаційних властивостей, зокрема, антидетонаційних характеристик, до складу бензинів додають високооктанові компоненти. Наприклад, перспективні неетильовані авіабензини можуть містити алкілат (фракція 43-198 °С), авіа-алкілат (фракція 40-150 °С), супер-алкілат (технічний ізооктан), толуол, етилтретбутиловий ефір (ЕТБЕ), етанол, метатолуїдин (3-метиланилін), метилциклопентадієнілтрикарбонілмарганець (МЦТМ).

Розроблення нових видів бензину й поліпшення існуючих мають здійснюватися з урахуванням інтересів автомобільної та нафтопереробної промисловості та організацій, що експлуатують техніку. На сьогодні одним із передових способів створення нових марок є розроблення композиційних бензинів із компонентів вітчизняної сировини.

Композиція бензину авіаційного неетильованого відрізняється тим, що отримується з дебутанізованої фракції алкілату 45-135 °С, що містить не більше 2 % (мас.) бутану, методом ректифікації з широкої фракції алкілбензину і подальшим компаундуванням її з толуолом і ксилолом, ізомеризатом і монометиланіліном, за наступним співвідношенням компонентів, % (мас.):

фракція алкілату 45-135 °С – 40,0-80,0;

толуол і ксилол – 10,0-30,0;

ізомеризат – 5,0-35,0;

монометиланілін – 0,5-1,5.

Висновки

Тому у подальших дослідженнях авторами на базі науково-дослідної (експериментальної) інтерактивної лабораторії діагностики експлуатаційних матеріалів в енергетиці та транспорті навчально-наукового інституту енергозбереження та енергоменеджменту КПІ ім. Ігоря Сікорського здійснюються пошукові роботи зі створення альтернативного композиційного авіаційного бензину, що повністю або частково складається з відновлювальних сировинних ресурсів вітчизняного походження та буде відповідати українським та міжнародним стандартам якості, що висуваються до авіабензинів.

Дослідження виконуються в рамках проєкту «Розроблення технології виробництва нових екологічно безпечних високооктанових авіаційних бензинів із вітчизняної сировини» за рахунок державного бюджету згідно з Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 12 серпня 2022 р. № 713-р «Про затвердження переліку науково-технічних (експериментальних) розробок в рамках виконання державного замовлення на найважливіші науково-технічні (експериментальні) розробки та науково-технічну продукцію у 2022 році» (реєстраційний номер 2020.01/0242).

ВПЛИВ ШТУЧНИХ ДОРОЖНІХ НЕРІВНОСТЕЙ НА БЕЗПЕКУ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

Володимир САХНО¹, д-р техн. наук, проф., Олександр РАЗБОЙНИКОВ¹, канд. техн. наук,
Володимир ТРОХИМЧЕНКО², аспірант (PhD студент)

¹Національний транспортний університет (Україна)

²Державне підприємство «Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут»
(Україна)

Ключові слова: автомобіль, підвіска автомобіля, шина, штучні дорожні нерівності, забруднення навколишнього середовища

Вступ

Автомобільний транспорт відіграє значну роль в економічному та соціальному житті людей. Але водночас, згідно з інформацією Світової організації охорони здоров'я, останніми роками Україна посідає перші місця у світі за рівнем смертності на душу населення, спричиненої забрудненням атмосферного повітря [1]. 90-95 відсотків викидів забруднюючих речовин у повітря міст, у місцях скупчення людей припадає на автомобільний транспорт [2]. На рівень смертності на дорогах суттєво впливає технічний стан автомобілів та якість дорожнього полотна.

Вирішенню завдань зі зменшення забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом, зменшенню рівня смертності на дорогах присвячено велику кількість публікацій та досліджень. Для підвищення рівня безпеки на дорозі вводяться обмеження максимальної швидкості для транспортних засобів та застосовуються засоби заспокоєння дорожнього руху (далі – ЗДР) [3]. Проте, досить мало приділяється уваги щодо впливу дорожніх нерівностей на автомобіль з точки зору безпеки дорожнього руху та забруднення навколишнього природного середовища.

Під час свого руху автомобільні транспортні засоби долають штучні (ЗДР) та випадкові дорожні нерівності (ямковість, колійність тощо), що у значній мірі впливає на навантаження у підвісці автомобіля, зношення систем і агрегатів гальмівної системи (колодки, диски), зчеплення та шин. Також необхідно враховувати, що більша частина водіїв зменшує швидкість перед дорожніми нерівностями, а після перетину таких нерівностей починає збільшувати швидкість автомобіля, а такі дії водіїв призводять до збільшення забруднення атмосферного повітря.

Тому актуальним є питання дослідження перетину автомобільними транспортними засобами різних дорожніх нерівностей на різних швидкостях та аналізування їхнього впливу на автомобіль, забруднення навколишнього природного середовища та безпеку дорожнього руху.

Мета роботи – дослідження впливу штучних дорожніх нерівностей та швидкості їх долаття на безпеку руху автомобіля.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні завдання:

- аналіз штучних дорожніх нерівностей та їх можливого впливу на автомобіль, його складові частини, безпеку руху та на забруднення навколишнього середовища;
- визначення виду і типу дорожніх нерівностей, які буде долати автомобіль під час проведення досліджень;
- вибір ділянки дороги з штучними дорожніми нерівностями для експериментальних досліджень;
- проведення теоретичних досліджень щодо визначення впливу типу штучних дорожніх нерівностей та швидкості їх долаття на зміну реакцій, що діють між дорогою та колесами автомобіля;
- розроблення вимірювального комплексу для експериментальних досліджень.

Виклад основного матеріалу дослідження

Теоретичне дослідження передбачало визначення впливу типу штучних дорожніх нерівностей та швидкості їх долаття на зміну реакцій між дорогою та колесами автомобіля. Швидкість руху автомобіля задавалась в діапазоні від 15 до 45 км/год з кроком у 10 км/год.

Залежності зміни вертикальних реакцій опорної поверхні на передні R_{z1} та задні R_{z2} колеса автомобіля від пройденого шляху S_a наведено на рис. 1.

Аналіз отриманих залежностей свідчить, що при зміні швидкості долаття автомобілем дорожніх нерівностей також збільшується інтенсивність зміни вертикальних реакцій як під час долаття нерівності першого, так і другого типів. Зміни вертикальних реакцій відбуваються як у бік зростання, так і в бік їхнього зменшення. Вертикальні реакції, значення яких нижче нуля, свідчать про відрив коліс від опорної поверхні, що суттєво впливає на безпеку дорожнього руху.

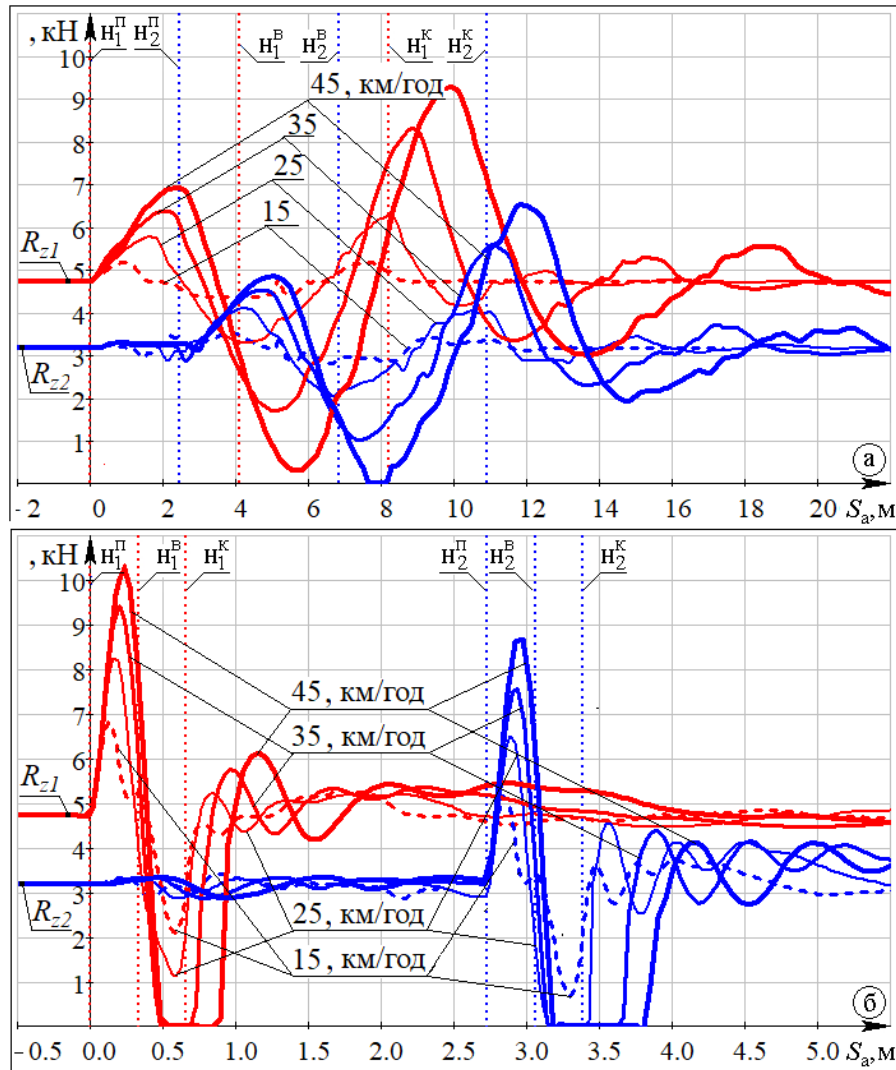


Рисунок 1 – Зміна вертикальних реакцій опорної поверхні на передні R_{z1} та задні R_{z2} колеса автомобіля від пройденого шляху S_a :
(а) – під час долаття штучної дорожньої нерівності типу I; (б) – типу II

Результати теоретичних досліджень потребують проведення експериментальних досліджень, для проведення яких було вирішено розробити вимірювальний комплекс. Цей комплекс повинен включити витратомір палива, вимірювач швидкості та обладнання, яке б дозволяло здійснювати вимірювання прискорень і переміщень, що виникають у підвісці автомобіля під час перетину дорожніх нерівностей.

Для розроблення такого вимірювального комплексу частину обладнання було використано з наявних в ДП «ДержавтотрансНДПроект» витратоміра палива ONO SOKKI DF-311 з датчиком ONO SOKKI FP-214 та дистанційного вимірювача швидкості Radarex 4041-PPL з реєструючим пристроєм РП-001.

Обладнання для визначення прискорень і переміщень, які виникають у підвісці автомобіля під час перетину дорожніх нерівностей, є досить специфічним. Проте готового

промислового зразка такого обладнання у вільному продажу на території України не було знайдено. Враховуючи поширеність, різноманіття сумісних датчиків та наявність готових бібліотек для роботи з такими датчиками, було вирішено використати мікроконтролер Arduino [5]. У якості датчика-акселерометра було обрано MPU6050. Запропонований вимірювальний комплекс дозволяє в повній мірі вирішити поставлені завдання.

Ід час аналізування видів та типів дорожніх нерівностей, які може долати автомобіль під час свого руху, було вирішено обрати саме штучні дорожні нерівності. Такий вибір обумовлений стандартизованими розмірами самих нерівностей, що, в свою чергу, суттєво полегшує розрахунки на математичній моделі руху автомобіля.

Відповідно до поставленого завдання для здійснення досліджень було обрано відрізок дороги, на якому розташовано декілька типів штучних дорожніх нерівностей, а саме – підвищений пішохідний перехід та лежачий поліцейський (рис. 2).



Рисунок 2 – Відрізок дороги із встановленими штучними дорожніми нерівностями типу I та типу II

Після визначення геометричних параметрів дорожніх нерівностей (таблиця 1) було проведено попередні експериментальні дослідження, які передбачали визначення зміни ходу підвісок автомобіля та вертикальних деформацій його шин. Після обробки результатів експериментів було отримано вихідні дані для розрахунку параметрів жорсткості підвіски автомобіля та його шин. Ці параметри автомобіля використано для математичного моделювання його руху по нерівній дорозі [4].

Таблиця 1 – Геометричні параметри засобів ЗДР

Тип	Назва штучної дорожньої нерівності	Довжина, м	Висота, м
I	Підвищений пішохідний перехід	8,2	0,14
II	Лежачий поліцейський	0,66	0,04

Висновки

Проведено теоретичні дослідження щодо визначення впливу типу штучних дорожніх нерівностей та швидкості їхнього долаття на зміну реакцій, що діють між дорогою та колесами автомобіля. Аналіз отриманих результатів свідчить, що під час збільшення швидкості долаття штучних дорожніх нерівностей також зростає інтенсивність зміни вертикальних реакцій як під час долаття штучних дорожніх нерівностей першого, так і другого типів. Зміни вертикальних реакцій відбуваються як у бік зростання, так і в бік їхнього зменшення (до відриву коліс автомобіля від дороги), що суттєво впливає на безпеку дорожнього руху.

Аналіз результатів експериментального дослідження впливу дорожніх нерівностей на автомобіль і його складові частини у порівняно з результатами аналітичних досліджень та пошук шляхів мінімізації впливу дорожніх нерівностей на забруднення навколишнього

природнього середовища будуть наведені у подальшому.

Список літератури

1. «Burden of disease attributable to ambient air pollution», W. H. Organization, 2022. – Режим доступу: [https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/ambient-air-pollution-attributable-death-rate-\(per-100-000-population\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/ambient-air-pollution-attributable-death-rate-(per-100-000-population)).
2. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 № 430-р // База даних «Законодавство України» / Кабінет Міністрів України. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/>.
3. Безпека дорожнього руху. Засоби заспокоєння руху. Загальні технічні вимоги: ДСТУ 4123:2020. – [Чинний з 2020-11-01]. – Київ: ТК 307, ДП «ДерждорНДІ», 2020. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=90493.
4. Поляков В.М., Разбойников О.О. Теоретичне дослідження руху автомобіля по нерівній дорозі. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». 2018. Вип. 1(40). С. 252-261.
5. Характеристика та загальні відомості щодо мікроконтролера Arduino UNO [Електронний ресурс]. – Україна. – Режим доступу: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno>.

ЗНИЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТВЕРДИМИ ЧАСТИНКАМИ ЗНОШЕНИХ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Олександр КРАВЧЕНКО¹, д-р техн. наук, проф., Далибор БАРТА², PhD, доц.,
Катерина КРАВЧЕНКО², PhD, доц., Андрій ЗІГО², студент

¹Державний університет «Житомирська політехніка» (Україна)

²Жилінський університет (Словацька республіка)

Ключові слова: автомобільний транспорт, автомобілі, гальмівна система, дискові гальма, гальмівні колодки, знос, тверді частини, пиросос

Вступ

Тверді частинки (ТЧ), що не містяться у вихлопних газах автомобільних двигунів, складають майже половину загальних викидів, пов'язаних з експлуатацією автомобілів [1]. Утворюючись здебільшого з шин та гальмівних елементів транспортних засобів, а також від розкладання дорожнього покриття, невихлопні ТЧ становлять значну небезпеку для здоров'я людини, добробуту інших видів та ґрунту. Європейська Комісія прийняла план переходу до нульових шкідливих промислових викидів [2], але немає конкретного плану щодо викидів повітряних ТЧ, які поступово зростають зі збільшенням парку транспортних засобів.

Проведеними дослідженнями [3-7] виконано аналіз хімічного складу фрикційних шарів на гальмівних колодках щодо ТЧ, щоб створити методологію для зниження їхньої емісійної здатності. Однак виявлено, що включення металевих елементів у фрикційний матеріал благотворно впливає на робочі властивості гальмівної системи. Водночас ці самі елементи (Cu, Fe, Zn, Ca, Pb, Al, оксиди та інші) є найбільш серйозною загрозою для здоров'я людини та навколишнього середовища. Крім того, аналіз, який ґрунтується на практичних статистичних даних двох українських транспортних підприємств – LAA TRANS і TRANSPELE, зроблених за період 2005-2014 рр. на всіх видах маршрутів, показує, що гальмівна система вантажівок найчастіше виходить з ладу або потребує технічного обслуговування в середньому кожні 188 тис. км [8].

Проведеними обстеженнями зносу накладок гальмівних колодок дискових гальм отримано результати [9], які показують, що гальмівні колодки з дисками діаметром 370 мм утворюють приблизно 38,42-44,34 г твердих частинок на кожен мм фрикційного матеріалу, а

більші гальмівні колодки з дисками діаметром 430 мм виробляють 74,14-96,67 г твердих частинок на кожен мм фрикційного матеріалу.

Мета роботи

Метою роботи є проведення аналізу та розробка конструкції приладів щодо зниження процесу забруднення навколишнього середовища твердими частинами зношених гальмівних колодок транспортних засобів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для виключення негативного впливу зносостійких виробів пари тертя «гальмівний диск-колодка» розроблено методи, що дозволяють вловлювати частинки зношування і тим самим знижувати забруднення навколишнього середовища.

Типовими пасивними рішеннями є електричні та гібридні приводи, ретардери, інтардери та моторні гальма. Вони сприяють полегшенню роботи основної гальмівної системи і таким чином зменшують кількість утворених твердих частинок до мінімально можливого рівня. Гібридні та електричні приводи забезпечують рекуперативне гальмування, а ретардери, інтардери та моторні гальма допомагають процесу гальмування за допомогою циркуляції рідини. Активні рішення, з іншого боку, зосереджені на прямому вловлюванні ТЧ, які зазвичай викидаються в атмосферу під час гальмування. Вони ще не використовуються широко, але є кілька прототипів, які розробляються деякими автомобільними постачальниками.

Французький виробник «Tallano Technologies» розробив пілосос, який висмоктує пил, що утворюється з гальм [10]. ТЧ вловлюються у фільтрі, встановленому в пілососі. Цей пристрій закріплюється прямо на дисках наявного автомобіля. За словами творця компанії, пристрій видаляє від 65 до 80 % загальної кількості ТЧ, що виробляються гальмами. Зараз пристрій проходить останні випробування на автомобілі в Парижі.

Німецький виробник фільтрів «Mann + Hummel» розробив фільтр, який встановлюється як продовження гальмівного супорта. Його можна встановити на будь-який з існуючих гальмівних дисків і адаптувати до різних типорозмірів і концепцій гальм [11].

Для зниження впливу зносу гальмівних колодок на засмічення механізмів гальмівної системи, інших механічних частин транспортного засобу, а також зниження їхнього викиду в атмосферу запропоновано конструктивне рішення щодо збирання частинок зносу гальмівних колодок. Система використовується для уловлювання твердих частин гальмівних колодок та диска при спрацьовуванні гальмівної системи. Він складається з (рис. 1, 2):

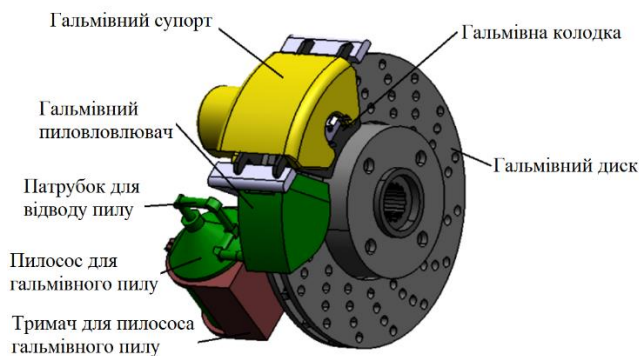


Рисунок 1 – Загальний вигляд конструкції

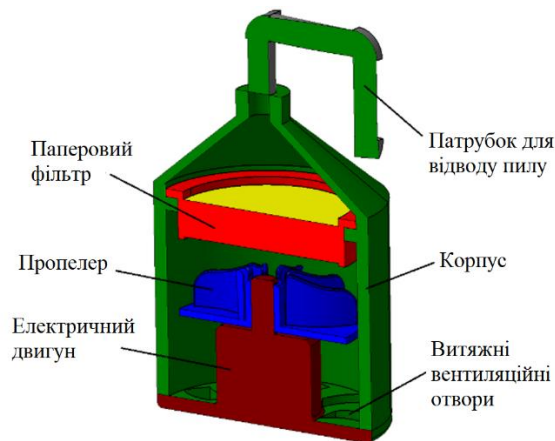


Рисунок 2 – Елементи пирососа

- збирача гальмівного пилу, встановленого близько до гальмівної колодки з метою максимально ефективного вилучення гальмівного пилу, що утворюється під час тертя гальмівної колодки та гальмівного диска;
- гальмівних пиловловлюючих труб;
- пирососа, що містить паперовий фільтр, вентилятор та електродвигун.

Щоб пиросос працював належним чином, вентиляційні отвори відпрацьованого повітря повинні бути достатньо великими, щоб не було високого опору повітря, який протікає. Це збільшує потік повітря через фільтр, який уловлює більше гальмівного пилу. Паперовий фільтр є знімним і замінюватиметься через той самий інтервал обслуговування, що й моторна олива.

Ця система може використовуватися на всіх транспортних засобах із дисковими гальмами. Все, що потрібно, це відрегулювати місце, на якому кріпиться пиросос. Система підключена до датчика стоп-сигналу, через який живиться двигун пирососа. Таким чином, він запускається лише тоді, коли педаль гальма натиснута. Якщо водій не діє на педаль гальма, пиросос вимикається, що продовжує термін служби пристрою. Пиросос гальмівного пилу може фільтрувати гальмівний пил, не перешкоджаючи охолодженню гальмівного диска, і простий в обслуговуванні.

Висновки

Для виключення негативного впливу зносостійких виробів пари тертя «гальмівний диск-колодка» розроблено пристрій, що дозволяє вловлювати частки зносу і тим самим знижувати забруднення механічних компонентів транспортного засобу.

Перспективою подальших досліджень у даному напрямі є визначення експериментальним методом оптимальних значень конструкції та закономірностей забруднення фільтру.

Список літератури

1. T. Grigoratos, M. Giorgio, «Non-exhaust traffic related emissions. Brake and tyre wear PM», European Commission, Joint Research Centre, Institute of Energy and Transport, Ispra, Italy, Reports EUR 26648 EN, 2014.
2. «A European Strategy for low-emission mobility», European Commission, Brussels, COM(2016) 501, 2016.
3. P.W. Lee, P. Filip (2013). «Friction and wear of Cu-free and Sb-free environmental friendly automotive brake materials», *Wear*, № 302 (1–2), pp. 1404-1413.
4. P.D. Neis, N.F. Ferreira, G. Fekete, L.T. Matozo, D. Masotti (2017). «Towards a better understanding of the structures existing on the surface of brake pads», *Tribology International*, № 105, pp. 135-147.
5. M. Kumar, J. Bijwe (2013). «Optimized selection of metallic fillers for best combination of performance properties of friction materials: A comprehensive study», *Wear*, № 303(1–2), pp. 569-583.
6. G. Perricone, V. Matějka, A. Mattia, G. Valota, A. Bonfanti, A. Ciotti, U. Olofsson, A.

Söderberg, J. Wahlström, O. Nosko, G. Straffellini, S. Gialanella (2018). «A concept for reducing PM10 emissions for car brakes by 50 %», *Wear* № 396-397, pp. 135-145.

7. J. Kukutschová, P. Moravec, V. Tomášek, V. Matějka, J. Smolík, J. Schwarz, J. Seidlerová, K. Šafářová, P. Filip (2011). «On airborne nano/micro-sized wear particles released from low-metallic automotive brakes,» *Environmental Pollution*, № 159(4), pp. 998-1006.

8. A.P. Kravchenko, O.I. Shkvarok, A.A. Glayboroda, A.S. Gayvoronsky, «The results of a statistical study of the operational reliability of the trailer composition of semitrailer trucks,» in *Materials of the XII scientific and technical Conference "Transport, Ecology – Sustainable Development"* (Varna: TU), 2006, pp. 153-159.

9. D. Barta, T. Gechev, O. Kravchenko, K. Kravchenko, A. Zigo, Ja. Dizo (2022). *Practical assessment of the friction material wear in disc brake pads of heavy-duty vehicles operating in europe and its environmental impact: Mezinárodní konference kateder dopravních, manipulačních, stavebních a zemědělských strojů*, September 14-16, 2022, osada Jizerka, Česká republika, Liberec: Technická univerzita v Liberci. pp. 14-23.

10. Tallano Technologies, 2019. [Online]. Available: <https://www.tallano.eu/en/technology.html>. Accessed on: Januar 07, 2019.

11. Mann+Hummel, 2022. [Online]. Available: <https://www.mann-hummel.com/oe-produkte/produkte/feinstaubfiltration/bremsstaubpartikelfilter>. Accessed on: Jun 16, 2022.

IMPACT OF INTERSECTION TYPE ON ENERGY CONSUMPTION AND EMISSIONS OF VEHICLES

Izabela JAWORSKA¹, student

¹Rzeszow University of Technology (Poland)

Keywords: urban infrastructure, crossroad, roundabout, emission

Introduction

One of the significant air quality problems in urban areas is vehicle emissions. The amount of fuel consumed and emissions of pollutants are associated with a large number of vehicles and depend on traffic fluidity. Traffic fluidity in urban areas, largely depends on the road infrastructure, i.e. the type of intersections, traffic signal control systems at intersections, which determines traffic parameters (speed, acceleration), number of stops, etc.

With the above in mind, when designing new intersection solutions, as well as upgrading existing ones, the issue of environmental impact, including that related to vehicle emissions, is very important, which is the subject of many studies.

The purpose of the work

The article presents analysis of selected results on pollutant emissions and fuel (energy) consumption, taking into account the types of intersections.

Car movement parameters vs. fuel consumption and vehicle emissions

Vehicle traffic parameters depend on the level of service, which takes into account the volume of vehicle traffic. The level of service, introduced by HCM, denotes the level of quality that can be obtained from a given facility under different operating characteristics and traffic volumes. HCM proposes LOS as a letter to denote the range of operating conditions at a given type of facility. Six LOS letters are defined by HCM, namely A, B, C, D, E and F, where A stands for the best service quality and F for the worst (Figure 1).

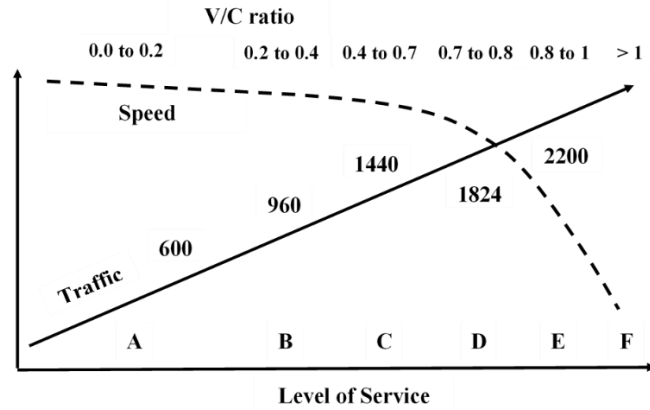


Figure 1 – Levels of Service [2]

Traffic parameters have a very strong influence on vehicle emissions. Studies carried out in a number of works show the relationship between values of speed and acceleration and average emission rates of pollutants in exhaust gases and fuel (energy) consumption. Values of speed and their changes are dependent on road infrastructure, which in the case of urban areas is related to road intersection solutions and traffic organization. For example, the paper [1] presents these relationships, which are illustrated in Figure 2. It can be seen that the average mass emissions per unit time of carbon monoxide and dioxide, hydrocarbons and nitrogen oxides, as well as the increase in fuel consumption, with an increase in driving speed.

However, given the distance traveled, it is important to determine the mileage emissions. For example, a dissertation [4] analyzed the relationship between driving speed and mileage emissions. According to the results, CO₂ emissions and mileage fuel consumption initially decrease with increasing speed up to a certain value, and then increase. In contrast, the average values of mileage emissions of CO and HC increase with increasing speed (Figure 3).

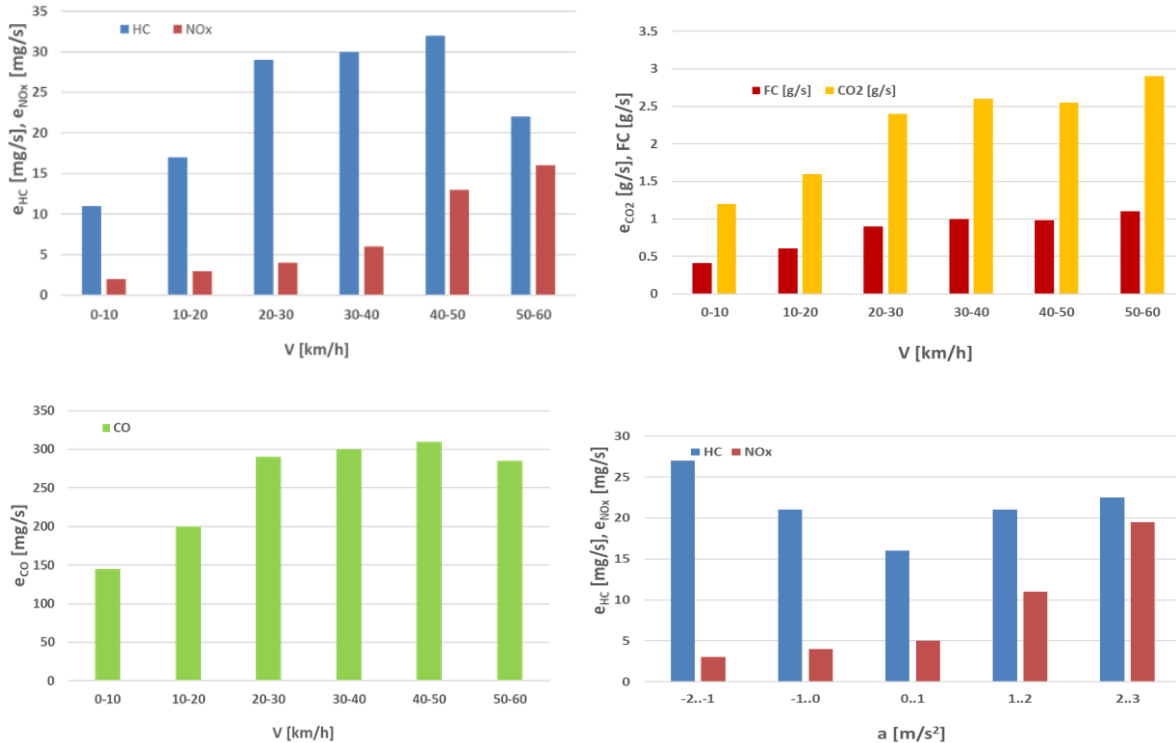


Figure 2 – Effect of vehicle speed and acceleration on average HC, NOx, CO, CO₂ emissions and fuel consumption [1]

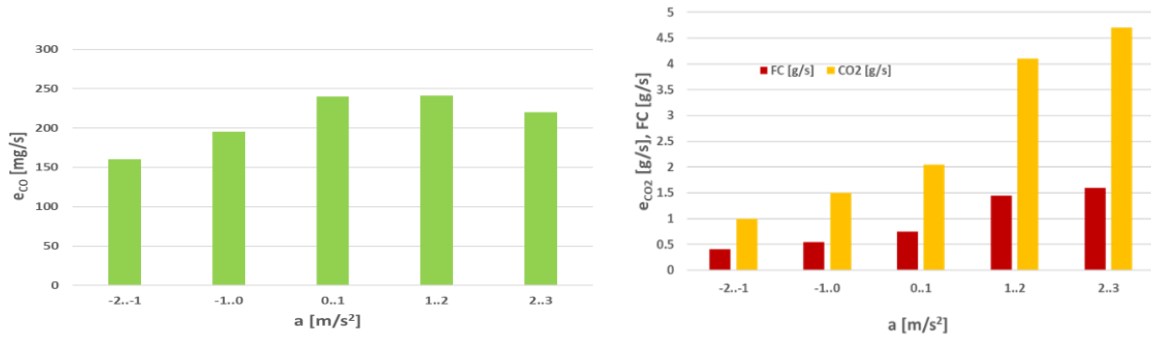


Figure 2 – Effect of vehicle speed and acceleration on average HC, NO_x, CO, CO₂ emissions and fuel consumption [1]

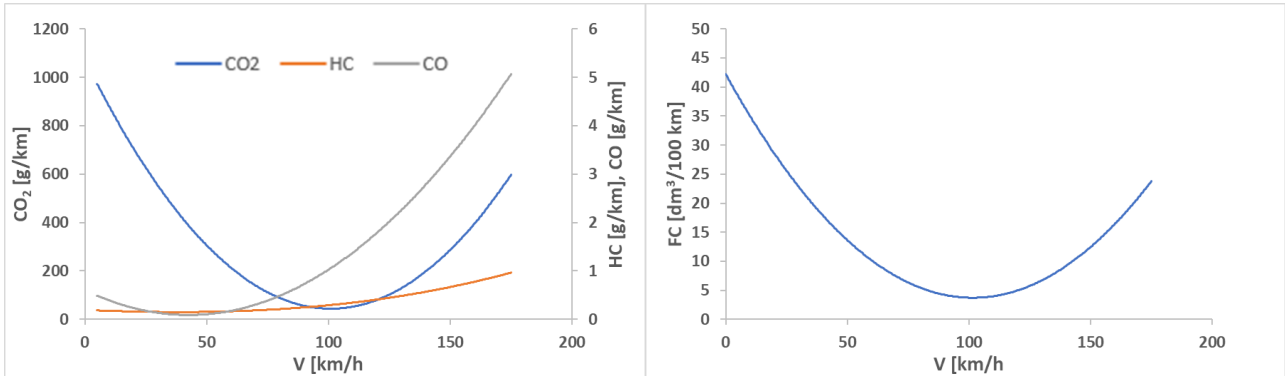


Figure 3 – Average values of CO₂, HC and CO emissions and fuel consumption in mileage as a function of car speed [4]

Impact of intersection type on emission and energy use

The study of the relationship between intersection types and vehicle emissions is currently an important topic in road infrastructure design. These relationships are included in the work [1], among others, in which the authors analyzed the impact of selected intersections on emissions and vehicle fuel consumption. For example, Figure 4 shows the effect of three types of intersections (STOP sign-controlled, traffic signal-controlled, and roundabout-type) on fuel consumption, with Level of Service (from B to F). Figure 5 illustrates the amount of CO₂, CO and HC emissions, taking into account Level of Service, for these three types of intersections.

As with emissions, mileage rates are important. For example, the paper [3] compared CO, PM, HC and NO_x emissions for a traffic volume of 225 [veh/h]. Four types of intersections were compared: S.W. – with central island S.B. – without signalized; SG – signalized and R – roundabout.

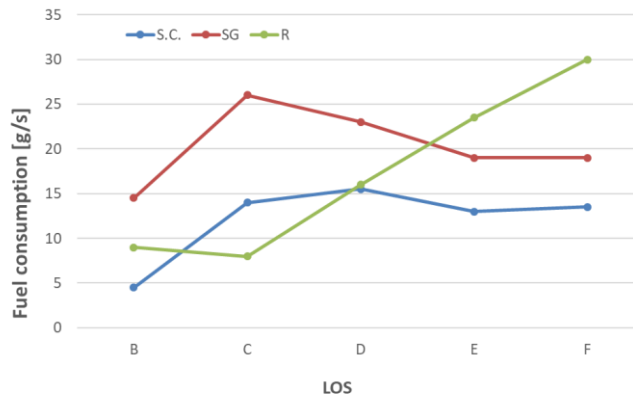


Figure 4 – Effect of intersection type and Level of Service on average fuel consumption and emissions: S.C. – stop controlled; SG – signalized; R – roundabout [1]

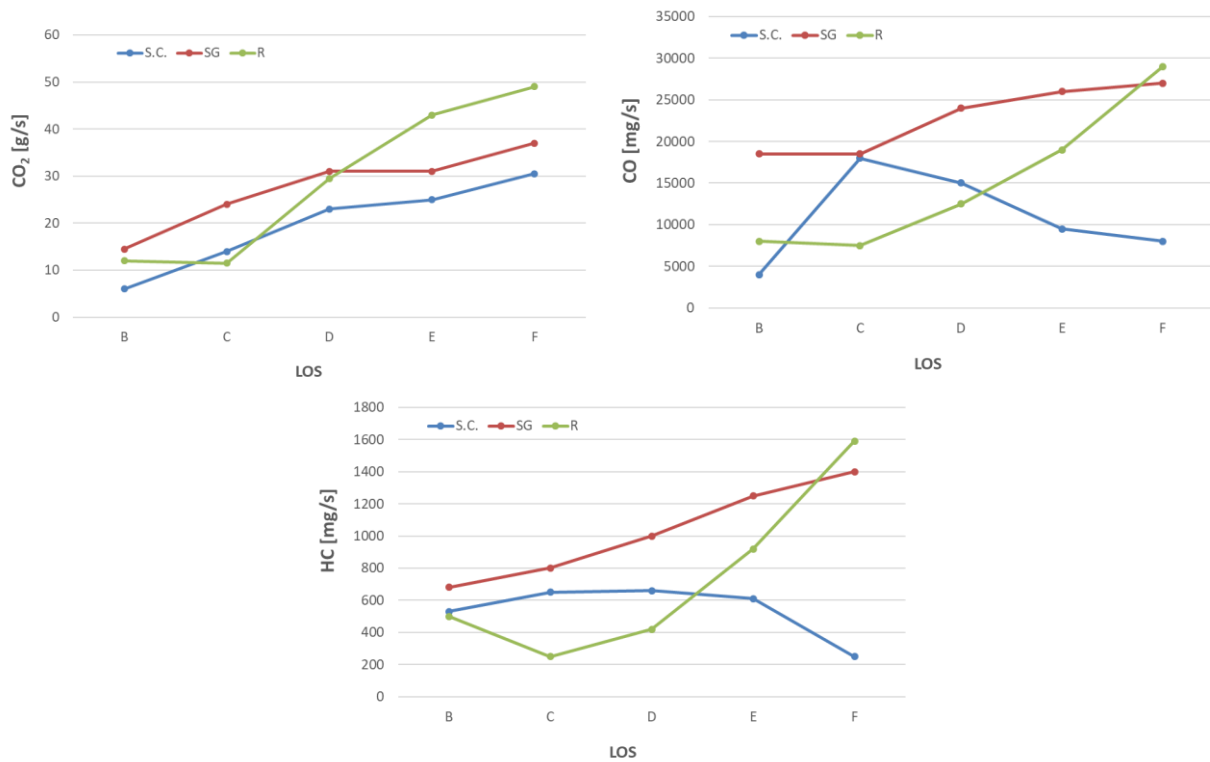


Figure 5 – Effect of intersection type and “Level of service” on average CO₂, CO and HC emissions; S.C. – stop controlled; SG – signalized; R – roundabout [1]

Comparing the results, it can be seen that at lower and medium LOS levels, the most favorable type of intersection is a traffic circle.

A comparison of emissions for a roundabout-type intersection with an intersection with traffic signals [5] is shown in Figure 7. Comparing a roundabout-type intersection with an intersection with traffic lights, lower values of carbon monoxide emissions (carbon monoxide and carbon dioxide) were obtained for the roundabout-type intersection. In contrast, nitrogen oxide emissions were higher for this type of intersection.

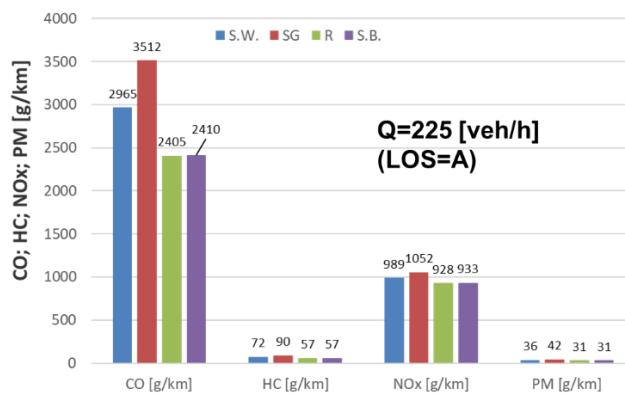


Figure 6 – Effect of intersection type on average CO₂, HC, NOx and PM emissions; S.W. – with central island S.B. – without signalized; SG – signalized; R – roundabout [3]

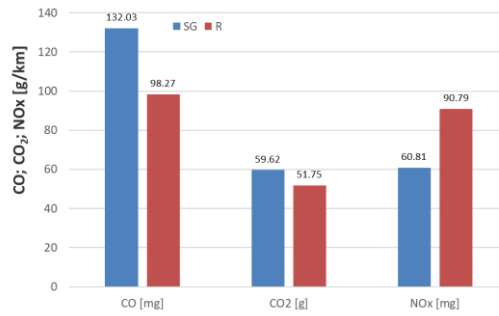


Figure 7 – Effect of intersection type on average CO, CO₂ and NO_x emissions; SG – signalized; R – roundabout [5]

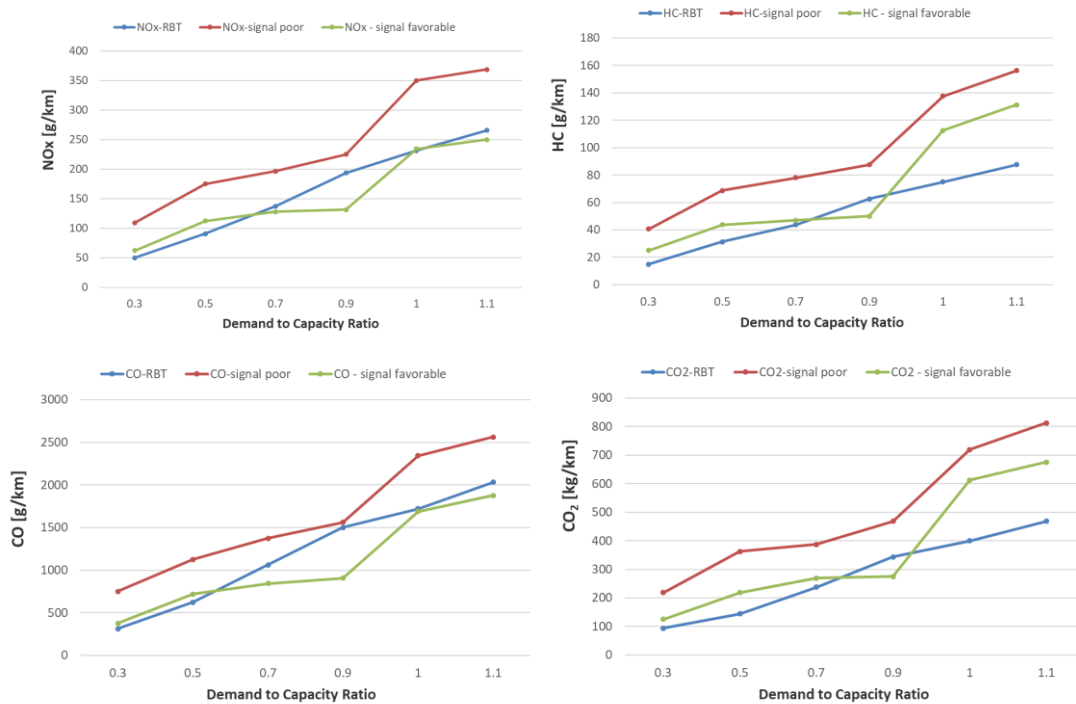


Figure 8 – Comparison of estimated emission rates for CO₂, CO, HC and NO_x for case study of roundabout (RBT) and signalized intersection (Signal) with varying signal progressions and d/c ratios [6]

When traffic is controlled by traffic signals, significant improvements can be achieved in reducing emissions [6]. The results of such studies are shown in Figure 8. With proper traffic signal control, similar results can be achieved, or even lower compared to a roundabout-type intersection.

Conclusions

Based on the analysis, the following conclusions can be drawn:

1. In the architectural design of cities, an important aspect is the design of roads, which should include intersection solutions with the lowest possible environmental impact.
2. The choice and design of intersection type has a significant relationship with fuel consumption and vehicle emissions.
3. Roundabout-type intersections are more favorable in terms of NO_x, HC, PM, CO, and CO₂ emissions and energy (fuel) consumption, especially for low and medium levels of freedom of movement (Level of Service: A-D).
4. Vehicle emissions are determined by a large number of factors, with an associated emission effect for a given type of intersection. This is largely related to traffic volume or geometric dimensions, among other factors.
5. If there is a possibility, two-level intersections, which have the lowest emissions and energy (fuel) consumption of the vehicles traversing them, should be designed, especially on roads with heavy traffic.

List of references

1. Ramadan I.M.I. et al. "Effect of Intersection Control Type on Vehicle Emissions. A case study in Egypt", ERJ, Vol. 51, No 4, 2022, pp. 42-52.
2. Levels of Service for Road Transportation.

<https://transportgeography.org/contents/methods/transport-technical-economic-performance-indicators/levels-of-service-road-transportation/> dostęp: 3-11-2022.

3. Sobota A. „Metoda oceny wpływu typu skrzyżowania drogowego na warunki środowiskowe”, Prace naukowe Politechniki Warszawskiej. Z. 121, 2018.

4. Nowak M. „Wpływ infrastruktury drogowej na emisję spalin z pojazdów samochodowych, Rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska, 2016.

5. Meneguzzo C. et al. “Comparison of exhaust emissions at intersections under traffic signal versus roundabout control using an instrumented vehicle”, Transportation Research Procedia 25C (2017), pp. 1597–1612.

6. Accelerating Roundabout Implementation in the United States – Volume III of VII. Assessment of the Environmental Characteristics of Roundabouts. Publication No. FHWA-SA-15-071, 2015.

ГАЛЬМУВАННЯ АВТОПОЇЗДА З ЧАСТКОВО НАПОВНЕНОЮ ЦИСТЕРНОЮ

Володимир САХНО¹, д-р техн. наук, проф., Денис ПОПЕЛИШ¹, аспірант (PhD студент)

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: автопоїзд, автоцистерна, частково наповнена цистерна, гальмування, механічна еквівалентна система, гідродар

Вступ

Під час гальмування автоцистерни певна частина рідкого вантажу деякий час переміщується відносно тіла цистерни по інерції за напрямком руху. В результаті такого переміщення відбувається перерозподіл навантаг на осі тягача і напівпричепа, що певним чином впливає на максимальні величини гальмівних сил, які можуть бути реалізовані кожним з коліс. Аналіз переміщення рідини всередині частково заповненої автоцистерни за допомогою механічної еквівалентної моделі в процесі гальмування автопоїзда виявив, крім негативного впливу на гальмівні показники, також потенційно позитивні характеристики цього явища.

Мета роботи

Аналіз впливу перетікання рідини на гальмівний шлях автоцистерни.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для визначення впливу руху рідини на гальмівний шлях автоцистерни розглянуто автопоїзд, що екстрено гальмує на рівній горизонтальній поверхні. Автопоїзд обладнаний системою антиблокування коліс та системою розподілу гальмівного зусилля, які дозволяють під час гальмування максимально використовувати силу зчеплення кожного колеса з опорною поверхнею.

Для опису переміщення рідини в рухомій цистерні застосовано метод механічного еквівалентного моделювання [1]. Ключова ідея цього методу полягає в тому, що рідина всередині цистерни може розглядатись як еквівалентне тверде тіло, де сила взаємодії з ємністю прямопропорційна відносному переміщенню тіла.

Кількісні обчислення проведені з використанням технічних характеристик автопоїзда у складі двовісного автомобіля-тягача DAF XF 95 та тривісного напівпричепа з лонжеронною рамою, обладнаного односекційною цистерною прямокутного перерізу загальним об'ємом 28000 л. Вантаж прийнятий еквівалентним 14000 л води, тобто таким, що займає 50 % об'єму цистерни та має масу 14000 кг.

Баланс поздовжніх сил, що діють на автопоїзд у поздовжньому напрямку при гальмуванні:

$$\sum P = \sum F_i, \quad (1)$$

де $\sum P$ – сума поздовжніх сил, що діють на автопоїзд; $\sum F_i$ – сума сил інерції складових частин автопоїзда.

Оскільки прийнята умова, що при гальмуванні автопоїзда максимально

використовується сила зчеплення кожного колеса з опорною поверхнею, то

$$\sum P = P_{\Gamma} + P_{\text{К}} + P_{\text{П}}, \quad (2)$$

де P_{Γ} – сила гальмування; $P_{\text{К}}$ – сила опору коченню коліс; $P_{\text{П}}$ – сила опору повітря.

Для цілей вивчення динамічного впливу рідкого вантажу на автоцистерну силами опору коченню коліс та опору повітря можна знехтувати, і тоді сила гальмування з урахуванням прийнятих умов:

$$P_{\Gamma} = Z_1\mu + Z_2\mu + Z_{\text{В}}\mu = (Z_1 + Z_2 + Z_{\text{В}})\mu, \quad (3)$$

де $Z_1, Z_2, Z_{\text{В}}$ – нормальні реакції опорної поверхні на передній, задній осях тягача та ходовому візку напівпричепа відповідно; μ – коефіцієнт зчеплення коліс із опорною поверхнею.

У разі перевезення рідкого вантажу, враховуючи (2) і (3), вираз (1) набуде такого вигляду:

$$(Z_1 + Z_2 + Z_{\text{В}})\mu = \frac{(G+G_1+G_2)}{g}J, \quad (4)$$

де G, G_1, G_2 – вага тягача, напівпричепа та вантажу відповідно.

Оскільки сума нормальних реакцій опорної поверхні на всі осі автопоїзда дорівнює силі тяжіння всього автопоїзда, то уповільнення під час екстреного гальмування залежатиме лише від коефіцієнта зчеплення:

$$J = g\mu. \quad (5)$$

У разі перевезення рідкого вантажу частина його маси, що переміщується відносно цистерни, не бере участі в уповільненні повною мірою, і вираз (4) перетворюється на вигляд:

$$(Z_1 + Z_2 + Z_{\text{В}})\mu = \left(\frac{G+G_1+G_2}{g} - m \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) \right) J. \quad (6)$$

Звідси випливає, що уповільнення під час екстреного гальмування автоцистерни стає залежним від часу t з моменту початку гальмування:

$$J(t) = \frac{g\mu}{1 - \frac{mg \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)}{G+G_1+G_2}}. \quad (7)$$

Аналіз виразів (6) і (7) показує, що уповільнення автомобіля з рідким вантажем з початкового моменту гальмування буде більшим, ніж під час гальмування з еквівалентним жорстко закріпленим вантажем доти, доки вираз $\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$ не досягне значень ≤ 0 . Зважаючи на те, що у зазначений період швидкість автопоїзда більша, ніж у період негативних значень $\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$, теоретично рух рідини відносно цистерни призводить до зменшення гальмівного шляху (рис. 1).

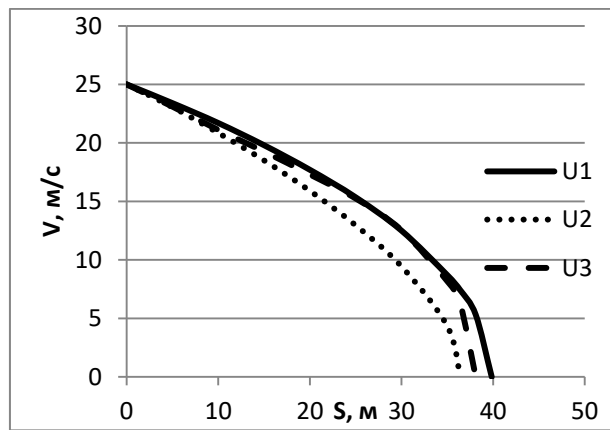


Рисунок 1 – Діаграми гальмівного шляху: U1 – гальмування автопоїзда із жорстко закріпленим вантажем, U2 – гальмування автопоїзда з односекційною цистерною, U3 – гальмування автопоїзда із цистерною із трьома секціями

Така властивість системи з рухомим вантажем підтверджується простим дослідом, який імітує гальмування транспортного засобу із заблокованими колесами. На похилу поверхню встановлюється рухома платформа 4 (рис. 2), на якій за допомогою пружини 2 закріплюється вантаж 3. Вантаж має можливість рухатись вздовж платформи завдяки застосування рухливих шарнірів. Також рух вантажу відносно платформи можна заблокувати. Сама платформа підвішена на пружині 1 і рухається вздовж похилої поверхні на опорах тертя.

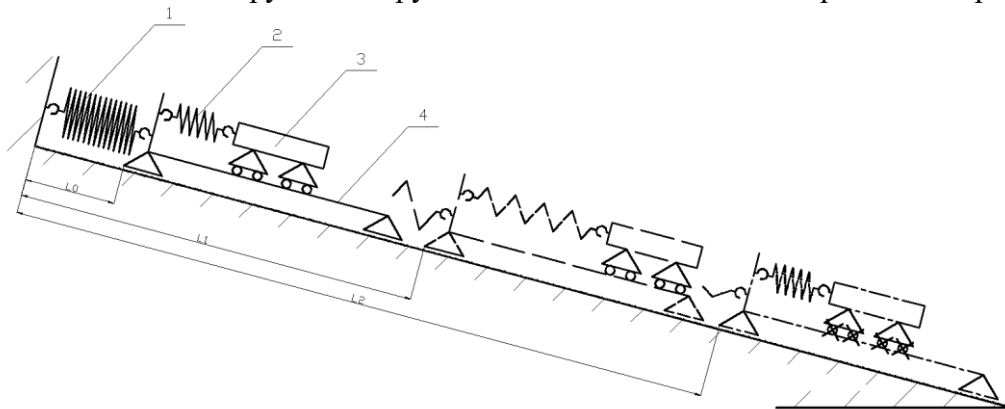


Рисунок 2 – Дослід виміру гальмівного шляху рухомим та нерухомим вантажем: 1 – пружина рухомої платформи, 2 – пружина вантажу, 3 – вантаж, 4 – рухома платформа

Рухому платформу спускають з відстані L_0 по черзі з рухомим та заблокованим вантажем. З рухомим вантажем платформа спускається на відстань L_1 , із заблокованим на відстань L_2 . За результатами випробувань відстань L_2 суттєво перевищує відстань L_1 .

Однак на практиці вільна поверхня рідини, що переміщується, в якийсь момент досягає стелі цистерни (рис. 2), внаслідок чого остання отримує імпульс, спрямований вгору, що, в свою чергу, призводить до зменшення значення $Z_1 + Z_2 + Z_B$ і, відповідно, зменшенню сили гальмування P_G .

Вищесказане призводить до висновку, що може існувати спосіб перетворити енергію переміщення рідини всередині цистерни на позитивний з точки зору гальмування ефект. Наприклад, якщо розташувати хвилерізи всередині цистерни з нахилом, як показано на рис. 3.

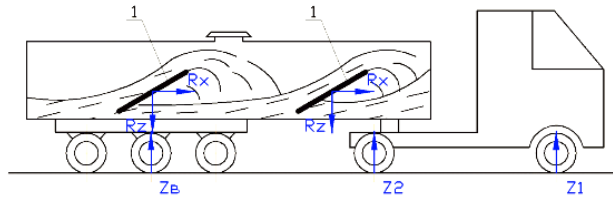


Рисунок 3 – Використання переміщення рідини всередині цистерни підвищення ефективності гальмівних показників автопоїзда з допомогою хвилерізів (поз.1), які розташовані під нахилом

При гальмуванні рідина, зміщуючись вперед, набігає на похилі хвилерізи цистерни, завдяки чому на них виникає реакція R . Вертикальна складова реакції R_z спрямована вниз, чим збільшує суму реакцій опорної поверхні $Z_1 + Z_2 + Z_x$, що, у свою чергу, збільшує гальмівну силу P_2 .

Висновки

Встановлено, що з точки зору збереження енергії, зменшення гальмівного шляху частково заповненої цистерни пояснюється тим, що частина сумарної кінетичної енергії системи з рухомим вантажем під час гальмування витрачається на подолання опору внутрішньому переміщенню вантажу.

Список літератури

1. Шимановский, А.О. Особенности построения математических моделей автоцистерн при моделировании их динамики // А.О. Шимановский // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2016. – № 2(24). – С. 52-59.

ДО ПИТАННЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Ігор ХІТРОВ¹, канд. техн. наук, доц.

¹Національний університет водного господарства та природокористування (Україна)

Ключові слова: транспортний засіб, ефективність, критерії, показники, оцінка

Вступ

Конструктивна досконалість і ефективність транспортного засобу (надалі в тексті ТЗ) характеризуються визначеним поєднанням технічних параметрів для досягнення максимального результату транспортного процесу перевезень у конкретних умовах експлуатації з дотриманням заданого рівня безпеки.

Мета роботи

Для оцінки ефективності ТЗ застосовують різні критерії, найчастіше вибирають конструктивні параметри або показники експлуатаційних властивостей, які залежать від конструктивних рішень і будуть насамперед визначати досконалість процесу перевезень.

Виклад основного матеріалу дослідження

Загалом, ефективність будь-якого процесу оцінюється як відношення корисного результату до затрат на його отримання.

За рівнем складності критерії ефективності поділяють на одиничні показники окремих властивостей, узагальнені, комплексні та інтегральні.

Одиничними показниками зручно давати прогнозну (попередню) оцінку конструктивної ефективності ТЗ внаслідок простоти і стабільності умов їх визначення. До них можна віднести наступні: максимальна швидкість руху ТЗ, контрольна витрата палива, максимальна сила тяги на ведучих колесах, максимальний гальмівний шлях та ін.

Узагальнені критерії враховують конкретні дорожні умови руху ТЗ, а також показники експлуатаційних властивостей, які накладають обмеження на умови руху. В якості такого

критерію приймають середню швидкість руху на маршруті (технічну, експлуатаційну).

Величина швидкості залежить від динамічних якостей ТЗ, його технічного стану, ступеня використання вантажопідйомності, дорожніх умов, інтенсивності руху і структури транспортного потоку, частоти і тривалості зупинок, пов'язаних з регулюванням руху, кваліфікації водія, особливостей перевезеного вантажу.

В якості комплексного критерію вибирають продуктивність ТЗ W_{mp} . Функціональну залежність продуктивності ТЗ від його конструктивних параметрів можна представити наступними чином:

– для вантажних ТЗ

$$W_{mp} = A_e \cdot f(q_a, \gamma, V_m, t_{np}, \alpha); \quad (1)$$

– для пасажирського ТЗ

$$W_{mp} = A_n \cdot f(n, V_e, \alpha), \quad (2)$$

де A_e, A_n – сумарний коефіцієнт, який визначає перевізний процес, відповідно вантажного і пасажирського ТЗ (враховує річну кількість днів роботи ТЗ, час знаходження в наряді, коефіцієнт наповнення салону або кузова ТЗ та ін.); q_a – номінальна вантажопідйомність ТЗ; γ – коефіцієнт використання вантажопідйомності; t_{np} – час простою ТЗ під навантажувально-розвантажувальними операціями за одну їздку; α – коефіцієнт річного використання ТЗ; n – загальна кількість пасажирських місць.

Інтегральний критерій дозволяє враховувати кінцевий результат і понесені витрати в єдиному вартісному вигляді, наприклад, рентабельності перевезень R [1]:

$$R = \frac{\Pi_n}{3_p}, \quad (3)$$

де Π_n – річний прибуток підприємства від експлуатації ТЗ, у.о.; 3_p – річні витрати на експлуатацію ТЗ, у.о.

Критерієм ефективності транспортного процесу перевезень в даних умовах може бути показник енергоємності руху K_{mp} [2]

$$K_{mp} = \frac{N_e}{W_{mp.g}}, \quad \frac{\text{кВт}}{\left(\frac{\text{т} \cdot \text{км}}{\text{год}}\right)} \text{ або } \frac{\text{кВт}}{\left(\frac{\text{пас} \cdot \text{км}}{\text{год}}\right)}, \quad (4)$$

де N_e – потрібна в даних умовах ефективна потужність силової установки, кВт; $W_{mp.g}$ – транспортна годинна продуктивність вантажного ТЗ (т·км/год.) або пасажирського ТЗ (пас·км/год.).

Енергоємність перевезень K_{mn} можна визначити за енергетичною складовою, наприклад, витратою пального [3]

$$K_{mn} = \frac{100 \cdot Q_{np} \cdot \rho_n \cdot \lambda}{W_{mp.c}}, \quad \frac{\text{кДж}}{\text{т} \cdot \text{км}} \text{ або } \frac{\text{кДж}}{\text{пас} \cdot \text{км}}, \quad (5)$$

де Q_{np} – річна витрата палива, л; ρ_n – густина палива, кг/дм³; λ – теплотворна здатність палива, кДж/кг; $W_{mp.c}$ – середньорічна продуктивність вантажного ТЗ (т·км) або пасажирського ТЗ (пас·км).

Металоємність перевезень M ТЗ характеризує затрати металу на одиницю транспортної роботи [4]

$$M = \frac{(m_o - m_n - m_m + m_z)}{W_{mp.c} \cdot T_a \cdot \eta_m}, \quad \frac{\text{кг}}{1000 \text{ т} \cdot \text{км}} \text{ або } \frac{\text{кг}}{1000 \text{ пас} \cdot \text{км}}, \quad (6)$$

де m_o – маса ТЗ в спорядженому стані, кг; m_n – маса неметалевих частин ТЗ, кг; m_m – маса паливо-рідинних заправних матеріалів, кг; m_z – маса запасних частин і металу, що витрачається за амортизаційний термін роботи ТЗ, кг; $W_{mp.c}$ – середньорічна продуктивність

вантажного ТЗ (т·км) або пасажирського ТЗ (пас·км); T_a – амортизаційний термін служби ТЗ, роки; η_m – коефіцієнт використання металу на виготовлення ТЗ.

Висновки

Таким чином, визначивши технічний рівень ТЗ шляхом порівняння отриманих показників досконалості конструкції, пристосованості до умов експлуатації, безпечності і функціональності та порівнявши їх з нормативними (еталонними) значеннями, можна провести аналіз ефективності запропонованих рішень, в тому числі запроектувати їх на перспективу.

Список літератури

1. М.О. Турченко, М.Д. Швець, М.Є. Кристочук. *Планування діяльності автотранспортного підприємства*. Рівне: НУВГП, 2013, 299 с.
2. М.Ф. Кошарний. *Основи механіки та енергетики автомобіля*. К.: Вища шк., 1992, 220 с.
3. В.В. Крук, Т.Д. Навроцька, Р.В. Хорошун. *Логістика: конспект лекцій*. Тернопіль: ТНТУ, 2016, 130 с.
4. І.О. Хітров, М.Є. Кристочук, В.М. Никончук. *Експлуатаційні властивості транспортних засобів*. Рівне: НУВГП, 2022, 176 с.

ASSESSMENT OF ENERGY EFFICIENCY OF CITY BUSES TRANSPORT WORK

Mirosław ŚMIESZEK¹, Assoc.Prof., Jakub MOŚCISZEWSKI¹, Lect.

¹Rzeszów University of Technology (Poland)

Keywords: energy efficiency, transport work, city bus, public transport, fuel consumption

Introduction

World is facing the sudden rise of energy prices in year 2022 [1]. Increased energy prices mean increased cost of transport operation. Transport companies need to lower energy consumption in order to stay profitable. Public transport in cities serves important socially functions [2]. One method of measuring public transport energy requirement is calculating fuel consumption per transport work. Urban public transport has different means of transport: bus, tram and subway. There are already efforts made to increase energy efficiency of public buses [3, 4]. Although diesel buses are gradually replaced by alternatives, they still are widely used [5-7]. Road transport is a source of environmental and health issues – it is producing greenhouse gases and air pollution [8, 9].

Rzeszów Urban Transport Company has only buses in their fleet. Most of those buses are powered by diesel engine. Lowering fuel consumption of city bus means lowering exhaust emissions produced, thus improving air quality in the city, and lowering greenhouse gases emissions. Urban Transport Company can take some measures to reduce cost, for example reduce number of courses or choose to run smaller buses, which have lower fuel consumption [10]. But decisions have to be made wisely for public transport to be able to meet passenger demand.

The purpose of the work

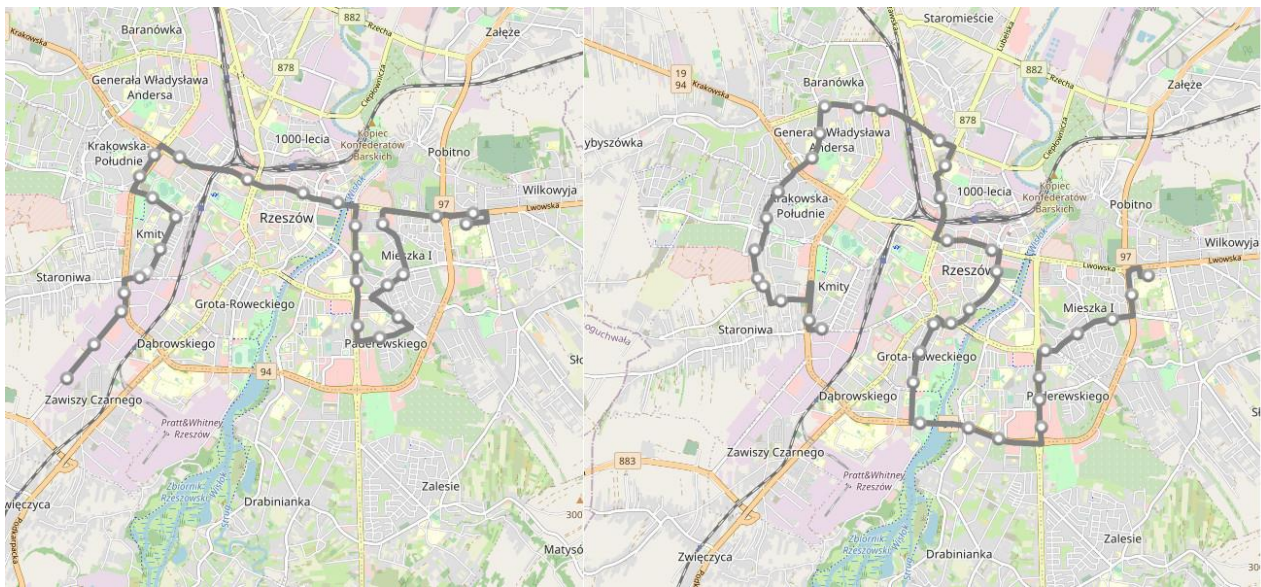
The purpose of this work is determining of energy efficiency of city buses transport work.

Assessment of transport work energy efficiency

Research objects are 2 city buses: articulated bus 760 driving on bus route number 17 and bus 810 driving on bus route number 13. Specifications of studied buses are shown in Table. Bus routes number 13 and 17 are shown in Figure 1.

Table 1 – Specifications of studied buses

Bus number		760	810
Bus model		Solaris Urbino 18	Mercedes-Benz O530
Engine type		Diesel	Diesel
Passenger capacity	Seating	53	35
	Standing	103	55
	Total	157	90
Year of production		2018	2012



(a) (b)
Figure 1 – Bus routes; (a) number 17; (b) number 13

Research was conducted from 09.05.2022 to 13.05.2022. Studied buses have onboard system of counting passengers. Buses were refueled at the end of the day and their mileage and refueling data were noted.

Figure 2 shows total daily transport work for both buses studied. Both buses daily mileage was within 5% range. As can be seen, bus 810 had more passengers on average.

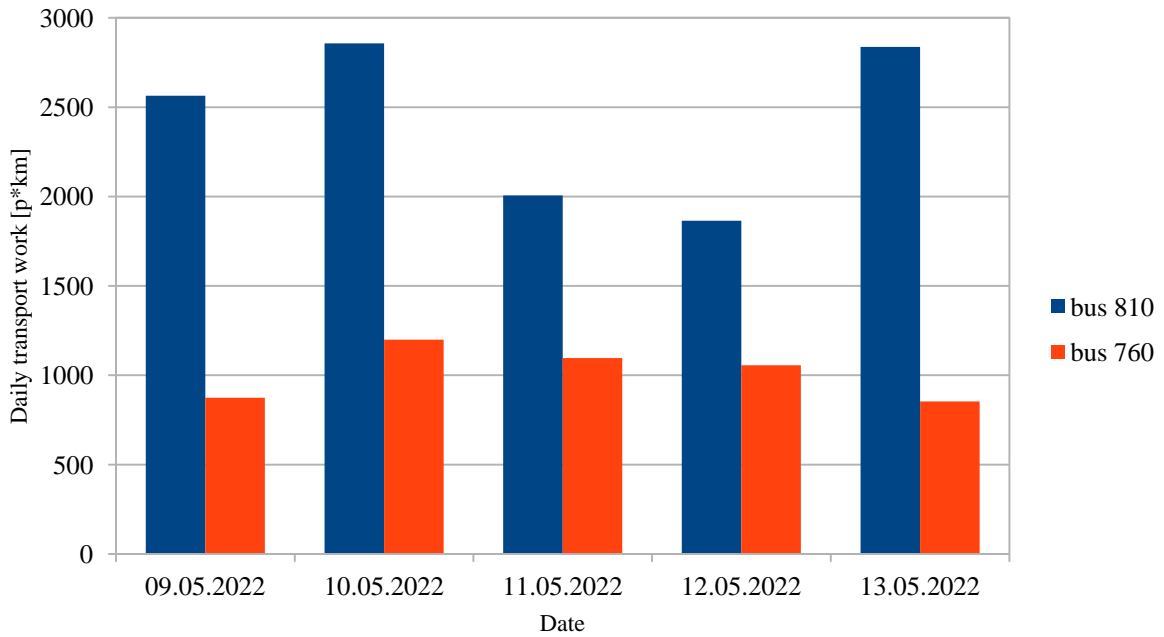


Figure 2 – Total daily transport work of buses 760 and 810

Figure 3 shows average daily fuel consumption of both buses. As can be seen, bus 760 had higher average fuel consumption than bus 810.

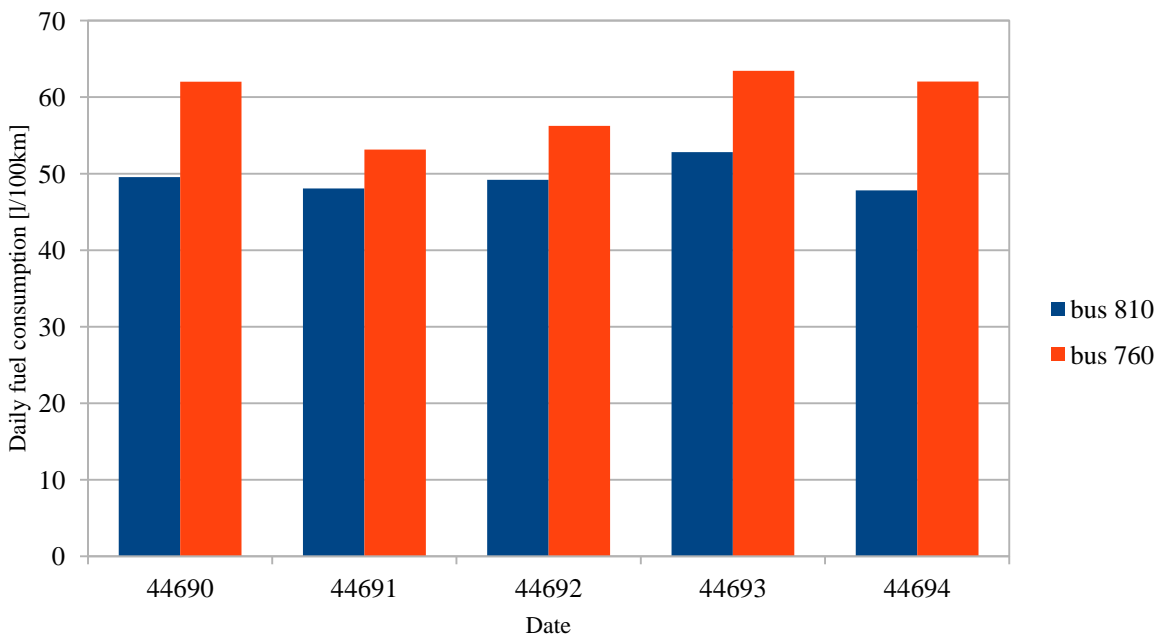


Figure 3 – Average daily fuel consumption of buses 760 and 810

Figure 4 shows average daily fuel consumption per transport work. As can be seen, bus 810 had significantly lower fuel consumption per transport work than bus 760. Two things are contributing to that fact: lower fuel consumption and bigger transport work.

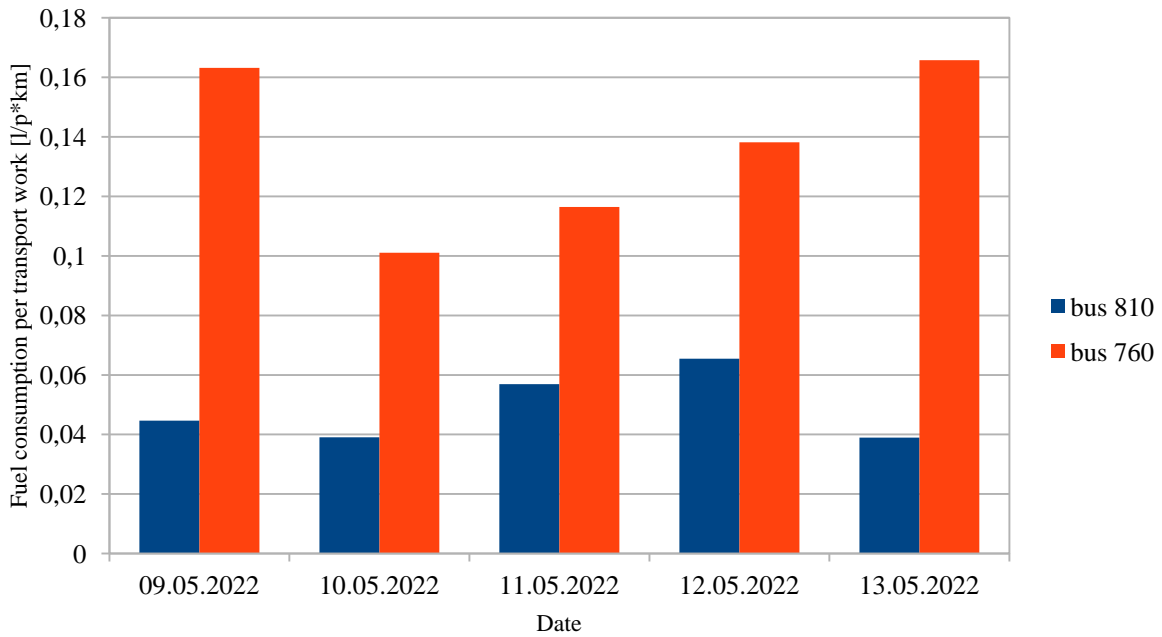


Figure 4 – Average daily fuel consumption per transport work for buses 760 and 810

Figure 5 shows maximum number of passengers onboard for both buses. As can be seen, during the studied period no more than 38% of passenger capacity of bus 760 and no more than 62% of passenger capacity of bus 810 were used.

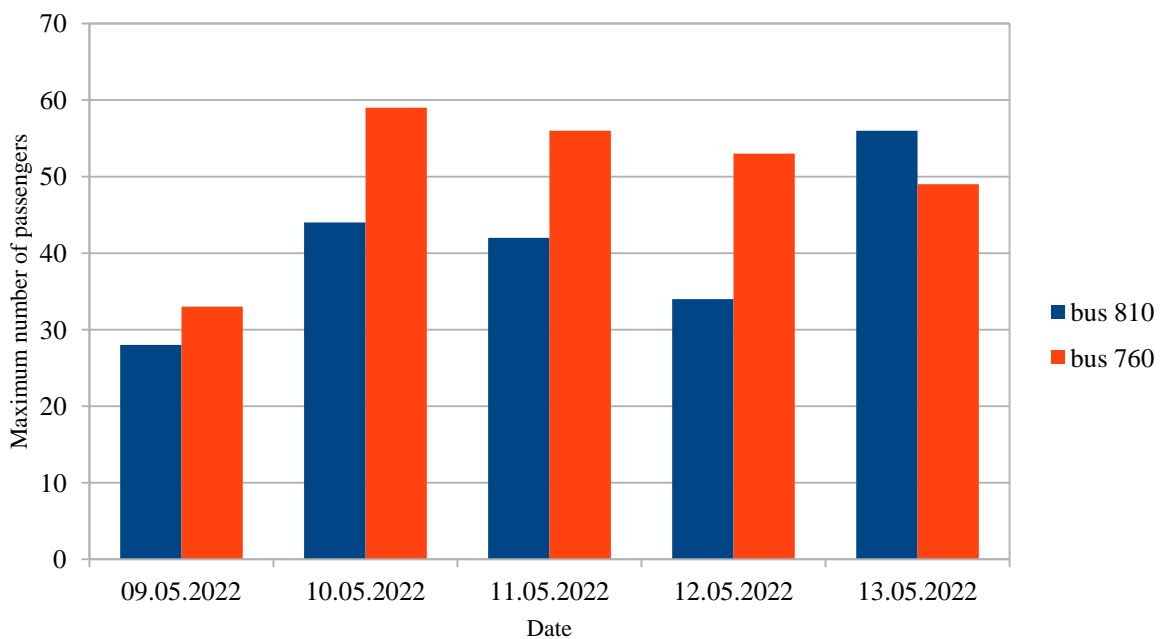


Figure 5 – Maximum number of passengers onboard for buses 760 and 810

Conclusions

Articulated bus has higher fuel consumption than normal bus. In order to increase energy efficiency of public bus transport work, decision to run articulated bus should be wisely made based on available data. During research period articulated bus 760 performed less transport work than bus 810, but consumed more fuel. That lead to significantly higher fuel consumption per transport work of bus 760 that of bus 810. At no point during the period studied, did the number of passengers in bus 760 exceed passenger capacity of bus 810, thus bus 810 would suffice to meet passengers demand on route number 17 and lower both overall fuel consumption and fuel consumption per transport work.

List of references

1. L. Kilian and X. Zhou, "The impact of rising oil prices on U.S. inflation and inflation expectations in 2020–23," *Energy Economics*, vol. 113, p. 106228, 2022.
2. E. Chikishev and D. Chainikov, "Assessment of external factors influence on the fuel consumption of a diesel bus operating on a City Route," *Transportation Research Procedia*, vol. 61, pp. 354–360, 2022.
3. M. Tozzi, M. V. Corazza, U. Guida, and A. Musso, "Testing innovations for increased energy efficiency of electric buses: Evidence from the EBSF_2 Project," *Transportation Research Procedia*, vol. 48, pp. 2166–2175, 2020.
4. M. Wendeker, M. J. Geça, Ł. Grabowski, K. Pietrykowski, and N. Kasianantham, "Measurements and analysis of a solar-assisted city bus with a diesel engine," *Applied Energy*, vol. 309, p. 118439, 2022.
5. P. Muñoz, E. A. Franceschini, D. Levitan, C. R. Rodriguez, T. Humana, and G. Correa Perelmuter, "Comparative analysis of cost, emissions and fuel consumption of diesel, natural gas, electric and hydrogen urban buses," *Energy Conversion and Management*, vol. 257, p. 115412, 2022.
6. S. Shao, Z. Tan, Z. Liu, and W. Shang, "Balancing the GHG emissions and operational costs for a mixed fleet of electric buses and diesel buses," *Applied Energy*, vol. 328, p. 120188, 2022.
7. A. Pourahmadiyan, P. Ahmadi, and E. Kjeang, "Dynamic Simulation and Life Cycle Greenhouse Gas Impact Assessment of CNG, LNG, and diesel-powered transit buses in British Columbia, Canada," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 92, p. 102724, 2021.
8. F. Rosero, N. Fonseca, J.-M. López, and J. Casanova, "Real-world fuel efficiency and emissions from an urban diesel bus engine under transient operating conditions," *Applied Energy*, vol. 261, p. 114442, 2020.
9. A. Gómez, P. Fernández-Yáñez, J. A. Soriano, L. Sánchez-Rodríguez, C. Mata, R. García-Contreras, O. Armas, and M. D. Cárdenas, "Comparison of real driving emissions from Euro VI buses with diesel and compressed natural gas fuels," *Fuel*, vol. 289, p. 119836, 2021.
10. V. O'Riordan, F. Rogan, B. Ó Gallachóir, T. Mac Uidhir, and H. Daly, "How and why we travel – mobility demand and emissions from Passenger Transport," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 104, p. 103195, 2022.

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПОЛІПШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ ПРИ РОБОТІ НА БЕНЗОСПИРТОВИХ СУМІШАХ

Олександр ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ¹, канд. техн. наук, доц., Олег ДВІРНИК¹, аспірант (PhD студент)

¹ Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: біоетанол, спиртові сполуки, бензиновий двигун, паливна економічність, альтернативне паливо, сумішеве паливо

Вступ

На сьогоднішній день у промислово розвинутих країнах світу основним джерелом забруднення атмосфери є автомобільний транспорт, кількість якого безупинно росте, а отже, зростає і негативний вплив автомобільного транспорту на довкілля. Постійне зростання обсягів пасажирських і вантажних перевезень автомобільним транспортом призводить до збільшення обсягів видобування невідновлюваного палива та збільшення кількості шкідливих речовин, які надходять у атмосферу з відпрацьованими газами двигунів. Отже, на сьогоднішній день вагомим значення набуває питання зменшення викидів шкідливих речовин від транспорту в довкілля. Одним із шляхів поліпшення екологічних показників бензинових двигунів є застосування добавки спиртовмісних сполук до бензину [1-3].

Мета роботи

Аналіз шляхів поліпшення екологічних показників двигунів з іскровим запалюванням за рахунок застосування добавок спиртових сумішей до традиційного бензину.

Виклад основного матеріалу дослідження

Основними шкідливими речовинами, які забруднюють атмосферу, є оксид вуглецю CO, вуглеводні C_mH_n , в тому числі такі, що мають канцерогенні властивості, оксиди азоту NO_x , тверді частинки і сажа C, двооксид сірки SO_2 та інші. Одним із напрямів зниження забруднення навколишнього середовища автомобільним транспортом є розширення застосування альтернативних палив. Одним із перспективних палив, що можуть застосовуватися на автомобільному транспорті, може бути сумішевий бензин. Сумішевий бензин – це суміш традиційного бензину із добавкою спирту (етанол або метанол).

Метанол має досить високі токсичні властивості, і для застосування його на транспорті в якості палива необхідне переобладнання двигуна транспортного засобу, тому він рідше застосовується на автомобільному транспорті.

Застосування етанолу в якості палива для двигунів внутрішнього згорання є актуальним предметом досліджень усіх світових наукових центрів уже кілька десятиліть. Початок використання етанолу в якості моторного палива починається від часу появи перших двигунів внутрішнього згорання.

Зараз у всьому світі відбуваються глобальні зміни у структурі виробництва енергії [4]. Ці тенденції вже привели до того, що на сьогодні частка різних видів біопалива в загальному обсязі споживання енергії становить близько 14 %. У сільському господарстві 17 % врожаю кукурудзи, 19 % цукрової тростини і 13 % виготовленої рослинної олії спрямовуються на виробництво біопалива.

За даними досліджень [4] виробництво біоетанолу є сектором біопаливної галузі, що наразі розвивається найбільш динамічно. На його частку припадає 85 % світового виробництва біопалив. Найбільші країни-виробники – США і Бразилія – забезпечують 89 % загальносвітового виробництва. В ЄС працює близько 50 заводів з випуску біоетанолу, які забезпечують 10–15 % світового виробництва. Головним напрямом використання біоетанолу є отримання паливних сумішей (етанол + бензин) з високим енерговмістом. В Україні біоетанол отримують з меляси. Його річне виробництво становить 36 тис. т, що відповідає приблизно 0,7 % світового виробництва. Для виробництва КМПА (компонент моторного палива альтернативного) в 99,85 % випадків використовують біоетанол першого покоління, який виробляють з продовольчої сировини, багатой на цукор або крохмаль. Це спричинює протиріччя між популяризацією біопалива та забезпеченням продовольчої безпеки, особливо гострою ця проблема є у країнах Азії та Африки.

Науково обґрунтовано та знайшло підтвердження на практиці, що в якості палива можливо використовувати етанол як добавку до бензину. Це дозволяє суттєво зменшити витрати нафтопродуктів та викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами в навколишнє середовище [5].

Біоетанол – це зневоднений етиловий спирт, вироблений із біологічної відновлюваної сировини. Він може бути вироблений із сировини, яка містить крохмаль або цукор, шляхом бродіння, наприклад із зернових культур, картоплі, цукрового буряку або цукрової тростини. Також в якості сировини для його виробництва використовують продукти лісового господарства та деревообробної промисловості. В Україні виробництво біоетанолу можливе із кукурудзи та цукрових буряків. Попри великі посівні площі, що можуть бути виділені для вирощування кукурудзи, слід зауважити, що процес її збирання та переробки досить затратний та вимагає значного внесення мінеральних добрив, використання пестицидів, тому під час виробництва біоетанолу з цієї культури слід вирішити ряд питань ресурсного забезпечення технологій для її вирощування [6, 7]. Виробництво біоетанолу із цукрових буряків є більш перспективним, ніж з кукурудзи, оскільки потребує значно менше енергії, не потребує солоду або ферментних препаратів, частина яких у собівартості складає до 5 %. Також біоетанол можна отримувати шляхом переробки головної фракції етилового спирту, сивушного масла, конфіскатів, спиртовмісних відходів, тощо [6, 7].

У роботі [8] представлено результати порівняльних досліджень випробування сучасного чотирициліндрового двигуна 4С 7,65/7,56 (Volkswagen BBY), обладнаного системою впорскування палива зі зворотнім зв'язком, рециркуляцією та системою нейтралізації ВГ. У якості моторного палива було використано сумішевий бензин із вмістом спирту 0, 9, 18, 27 та 36 % за об'ємом. За результатами дослідження встановлено, що при використанні спиртів збільшуються концентрації кисню в паливі, що сприяє більш повному згорянню палива та зменшенню масових викидів вуглеводнів, оксиду вуглецю, діоксиду вуглецю. До недоліків спиртовмісних бензинів належать менша, ніж у штатного бензину, теплотворна здатність та підвищений викид оксидів азоту через наявність вільного кисню.

У роботі [9] представлено результати стендових і дорожніх випробувань двигунів за живлення спиртовмісним паливом. З використанням математичного моделювання роботи двигуна та системи управління двигуном виконано порівняльне дослідження впливу використання бензину та спиртовмісних палив Е15-Е100 на зміну коефіцієнту надміру повітря, витрату палива та викиди шкідливих речовин у неусталених режимах роботи двигуна з різною інтенсивністю зміни частоти обертання та навантаження двигуна. За результатами досліджень встановлено, що використання палива із вмістом етанолу більше 50 % не доцільне, оскільки призводить в основному до погіршення показників двигуна та автомобіля. Причинами такого погіршення поряд із зниженням теплоти згорання палива є низька адаптація параметрів керування двигуном до використання спиртовмісних палив у неусталених режимах. Поліпшити показники автомобіля з неадаптованим двигуном до живлення СВП можливо шляхом зміни характеристик системи керування двигуном, що планується у подальшому дослідженні.

Експериментальні дослідження показників екологічної безпеки сучасного двигуна з іскровим запалюванням представлені в роботі [10]. Ці дослідження були направлені насамперед на визначення масових витрат палива і повітря та концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах до і після їхньої обробки системою нейтралізації за роботи на традиційному бензині та спиртовмісному паливі із вмістом біоетанолу більше 20% у різних швидкісних і навантажувальних режимах роботи двигуна.

За результатами досліджень [10] паливної економічності та екологічних показників двигуна з іскровим запалюванням з системою впорскування і нейтралізацією відпрацьованих газів за роботи на бензині і спиртовмісному паливі встановлено, що використання спиртовмісного палива з вмістом біоетанолу 25 % за масою призводить до збільшення абсолютної витрати палива на 10,8–10,9 % та зниження ефективності нейтралізації оксидів азоту. При цьому, енергетичні показники двигуна та ефективність використання спиртовмісного палива в тепловому еквіваленті практично не відрізняються від таких же показників роботи двигуна при живленні бензином.

Висновки

У результаті аналізу літературних джерел встановлено, що в Україні є досить великі можливості для виробництва біоетанолу з різного виду сировини. Встановлено, що додавання біоетанолу до товарного бензину призводить до незначного підвищення витрати палива за рахунок меншої теплоти згорання сумішевого палива та дозволяє поліпшити екологічні показники двигуна з іскровим запалюванням і розширити сировинну базу для палива, що використовується на транспортних засобах.

Список літератури

1. Автомобильные дороги: безопасность, экологические проблемы, экономика (российско-германский опыт) / Под ред. В.Н. Луканина. – М.: Логос. 2002. – 464 с.
2. Hamid H. Handbook of MTBE and other gasoline oxygenates / H.. Hamid. M. A. Ali. – New York: Basel. 2004. – 375 p.
3. Palmer F.H. Vehicle performance of gasoline containing oxygenates / F.H. Palmer // International conference on petroleum based and automotive applications. – London: Institution of Mechanical Engineers Conference Publications. MEP. 1986. – P. 36-46.
4. Долинський А.А., Ободович О.М. Реалії сьогодення та перспективи виробництва біоетанолу як компонента сумішевих палив. Вісник НАН України – К.: 2019. – №11, С. 29-

37. doi.org/10.15407/visn2019.11.029.

5. Добровольський О.С., Карев С.В., Ступак Н.С. Вплив добавки етанолу до бензину на екологічні показники роботи сучасного бензинового двигуна. *Sistemy i srodki transportu samochodowego. Problemy eksploatacji i diagnostyki. Monografia №1 4. Seria: Transport. Rzeszow. 2018. С. 53-59.*

6. Овчінніков Д.В. Біоетанол як моторне паливо: переваги і ноліки. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки» – К.: НТУ, 2017. – № 1(37). – С. 300-307.*

7. Климчук О.В., Висоцька В.В. Виробництво біоетанолу – перспективна галузь в Україні / Климчук О.В., Висоцька В.В. *Збірник наукових праць ВНАУ. № 1(56). Том 3. 2012. С. 98-103.*

8. Добровольський О.С., Цюман М.П., Ступак Н.С. Сосіда С.В. Вплив добавки спирту до бензину на викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами двигуна з іскровим запалюванням. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки» – К.: НТУ, 2021. – № 3(50). – С. 57-66.*

9. Tsiuman, M.P., Yakovlieva, A., Tsiuman, Y., Dobrovolskyi, O. et al., “Evaluation of Ethanol-Containing Fuel Supply Control Efficiency in Spark Ignition Engine,” *SAE Technical Paper 2021-01-1232, 2021, doi:10.4271/2021-01-1232.*

10. Цюман М.П., Шевчук І.О., Артеменко Р.В., Бориско С.Г. Дослідження паливної економічності та екологічних показників двигуна з іскровим запалюванням під час використання спиртовмісного палива. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки» – К.: НТУ, 2017. – № 1(37). – С. 424-433.*

ВПЛИВ ТУРБОНАГНІТАЧА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Надія КУЦЬ¹, канд. техн. наук

¹Луцький національний технічний університет (Україна)

Ключові слова: двигун внутрішнього згоряння, турбонаддув, ефективність роботи, спалювання палива, коефіцієнт стиснення повітря, турбіна

Вступ

Ефективність роботи двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) визначається умовами, за яких реалізується спалювання оптимальної кількості палива, що подається в камеру згоряння, та сам процес горіння. На режим спалювання палива за оптимального горіння впливають термодинамічні параметри парової суміші, і особливо важливе співвідношення газового палива і окислювача (повітря), що реалізуються в камері згоряння, тобто як оптимально вибраний коефіцієнт стиснення повітря. Коефіцієнт стиснення повітря кожного ДВЗ конструктивно встановлюється відповідно до технічних умов експлуатації, і змінити його для кожного виду пального не завжди є можливим. Таку проблему можна вирішити іншим шляхом: змінити тиск повітря, що нагнітається примусово в циліндри двигуна внутрішнього згоряння, використовуючи турбонаддув, забезпечуючи максимальний індикаторний коефіцієнт корисної дії (ККД) двигуна та показник ефективності. У цьому випадку система управління двигуном ускладнюється. Для кожного режиму роботи двигуна кількість дозованого повітря може бути певного значення, що обумовлює максимально повне згоряння.

Мета роботи

У зв'язку з цим виникає мета дослідження: як впливає ступінь компресії повітря на режим горіння паливо-повітряної суміші в двигуні Отто і режим горіння в дизелі. Поставлену мету можна вирішити за рахунок певних завдань:

- розглянути роботу турбокомпресора з позицій термодинаміки та з'ясувати, чому такий підхід не дозволяє повністю контролювати різні режими горіння палива;
- застосувати молекулярно-кінетичну теорію для опису роботи турбокомпресора;
- отримати дані щодо температури та тиску залежно від компресії повітря для дизеля;
- отримати дані щодо температури та тиску залежно від компресії повітря для ДВЗ, що працює за циклом Отто.

Виклад основного матеріалу дослідження

Послідовно розглянемо поставлені завдання для здійснення режиму оптимального горіння палива в ДВЗ залежно від компресії повітря, що подається в циліндри двигуна.

Розглянемо принцип роботи турбонагнітача на основі використання енергії, що надходить у вигляді тепла вихлопних газів. Потік вихлопних газів спрямований на крильчатку робочого колеса турбіни, яка закріплена на одному валу з компресором, що нагнітає тиск повітря в циліндри двигуна. Турбіна не змінює швидкість переміщення газу і перетворює теплову енергію на механічну роботу [1], яка споживається компресором. Таким чином, вихлопні гази мають меншу температуру. Ефективність працюючого двигуна внутрішнього згорання з турбонаддувом вища, ніж без використання турбонаддуву.

Принципова схема турбокомпресорної установки приведена на рис. 1.

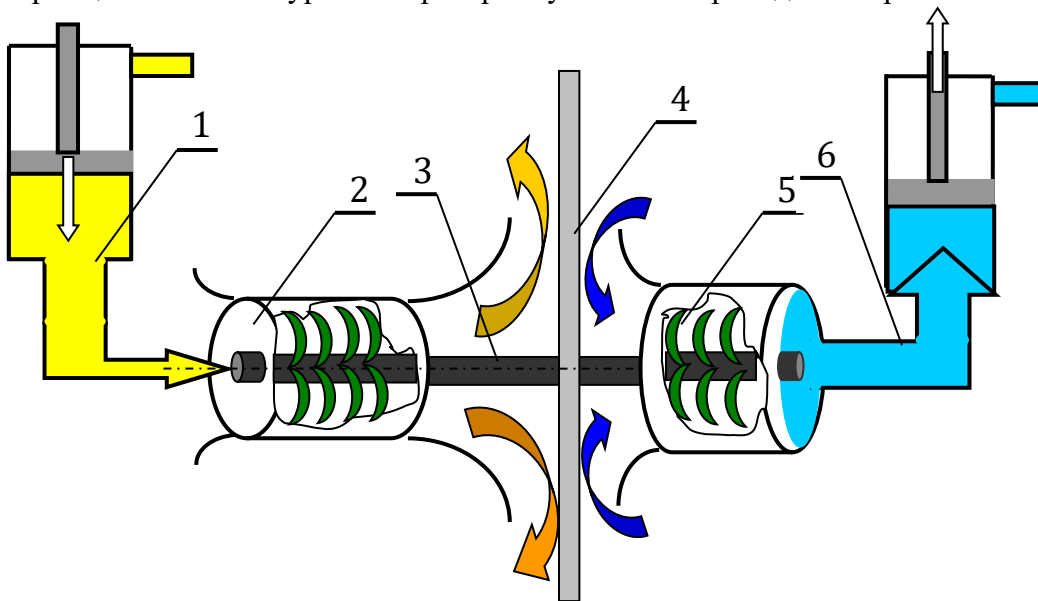


Рисунок 1 – Принципова схема турбонаддуву: 1 – циліндр, що працює за четвертим тактом; 2 – турбіна; 3 – загальна вісь обертання; 4 – роздільна стінка; 5 – компресор; 6 – циліндр, що працює за першим тактом

Вихлопні гази з циліндра 1, виконуючи четвертий такт, надходять до турбіни 2 на осі 3, на якій монтується компресор. Компресор 5 під тиском нагнітає повітря з навколишньої атмосфери в циліндр 6, який виконує на даний момент перший такт чотиритактного двигуна внутрішнього згорання.

Розглянемо термодинамічний метод аналізу турбонаддуву. Процес турбонаддуву з термодинамічних позицій розглянутий в роботі [1]. Якщо прийняти, що в процесі вихлопу відпрацьованих газів тиск не зазнає істотних змін, то цикл Отто видозмінюється і набуває форми, показаної на рис. 2.

В результаті за рахунок енергії, яка виділяється під час згорання палива, отримуємо роботу двигуна і турбіни двигуна. Енергія вихлопних газів перетворюється в механічну роботу турбіни.

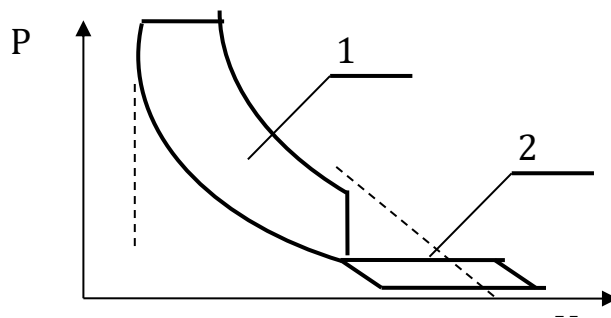


Рисунок 2 – Замкнутий термодинамічний цикл: 1 – Отто; 2 – турбіни

Ефективність використання енергії, яка виділилась після згоряння палива, збільшується за рахунок підвищення тиску в камері згоряння (КЗ) завдяки більш повному його згорянню, і робота турбіни теж була додана. За оцінками, описаними в роботі [2], рівень використання енергії при спалюванні палива для дизельних двигунів збільшується 5-6 %, а для карбюраторного ДВЗ – до 10-12 %. У цьому випадку інтерес представляє не коефіцієнт використання енергії згоряння палива, а коефіцієнт потужності двигуна за його механічною характеристикою. Тому термодинамічний підхід не дає позитивний результат. Ситуація є більш складною, ніж здається з термодинамічних позицій. Потрібні інші підходи.

Підхід на основі молекулярно-кінетичної теорії турбонаддуву. Розглянемо вплив турбонаддуву на роботу ДВЗ, застосовуючи дану теорію.

У випадку роботи турбодизеля повітря, що нагнітає компресор в КЗ, збільшує загальну кількість молекул повітря. Кількість теплоти, що виділяється в КЗ, після того, як відбулося спалювання не змінено, а загальна кількість частинок, що сприймає цю енергію, збільшується. Залежно від величини стиснення повітря χ компресором на вході в КЗ, як змінюється температура і зростає тиск паливоповітряної суміші показано на рис. 3.

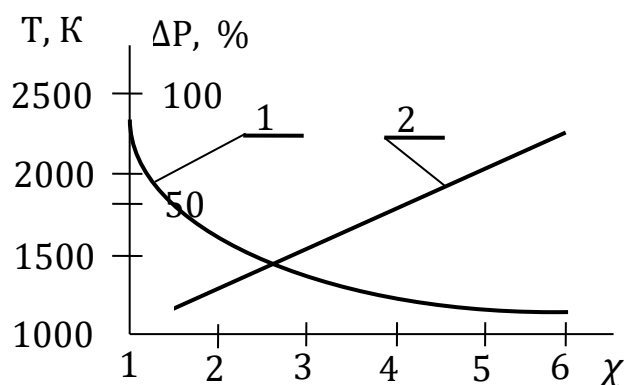


Рисунок 3 – Залежність від величини стиску в КЗ дизеля: 1 – температури; 2 – збільшення тиску

Зі збільшенням стиснення компресором повітря, що подається в КЗ, температура суміші палива/повітря падає майже за гіперболою, а тиск зростає майже за лінійним законом. У приведених на рис. 3 залежностях не враховувалась зміна швидкості проходження реакцій горіння залежно від зміни температури з часом.

Зі зниженням температури швидкість реакції горіння зменшується. В результаті імпульс тиску проходить з деякою затримкою. Така зміна імпульсів тиску в КЗ дизеля не повинна значно впливати на потужність, що виробляється двигуном на валу.

Важливо з'ясувати для дизеля, як змінюється концентрація горючих газів залежно від величини стиснення повітря компресором. Конкретний розрахунок був виконаний для дизеля Д-245 Мінського моторного заводу. Припустимо, що швидкість подачі палива форсункою рівна 150-400 м/с, енергія розриву зв'язку рівна 0,494eВ та 1,855eВ – для рідкого

палива та вуглецевої плівки відповідно, і середній радіус рідких крапель палива $5 \cdot 10^{-6}$ м [3]. Результат наведено на рис. 4.

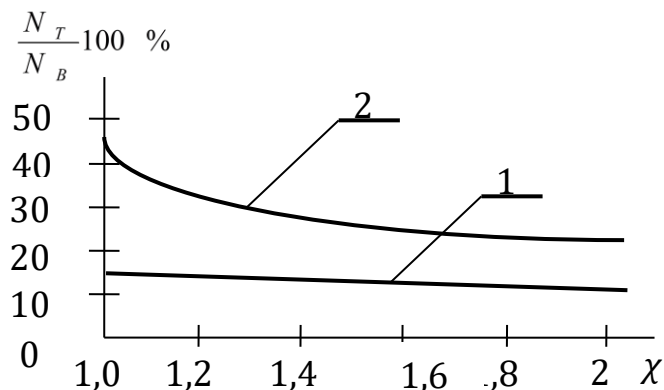


Рисунок 4 – Залежність надлишку повітря від ступеня компресії повітря, що подається до циліндрів дизеля:
1) $v = 150$ м/с; 2) $v = 400$ м/с

Отже, для дизелів коефіцієнт надлишку повітря зменшується зі зростанням величини компресії і за деякого його значення концентрація горючих газів може виявитися такою, що займання палива взагалі не відбудеться. Особливо це може виникнути за низьких температур навколишнього середовища. Щоб забезпечити необхідну потужність працюючого дизеля, слід збільшувати ефективну витрату палива, що дозволяє забезпечити велику потужність малого за величиною мотора без збільшення оборотів двигуна. В результаті знижуються вимоги до масогабаритних характеристик і особливо до потужних дизелів, що застосовуються на морському, залізничному та автомобільному транспорті.

Коли турбонаддув застосовується в карбюраторних двигунах, ситуація складніша. Подача палива залишається постійною, а різницю тиску в критичному перерізі трубки Вентурі зростає на величину стиснення, що створюється компресором відносно зовнішнього тиску. Внаслідок цього радіус рідких частинок на зрізі розпилювача зменшується в χ^2 разів, число молекул повітря зростає в χ разів, загальне число частинок рідких крапель в КЗ збільшується в χ^6 разів, і кількість гарячих часток у фазі пари в момент займання при температурі стисненого повітря збільшується адиабатично у χ^2 разів.

У карбюраторних двигунах коефіцієнт стиснення повітря сягає до 8,5. При цьому температура повітря піднімається в КЗ до

$$T = T_0 \varepsilon^{\gamma-1} = 295 \cdot 2,35 \approx 701 \text{ К.}$$

Зростання температури відбувається не миттєво, а згодом згідно із законом

$$T(t) = T_0 [1 + 2f(\varepsilon - 1)t]^{\gamma-1}, \quad (1)$$

де T_0 – температура навколишнього середовища.

Загальна кількість частинок палива в парогазовій фазі у верхній мертвій точці буде:

$$N_T = \int_0^{1/2f} J_{\text{уч.}}(t) S_T dt \approx \chi^2 N_{T,0}, \quad (2)$$

де $N_{T,0}$ – це кількість частинок палива в КЗ за температури адиабатично стиснутого повітря за нормальних умов.

Для роботи двигуна Отто в зазначених вище умовах концентрація горючих газів в КЗ складає 2,75 % і являє собою водяний газ. Підпалити таку паливоповітряну суміш можна лише примусово. При стисканні повітря компресором у 6 разів концентрація горючих газів у КЗ ДВЗ для водяного газу досягне критичної 19 %, коли виникає детонаційне горіння, тобто не можна підвищувати тиск компресором при турбонаддуві більш ніж у 6 разів.

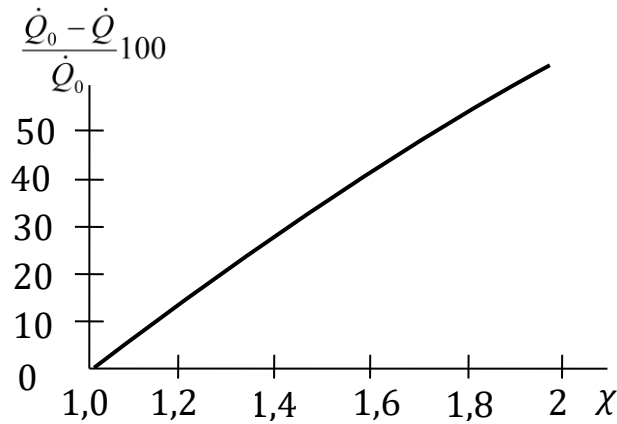


Рисунок 5 – Залежність зменшення витрати палива від ступеня компресії повітря, що подається в циліндри ДВЗ Отто

Щоб зберегти концентрацію горючих газів на рівні 2,75 % в КЗ ДВЗ при збільшенні тиску наддуву в циліндри двигуна, необхідно зменшити кількість палива, що надходить у камеру згоряння, тобто зменшити витрати пального в 2 рази. Як зменшується витрата пального для двигуна ВАЗ-2105 зі зростанням тиску на виході компресора при турбонаддуві, показано на рис. 5. Зменшення витрати палива призводить до помітного зростання ефективності роботи ДВЗ за циклом Отто.

Висновки. Турбонаддув не суттєво збільшує ефективність роботи дизеля, а ДВЗ, що працює за циклом Отто, слід переважно використовувати з турбонаддувом. Для транспортних важких автомашин, які оснащені потужними дизелями, застосування турбонаддува призводить до істотного зменшення габаритів потужних дизелів і до незначного зростання витрати палива. За масогабаритними характеристиками застосування турбокомпресора у потужних дизелях лише економічно виправдане. Останнім часом така ситуація в автомобільному транспорті майже завжди реалізується. За економічними та екологічними показниками турбонаддув слід використовувати у ДВЗ усіх типів.

Список літератури

1. Система управління згорянням в ДВС. Заявка 63-15466. Японія. Опубл. 05.04.88. № 5-387. Дизели Д-243, Д-245 і їх модифікації.
2. Гречихин Л.И., Куць Н.Г. Теория работы роторной турбины / Вісник Національного транспортного університету. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2012. – № 25. – С. 161-166.
3. Зінько Р.В., Бучківський Б.Р., Зіркевич В.М. та ін. Автомобільні двигуни: Навчальний посібник. – Львів: АСВ, 2011. – 189 с.

ВПЛИВ ДІАМЕТРА НАГРІВАЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТА ТЕПЛООВОГО ВИТРАТОМІРА НА ПОХИБКУ ВИМІРУ ВИТРАТИ ПАЛИВА АВТОМОБІЛЯ

Андрій ІЛЬЧЕНКО¹, канд. тех. наук, доц., Костянтин БУЗДУГАН¹, студент

¹Державний університет «Житомирська політехніка» (Україна)

Ключові слова: автомобіль, двигун внутрішнього згорання, тепловий витратомір, витрата палива, похибка вимірювання

Вступ

Витрата палива автомобіля – це комплексний показник технічного стану всіх його елементів (агрегатів, систем, вузлів тощо). Таким чином, вимірювання витрати палива в процесі експлуатації автомобіля необхідні для своєчасного визначення прояву

несправностей, і ці вимірювання можна вважати невід'ємною частиною процесу загальної діагностики не тільки двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ), але і всього автомобіля. Також даний процес є необхідним для обліку витрати палива з метою планування маршрутів перевезень, контролю роботи водіїв, зниження собівартості перевезень та ін. Витратоміри палива, що зараз використовують на автомобілі, працюють за принципом відліку часу відкритого стану інжекторів (форсунок). Реальна ж витрата палива може суттєво відрізнятись від вимірюваної в такий спосіб, наприклад унаслідок появи відкладень на форсунках, засмічення їхніх отворів, зниження продуктивності (тиску) в системі живлення ДВЗ.

Тому найбільш перспективними для використання на автомобілях вважаються теплові витратоміри (термоанемометричні та калориметричні), які мають багато переваг відносно інших. Основні з них: точність вимірів не залежить від положення витратоміра відносно повздовжньої осі автомобіля і лінії горизонту, на неї не впливають тряски, вібрації, ударні навантаження, тиск і пульсації палива на вході у витратомір [1]. Треба зазначити, що теплові витратоміри не завжди здатні охопити весь можливий діапазон витрат палива даним конкретним ДВЗ на всіх швидкісних і навантажувальних режимах його роботи (мають відносно вузький діапазон виміру). Також привертає увагу той факт, що дані витратоміри мають непостійну похибку виміру на різних швидкостях потоку палива, що потребує їхнього удосконалення.

Мета роботи

Зменшення похибки вимірювання витрат палив тепловим витратоміром вибором діаметра його нагрівального елемента.

Виклад основного матеріалу дослідження

Треба зазначити, що під час руху палива в трубці теплового витратоміра, яке має певну температуру, мають місце два взаємовпливових теплових потоки – радіальний і осьовий [2, 3]. Теплоперетворювачі, що розташовані вздовж осі трубки витратоміра, реєструють температуру палива на відстані від нагрівального елемента. За їхніми даними обраховується швидкість потоку палива, і відповідно, його витрата.

Залежність радіального теплового потоку в циліндричній трубці витратоміра (лінійна густина теплового потоку), Вт/м [2, 3]:

$$q_1 = \frac{2\pi}{\ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right)} \times \frac{\lambda_2\lambda_1}{\lambda_2 + \lambda_1} \times (t_1 - t_2) \quad (1)$$

де d_1 – діаметр нагрівального елемента, м; d_2 – зовнішній діаметр трубки витратоміра, м; t_1, t_2 – температура нагрівача та зовнішньої поверхні трубки витратоміра, °К; λ_1, λ_2 – коефіцієнти теплопровідності палива та матеріалу трубки витратоміра, Вт/(м·К).

Перший дріб рівняння (1) має назву конструктивний коефіцієнт трубки теплового витратоміра K_k [1, 2]. Неважко встановити, що за незмінного діаметра трубки витратоміра зі збільшенням діаметра нагрівального елемента d_1 кількість тепла, що уходить через стінки трубки в атмосферу, буде збільшуватись. Оскільки на величину осьового теплового потоку впливає радіальний тепловий потік, величина якого залежить від діаметра нагрівального елемента d_1 , можна стверджувати, що зі зміною діаметра нагрівального елемента d_1 буде змінюватись температура, яка реєструється термоперетворювачами витратоміра, і відповідно, похибка вимірювання також буде змінюватись. Залежність величини конструктивного коефіцієнта теплового витратоміра K_k від діаметра нагрівального елемента d_1 для трубки діаметром 50 мм наведено на рис. 1.

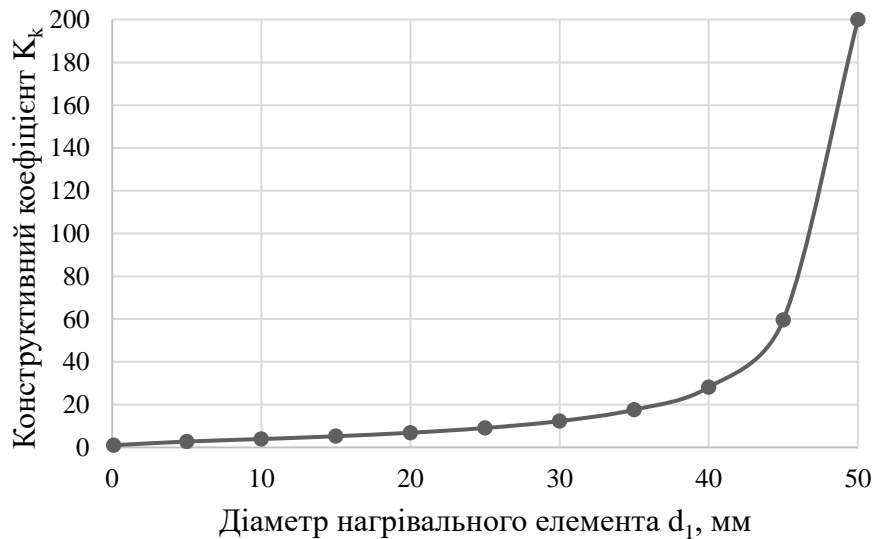


Рисунок 1 – Залежність конструктивного коефіцієнта K_k від діаметра нагрівального елемента d_1 теплового витратоміра для трубки діаметром 50 мм

Дану залежність з достовірністю апроксимації $R^2 = 0,97$ можна представити наступним рівнянням:

$$K_k = 1,439e^{0,077d_1}. \quad (2)$$

З рис. 1 видно, що мінімальне значення конструктивний коефіцієнт K_k , а отже, і мінімальне значення радіальний тепловий потік, мають за мінімального значення діаметра нагрівального елемента d_1 . Малі значення радіального теплового потоку q_1 означають малий його вплив на осьовий тепловий потік, малі втрати тепла через стінки трубки теплового витратоміра, і внаслідок цього – зменшення похибки виміру витрати палива. Таким чином, для зменшення похибки виміру витрати палива нагрівальний елемент теплового витратоміра конструктивно треба обирати мінімально можливого діаметра, наприклад, у вигляді дроту, розташованого вздовж осі трубки витратоміра.

Висновки

Отримано залежність зміни конструктивного коефіцієнта трубки теплового витратоміра діаметром 50 мм від діаметра нагрівального елемента. Показано, що зменшення похибки виміру витрати палива тепловим витратоміром можна досягти зменшенням впливу радіального теплового потоку на осьовий в трубці витратоміра шляхом встановлення нагрівального елемента мінімально можливого діаметра, наприклад, у вигляді дроту, розташованого вздовж осі трубки витратоміра.

Список літератури

1. I. Korobiichuk, O. Bezvesilna, A. Ilchenko, ..., R. Szewczyk. Calorimetric flow meter of motor fuel with inlet temperature regulation. 4th International Conference on Control, Decision and Information Technologies, CoDIT. 2017, pp. 975-979.
2. O. Bezvesilna, M. Kamiński, A. Ilchenko. Advances in Intelligent Systems and Computing, 2017, pp. 505-511.

ВИБІР РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ НА ЕКСПЛУАТАЦІЮ ТА РИЗИКІВ

Сергій АНДРУСЕНКО, канд. техн. наук, проф., Олександр БУГАЙЧУК, канд. техн. наук, доц., Владислав ПОДПІСНОВ, ст. викл., Олександр ПИЛИПІВСЬКИЙ, магістр

Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: міський пасажирський транспорт, рухомий склад, експлуатаційні витрати, автономний хід, силова установка, контактна мережа, дизель-генератор, акумуляторна батарея

Вступ

З початку війни міста України, особливо прифронтові та тимчасово окуповані постійно втрачають інфраструктуру та рухомий склад пасажирського транспорту. За оцінкою експертів проєкту «Росія заплатить» [1] завдані транспортній інфраструктурі країни збитки перевищують три мільярди доларів США. Близько одного мільярда припадає на пасажирський транспорт. Україна вже втратила близько 17,9 тисяч одиниць рухомого складу. Є часткові руйнування контактної мережі тролейбусних і трамвайних маршрутів та тягових підстанцій. Тому такі маршрути не можуть функціонувати в повному обсязі, а відновлення зруйнованої інфраструктури вимагає значних коштів. Постає питання, замінити на таких маршрутах тролейбуси автобусами чи використовувати тролейбуси з автономним ходом. Тому визначення напряму, в якому має відбуватись відновлення транспортних мереж, є важливим на тепер і не втратить актуальності у майбутньому. Також це може стати реальним шансом для осучаснення міського транспорту.

Мета роботи

Розроблення методики порівняльного аналізу експлуатаційних витрат рухомого складу пасажирських перевезень з різними видами силових установок і визначення доцільності та ефективності використання різних типів транспортних засобів на маршрутах з частковим автономним ходом.

Виклад основного матеріалу дослідження

Критерієм вибору напрямів розвитку транспортної інфраструктури міст та придбання рухомого складу пасажирських перевезень мають бути екологічність, економічна ефективність, зручність та перспективність обраних рішень.

У поняття економічної ефективності входять витрати на експлуатацію різних видів рухомого складу та вартість перевезення одного пасажиря.

Порівнювались витрати на експлуатацію таких видів пасажирських транспортних засобів, як тролейбуси з живленням від контактної мережі, тролейбуси з автономним ходом, що живляться як від контактної мережі, так і від акумулятора (АКБ) або встановленої дизель-генераторної установки (ДГУ), автобуси дизельні та газові. При цьому для виключення впливу всіх інших факторів обирався рухомий склад однакової пасажиромісткості та довжини, який експлуатується в одному або ідентичних за обсягом діяльності підприємствах міського пасажирського транспорту.

Також окремо оцінювався вплив вартості транспортного засобу на експлуатаційні витрати, оскільки вартість впливає на розмір амортизаційних відрахувань, які є складовою калькуляції витрат на експлуатацію.

Як складові експлуатаційних витрат розглядалися:

- витрати на паливо та електроенергію на рух;
- величина амортизації транспортних засобів як складова собівартості експлуатації;
- величина амортизації таких суттєвих складових ТЗ з автономним ходом, як ДГУ та тягова АКБ, маючи на увазі те, що час їхнього використання на маршруті відрізняється від часу використання всього ТЗ;
- витрати на утримання контактної-кабельної мережі та тягових підстанцій для руху тролейбусів;
- витрати на заробітну плату з нарахуваннями працівників, які безпосередньо виконують роботи з ТО та ремонту рухомого складу, та водіїв – у разі різної заробітної плати

водіїв різних видів ТЗ;

– витрати на експлуатаційні матеріали та шини.

Виконувався порівняльний аналіз витрат на експлуатацію наступних типів рухомого складу: тролейбус типу ЗИУ-682; автобус МАЗ з дизелем; автобус МАЗ газовий; тролейбус з (ДГУ) новий; тролейбус з ДГУ з капітального ремонту (майже в два рази дешевший); тролейбус з тяговою акумуляторною батареєю (АКБ).

Розрахунок прямих витрат на експлуатацію ТЗ виконувався з використанням методик, описаних у [2-6].

Розроблена програма розрахунку питомих експлуатаційних витрат на 1 км у програмному продукті Microsoft Excel для маршруту з частковим автономним ходом.

Для виявлення переважного впливу вартості енергоносіїв на питомі експлуатаційні витрати виконувався розрахунок для тролейбусного маршруту з 25 % автономного ходу за однакових вартостей рухомого складу. Також для виявлення сукупного впливу вартостей рухомого складу та енергоносіїв оцінювалась питома вартість експлуатації за різних цін рухомого складу. Розрахунки виконувались за трьома варіантами:

1) однакові вартості одиниці рухомого складу 5 млн грн та цін на енергоносії у 2021 році;

2) однакові вартості одиниці рухомого складу 5 млн грн та цін на енергоносії у жовтні 2022 року;

3) орієнтовні ринкові ціни одиниці різних типів рухомого складу та поточні ціни на дизельне паливо та газ.

Результати розрахунків показали, що транспортні засоби за питомою вартістю експлуатації від меншої до більшої розташувались наступним чином:

Варіант 1: електробус, автобус газовий, автобус з дизелем, тролейбус з тяговою АКБ, тролейбус з дизель-генератором.

Варіант 2: електробус, автобус газовий, тролейбус з тяговою АКБ, тролейбус з дизель-генератором, автобус з дизелем.

Варіант 3: тролейбус з тяговою АКБ, автобус газовий, електробус, автобус з дизелем, тролейбус з дизель-генератором.

Слід пояснити, що експлуатація тролейбуса є дорожчою через додаткові витрати на обслуговування тягових підстанцій та контактної мережі.

Висновки

Вибір має робитись для конкретного часу та місця.

На теперішній момент за прийнятого в розрахунках (варіант 3) співвідношення цін на рухомий склад і енергоносії вигідним на маршрутах з часткою автономного ходу до 25 % є використання тролейбусів з АКБ. Далі йдуть газові автобуси та електробуси. Зі збільшенням частки маршруту без контактної мережі експлуатаційні витрати тролейбусів з АКБ та ДГУ зростають. У той же час такі витрати для автобусів не залежать від частки маршруту без контактної мережі, тому що вона їм не потрібна. Автобус з дизелем є менш конкурентним через високу вартість дизельного пального.

Різниця в питомих експлуатаційних витрат тролейбусів з АКБ, газових автобусів та електробусів невелика і знаходиться в межах статистичної похибки. Але важливим є питання надійності постачання різних енергоносіїв (електрична енергія, дизельне паливо або газ), що важко піддається прогнозуванню. Треба враховувати ризики, які можна оцінити ймовірністю зникнення певного виду енергоносія або суттєвої зміни його вартості. Тому видається, що використання автобусів на газовому або дизельному пальному є більш надійним та вигідним виходячи з майже однакової вартості експлуатації порівняно з електричним транспортом і меншої вразливості такої транспортної системи через відсутність контактної мережі та централізованого постачання електричної енергії.

Список літератури

1. Мар'яна Матвейчук. Транспорт міст під обстрілами сильно пошкоджений. Чи будуть його реформувати в Чернігові, Миколаєві, Харкові? – URL:

<https://hmarochos.kiev.ua/2022/09/23/transport-mist-pid-obstrilamy-sylno-poshkodzhenyj-chy-budut-jogo-reformuvaty-v-chernigovi-mykolayevi-harkovi/>.

2. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 16 «Витрати». – URL: <https://buhgalter911.com/normativnaya-baza/instr-plan-rah/standart-buhgalterskogo/>.

3. Методика розрахунку тарифів на послуги пасажирського автомобільного транспорту (затв. наказом Міністерства транспорту та зв'язку України 17.11.2009 р. № 1175, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 27 листопада 2009 р. № 1146/17162) // Офіційний вісник України від 18.12.2009 р. – 2009. – № 95. – С. 168. – Ст. 3290.

4. Порядок формування тарифів на послуги міського електричного транспорту (трамвай, тролейбус) (затв. наказом Міністерства інфраструктури України 25.11.2013 р. № 940, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 28 листопада 2013 р. за № 2035/24567) // Офіційний вісник України від 20.12.2013 р. – 2013. – № 96. – С. 213. – Ст. 3572.

5. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: Навч. посіб. /За ред. проф. С.І. Андрусенка. – К.: Каравела, 2009 – 368 с.

6. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 94391 «Науковий твір «Звіт про науково-дослідну роботу «Порівняння експлуатаційних витрат автобусів та тролейбусів з різними видами силових установок»» / С.І. Андрусенко, В.Б. Будниченко, В.С. Подпіснєв (Україна). – № 95641; заявка від 06.11.2019 р.; зареєстр. 03.12.2019 р.

ДИСТАНЦІЙНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПРОГРІВУ ДВИГУНА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ, ОБЛАДНАНОГО СИСТЕМОЮ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ

Ігор ГРИЦУК¹, д-р техн. наук., проф., Дмитро ПОГОРЛЕЦЬКИЙ¹, канд. техн. наук, доц.

¹Херсонська державна морська академія (Україна)

Ключові слова: інформаційний обмін, процеси прогріву, транспорт, моніторинг

Для дистанційного дослідження параметрів технічного стану та процесів прогріву двигуна транспортного засобу (ТЗ), переобладнаного для роботи на зрідженому газовому паливі, за допомогою системи теплової підготовки на основі теплового акумулятора фазового переходу була розроблена та сформована схема інформаційного обміну між елементами вимірювального комплексу [1-3].

Схема інформаційного обміну між елементами вимірювального комплексу у вигляді структури інформаційної взаємодії між відповідними елементами системи теплової підготовки (СТП) у процесах моніторингу ТЗ показана на рис. 1.

Структура інформаційної взаємодії містить ТД (транспортний двигун), СТП на основі теплового акумулятора фазового переходу (ТАФП), штатні та додатково встановлені датчики температури (датчики СТП: t_1 °C, t_2 °C, t_3 °C, t_4 °C), стандартну систему обміну інформацією на основі стандарту *OBD-II* адаптер (сканер), адаптер (сканер) трекер моніторингу температурних параметрів теплової підготовки, підключення до спряженого пристрою за допомогою *Bluetooth*-з'єднання, системи дистанційного моніторингу (СДМ), трансляючих елементів, мережі зв'язку на основі *GPS*, *GPRS*, *a-GPS*, *SBAS*, *Galileo*, *Internet* чи локальної мережі, *Web*-сервера, інформаційної бази даних, загального та спеціального програмного забезпечення, інформаційних програмних комплексів забезпечення моніторингу транспортного засобу, учасників процесу випробування ТЗ, оснащеного СТП із ТАФП, робочого місця системи моніторингу і блока керування СТП транспортного двигуна на основі ТАФП, до якого під'єднаний електричний насос системи охолодження та СТП, клапанів байпаса системи випуску відпрацьованих газів (ВГ), клапанів керування теплообмінником і СТП. На схемі (рис. 1) пунктирною лінією показаний контур структури, яка знаходиться на ТЗ [1-3]. Структура функціональних можливостей інформаційної системи

для проведення дослідження і виконання покладених на неї функцій охоплює взаємодію елементів та особливості інформаційного обміну між ними у межах їх сукупностей для здійснення дистанційного моніторингу, діагностування та прогнозування технічного стану, контролю, управління працездатністю двигуна ТЗ. За допомогою адаптера (сканера) *OBD-II* (для дослідного ТЗ, обладнаного системою стандарту *OBD-II*) зчитується інформація про параметри двигуна ТЗ, СТП, ТАФП (рис. 1) зі штатних датчиків ТЗ.

А за допомогою трекеру моніторингу параметрів теплової підготовки (для датчиків СТП і ТЗ, що встановлені додатково та не входять до систем стандарту (*OBD-II*), зчитується інформація про температурні параметри двигуна, ТЗ, СТП, ТАФП (рис. 1). Залежно від підключення робочого місця системи моніторингу вимірювальний комплекс для дистанційного дослідження роботи ТЗ із СТП на основі ТАФП може працювати в ручному та автоматичному режимах. Різниця полягає в тому, чи будуть підключатися інформаційно-програмні комплекси та чи буде здійснюватися коректування оцінки умов експлуатації ТЗ, а також буде чи ні регулювання теплового стану ТЗ у процесі експлуатації (в автоматичному або ручному режимі) за допомогою СТП із ТАФП [3-5].

У цьому випадку з *Web-сервера* й інформаційної бази даних отримана інформація передається до програмного забезпечення та до учасників процесу випробування і дослідження ТЗ. Принцип роботи абонентського устаткування моніторингу ТЗ заснований на можливості визначення параметрів технічного стану ТЗ, а також визначення місця розташування та часу за параметрами, отриманими від навігаційних супутникових систем, завдяки *GPRS*-приймачу, та обміну цією інформацією з робочим місцем системи моніторингу [1-5].

Для забезпечення керування процесами прогріву ТЗ СТП оснащено блоком керування, який за допомогою складових елементів (рис. 1) забезпечує безпосереднє керування температурним режимом ТЗ та передає необхідну інформацію через трекер у розроблену систему інформаційного обміну. Обмін інформацією в комплексі здійснюється через *GPS*, *GPRS*, *a-GPS*, *SBAS*, *Galileo*, *Internet* чи локальну мережу і дозволяє передавати цифрові, відео і голосові дані.

Система дистанційного моніторингу (СДМ) є інтелектуальним пристроєм та може самостійно вирішувати задачі з контролю технічних параметрів ТЗ у процесі руху. До пам'яті СДМ уносяться вихідні дані для роботи СТП, параметри ТЗ, двигуна, СТП і ТАФП. Порівняння даних, місця розташування ТЗ та заданих критеріїв роботи дозволить СДМ самостійно приймати рішення про інформування водія, оператора, учасників процесу дослідження ТЗ про відхилення заданих параметрів. Для підтримання зручності оперативного управління здійснюється двосторонній зв'язок [1-5].

Відповідно до запропонованої структури системи моніторингу (рис. 1), було розроблено моделі бази інформаційної системи моніторингу параметрів ТЗ з двигуном, обладнаним СТП, та виділені дві підсистеми, які забезпечують отримання інформації від основних інформаційних блоків ТЗ, двигуна і СТП.

До першої підсистеми належить блок збирання і передачі інформації від ТЗ, двигуна, умов експлуатації ТЗ (*CAN*-шина); 2 – блоки збирання і передачі інформації від СТП, умов експлуатації ТЗ і пристроїв моніторингу. Особливість запропонованої системи полягає в тому, що обидві підсистеми створюють спільне інформаційне поле системи дистанційного моніторингу параметрів ТЗ із СТП, але діють окремо одна від одної, зважаючи на особливості задач, що вони виконують [3].

Модель предметної області для СДМ представлена окремо для кожної із підсистем. Для ТЗ і двигуна оснащеного СТП представлена у вигляді множин для вказаних підсистем: 1 – двигун ТЗ, безпосередньо ТЗ і умови експлуатації (УЕ) ТЗ та 2 – СТП, ТЗ, пристрої моніторингу (ПМ) і УЕ ТЗ, а саме:

$$M_{np.o.} = \begin{cases} M_{np.o.1} = \langle O_1, V_{ex.1}, V_{вих.1}, F_1, H_1, P_1, R_1 \rangle, \text{двигун, ТЗ і УЕ} \\ M_{np.o.2} = \langle O_2, V_{ex.2}, V_{вих.2}, F_2, H_2, P_2, R_2 \rangle, \text{СТП, ТЗ, ПМ і УЕ} \end{cases}$$

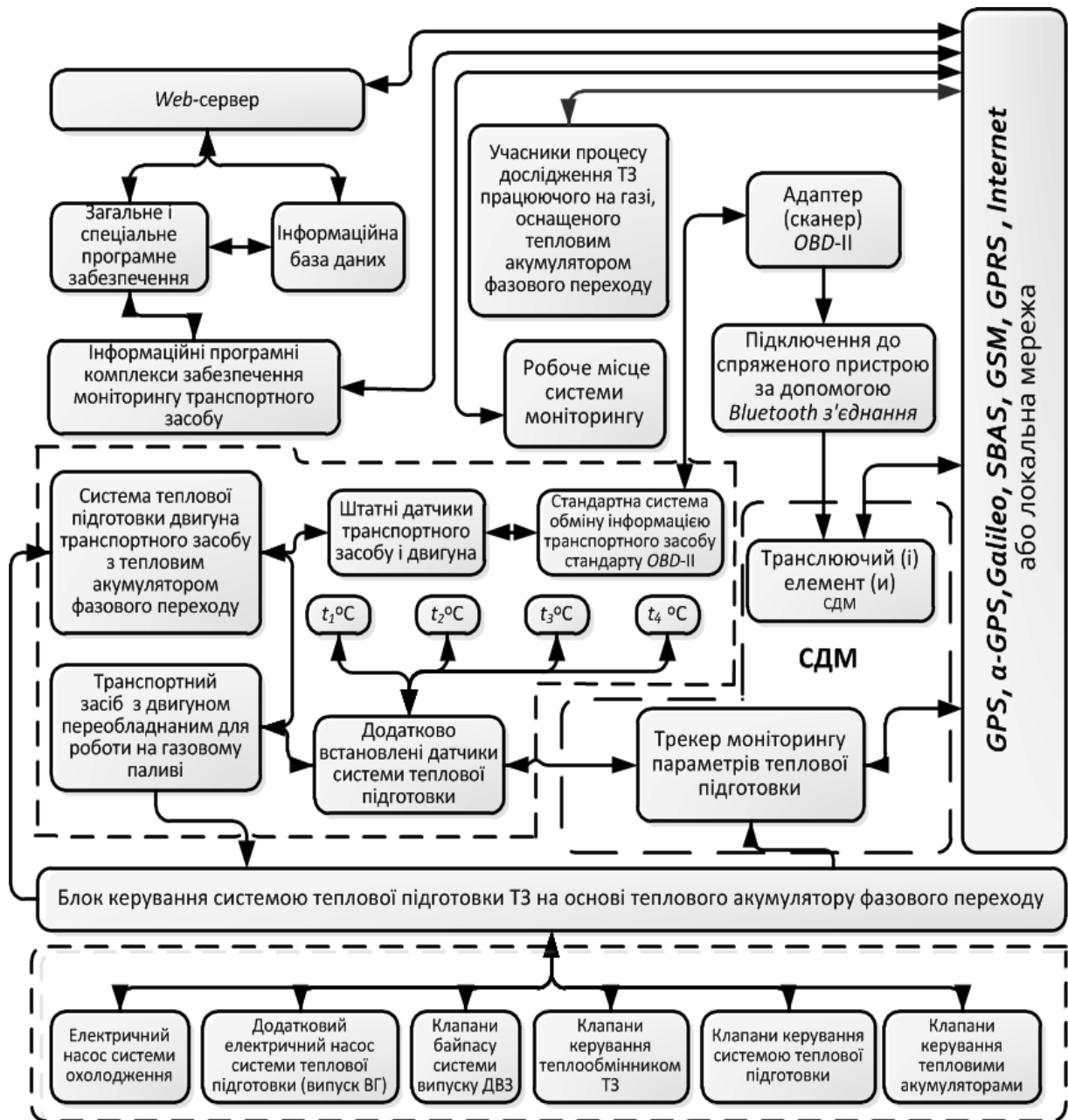


Рисунок 1 – Функціональна схема інформаційного обміну між елементами вимірювального комплексу для здійснення дистанційного дослідження процесів прогріву двигуна і ТЗ із СТП у складі ТАФП

де в межах підсистеми 1 деякі складові описані в [13, 76-93], а в межах підсистеми 2: $O_2 = \{ o_{m,2} / m_2 = 1, M \}$ – об'єкти автоматизації СТП, ТЗ, пристрої моніторингу, які представлені самостійними частинами в межах підсистеми 2 – блок збирання та передачі інформації від СТП, СДМ, ТЗ; блок збирання інформації про стан та умови експлуатації пристроїв моніторингу і ТЗ; $V_2 = \{ v_{l,2} / l_2 = 1, L \}$ – інформаційні елементи (вхідні $V_{ex,2}$ і вихідні $V_{вих,2}$ дані) СТП, ТЗ і пристроїв моніторингу; $F_2 = \{ f_{i,2} / i_2 = 1, I \}$ – функції автоматизації, які виконуються СДМ та прогнозування параметрів СТП, ТЗ і ПМ; $H_2 = \{ h_{j,2} / j_2 = 1, J \}$ – обробка даних СДМ та прогнозування параметрів СТП, ТЗ і ПМ; $P_2 = \{ p_{k,2} / k_2 = 1, k \}$ – множина значень, яка характеризує кількість та склад персоналу, що забезпечує роботу СДМ та прогнозування параметрів СТП, ТЗ і ПМ; $R_2 = \{ r_{y,2} / y_2 = 1, Y \}$ – множина відносин (взаємозв'язків) між компонентами $M_{np.o.2}$ предметної області [3].

Висновки.

Для оцінки способів та засобів забезпечення теплової підготовки двигуна транспортного засобу за допомогою системи теплової підготовки в умовах експлуатації,

були розроблені інформаційна система та модель системи дистанційного моніторингу теплової підготовки двигуна транспортного засобу, переобладнаного для роботи на зрідженому газовому паливі, для дослідження параметрів технічного стану та процесів прогріву двигуна за допомогою системи теплової підготовки з використанням теплового акумулятору. На цій основі було сформовано предметну область інформаційного обміну між елементами вимірювального комплексу. Розроблено та узгоджено складові елементи системи моніторингу для проведення експериментальних досліджень, які забезпечать дистанційне отримання достатньої інформації для здійснення дослідження та керування процесами теплової підготовки двигуна транспортного засобу.

Список літератури

1. Грицук І.В. Концепція забезпечення оптимального температурного стану двигунів і транспортних засобів в умовах експлуатації: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.20 / ХНАДУ. Харків, 2016. 552 с.
2. Погорлецький Д.С. Структура вимірювального комплексу для дослідження роботи транспортного засобу з двигуном, обладнаним системою впорскування газового палива, в умовах експлуатації засобами ITS / Системи і засоби транспорту. Проблеми експлуатації і діагностики: монографія / Blatnický Miroslav, Dižo Ján, Gerlici Juraj та ін.; за наук. ред. проф. Грицука Ігоря. – Херсон: ХДМА, 2019. – 442 с.: іл., табл. (укр., рос., англ. мовами) ISBN 978-966-2245-53-0, Херсон, р. 383-394.
3. Gritsuk, I., Pohorletskyi, D., Mateichuk, V., Symonenko, R. et al., “Improving the Processes of Thermal Preparation of an Automobile Engine with Petrol and Gas Supply Systems (Vehicle Engine with Petrol and LPG Supplying Systems),” SAE Technical Paper 2020-01-2031, 2020, doi:10.4271/2020-01-2031. МНБД (Scopus (Q2)).
4. Полівінчук А.П., Матейчик В.П., Цюман М.П., Володарець М.В., Погорлецький Д.С. Особливості теплової підготовки транспортного двигуна в умовах експлуатації. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2020. – Вип. 19, т. 4. С 286-297.
5. Грицук І.В., Погорлецький Д.С. Особливості створення моторної установки із засобами моніторингу на базі двигуна транспортного засобу, переобладнаного на живлення зрідженим газовим паливом. Сучасний стан та проблеми двигунобудування: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. Миколаїв: Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Машинобудівний інститут, тези доповіді. 2018. С. 11-13.

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СПІВІДНОШЕННЯ КІЛЬКОСТІ АВТОМОБІЛІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ В УМОВАХ ПЕРЕХОДУ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ ТРАНСПОРТ

Валентина ОЛІШЕВСЬКА¹, канд. техн. наук, доц., Геннадій ОЛІШЕВСЬКИЙ¹, канд. техн. наук, доц.

¹Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (Україна)

Ключові слова: автомобіль з двигуном внутрішнього згорання, електромобіль, оновлення рухомого складу підприємства, раціональний рухомий склад підприємства, екологічний транспорт

Вступ

Автомобільний транспорт є ключовим фактором стратегічного розвитку розвинутих країн світу [1]. Стрімкий розвиток автомобільного транспорту, з одного боку, сприяє економічному зростанню та поліпшенню рівня життя, а з іншого – призводить до значних екологічних збитків внаслідок зростання техногенного навантаження на довкілля [2].

Вирішити суперечність між користю від автомобільного комплексу та шкідливим впливом транспорту на навколишнє середовище можна на принципах екологічного розвитку

електромобілів [3-6]. Але процес переходу підприємств в Україні до експлуатації електромобілів сильно стримується високими цінами на придбання нових електромобілів.

У зв'язку з цим, дослідження, які направлені на вивчення можливостей зміни рухомого складу автопідприємств в умовах переходу на екологічний транспорт мають особливе значення і актуальність в умовах економічної кризи, дефіциту енергоресурсів і інтенсивного забруднення навколишнього середовища.

Мета роботи

Дослідження і обґрунтування раціонального розподілу рухомого складу підприємства в умовах переходу від автомобілів з двигуном внутрішнього згорання до електромобілів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Теоретичне дослідження зміни рухомого складу в умовах переходу до електромобілів проведено для підприємства, яке надає послуги таксі. За оцінкою ДП «ДержавтотрансНДІпроект» найбільш перспективним для таксомоторних та інших перевезень в Україні було визнано електромобіль Nissan Leaf. Тому, в якості нових електромобілів, що планує придбати підприємство, було розглянуто Nissan Leaf.

У роботі було проведено теоретичне дослідження зміни рухомого складу в умовах переходу до електромобілів для підприємства, яке експлуатує автомобілі з двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ) Hyundai i30 (на дизельному паливі) і планує провести оновлення рухомого складу і придбати нові електромобілі. В якості нових електромобілів, що планує придбати підприємство, було розглянуто Nissan Leaf і Renault Zoe.

З урахуванням того, що залежність витрат від кількості автомобілів є лінійною і самі витрати на електромобілі (з урахуванням вартості нових електромобілів) більше, ніж у традиційних автомобілів, то під час вирішення задачі мінімізації загальних витрат буде отримано некоректний результат, який полягає в рекомендації відмови від експлуатації електромобілів.

Тому для задоволення техніко-економічних умов з урахуванням екологічного чинника, в якості раціональної умови планування майбутнього рухомого складу підприємства прийнята рівність витрат на придбання і експлуатацію автомобілів для групи традиційних автомобілів з ДВЗ і групи електромобілів.

Для вирішення поставленої задачі розроблено автоматизовану методику розрахунку раціональної кількості рухомого складу автопідприємства.

Методика реалізована в середовищі пакета Mathcad.

Дослідження проведено для таких варіантів поєднання автомобілів на підприємстві:

- автомобілі з ДВЗ Hyundai i30 і електромобілі Nissan Leaf;
- автомобілі з ДВЗ Hyundai i30 і електромобілі Renault Zoe.

Автомобілі, що планує придбати і експлуатувати підприємство, умовно позначено наступним чином: D – автомобіль з двигуном внутрішнього згорання Hyundai i30; $ED1$ – електромобіль Nissan Leaf; $ED2$ – електромобіль Renault Zoe.

Вхідними параметрами для розрахунку раціонального рухомого складу є:

- вартість нового автомобіля;
- витрати при експлуатації автомобіля;
- витрати на проведення технічного обслуговування (ТО) ТО-1 і ТО-2 автомобіля;
- витрати на запасні частини, масла та технічні рідини, що підлягають заміні відповідно до регламенту проведення ТО-1 і ТО-2 автомобіля;
- витрати на ремонтні роботи тягової батареї електромобіля і вартість нової батареї [7].

Теоретичне дослідження проведено для випадків, коли:

- підприємство планує придбати і експлуатувати автомобілі загальною кількістю 30 одиниць;
- підприємство планує придбати і експлуатувати автомобілі загальною кількістю 50 одиниць.

Для різних варіантів поєднання груп автомобілів D і електромобілів $ED1$, $ED2$ на підприємстві розраховано раціональну кількість автомобілів N_D^* , N_{ED1}^* , N_{ED2}^* за умов рівності витрат на придбання і експлуатацію відповідних груп автомобілів, загальні витрати

на придбання і експлуатацію груп автомобілів Z_1, Z_2 , загальні теоретичні витрати $Z_{\Sigma 1}^T, Z_{\Sigma 2}^T$, загальні фактичні витрати $Z_{\Sigma 1}^{\phi}, Z_{\Sigma 2}^{\phi}$ (табл. 1).

У процесі автоматизованого розрахунку відбувалося округлення розрахункових значень. Тому, було проведено розрахунки відхилення загальних фактичних витрат від загальних теоретичних δ .

Таблиця 1 – Результати дослідження раціонального розподілу автомобілів на підприємстві

Рухомий склад підприємства	Назва показника	Загальна кількість автомобілів на підприємстві N_3 , од.	
		30	50
<i>D, ED1</i>	N_D^* , од.	16	27
	N_{ED1}^* , од.	14	23
	Z_1 , грн.	14722800	24538000
	$Z_{\Sigma 1}^T$, грн.	29445600	49076000
	$Z_{\Sigma 1}^{\phi}$, грн.	29510000	49123500
	δ , %	0,219	0,097
<i>D, ED2</i>	N_D^* , од.	17	28
	N_{ED2}^* , од.	13	22
	Z_2 , грн.	15113600	25189300
	$Z_{\Sigma 2}^T$, грн.	30227200	50378600
	$Z_{\Sigma 2}^{\phi}$, грн.	30176600	50375800
	δ , %	0,167	0,006

Висновки

Розроблено автоматизовану методику розрахунку раціональної кількості рухомого складу автопідприємства, яка дозволяє проводити дослідження змін витрат залежно від складу автомобілів підприємства, що дає техніко-економічні аргументи і полегшує розуміння для прийняття рішення щодо раціонального рухомого складу автопідприємства в умовах переходу на екологічний транспорт.

В результаті дослідження було встановлено раціональний розподіл між традиційними автомобілями та електромобілями. Раціональними варіантами, за умови придбання підприємством 30 нових автомобілів, можуть бути наступні варіанти: 16 автомобілів Hyundai i30 і 14 електромобілів Nissan Leaf, або 17 автомобілів Hyundai i30 і 13 електромобілів Renault Zoe. Раціональними варіантами, за умови придбання підприємством 50 нових автомобілів, можуть бути наступні варіанти: 27 автомобілів Hyundai i30 і 23 електромобіля Nissan Leaf, або 28 автомобілів Hyundai i30 і 22 електромобіля Renault Zoe.

Наукова новизна роботи полягає в отриманні раціональних значень розподілу рухомого складу щодо нових можливостей для ресурсозбереження автопідприємства.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці автоматизованої методики розрахунку раціональної кількості рухомого складу підприємства в умовах переходу від традиційних автомобілів до електромобілів.

Результати роботи використовуються при викладанні дисциплін «Основи технології виробництва та ремонту автомобілів», «Безпека дорожнього руху та екологія на автотранспорті» (НТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро).

Результати роботи можуть бути використані з метою ресурсозбереження під час оновлення автомобільного парку Кабінету Міністрів України, Національної поліції України, центрів медичної допомоги, ДП «Укрпошта», НЕК «Укренерго», ДТЕК, компаній, що

надають послуги таксі, послуги оренди автомобілів або послуги з обміну автомобілів (car-sharing) та інших організацій і підприємств.

Список літератури

1. «Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту». Міністерство інфраструктури України. [Електронний ресурс]. Available: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html>. Дата звернення: 2 листоп. 2022.
2. О.І. Запорожець, С.В. Бойченко, О.Л. Матвєєва, С.Й. Шаманський, Т.І. Дмитруха та С.М. Маджд, *Транспортна екологія*. Київ: НАУ, 2017.
3. А.М. Редзюк, В.Б. Агеєв, В.С. Устименко, О.А. Клименко, О.І. Закревський «Про стан і перспективи використання електромобілів». [Електронний ресурс]. Available: <http://www.insat.org.ua/files/menu/tk/info/energo/PerspEV.pdf>.
4. «Стан та перспективи розвитку ринку електрокарів в Україні». ХНАДУ: Харківський національний автомобільно-дорожній університет. [Електронний ресурс]. Available: https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/АВТОМ_ТРАНСП/ЕАТ/2020R/АТ_ЕАТ_ELEKTROKARY.pdf. Дата звернення 2 листоп. 2022.
5. В.А. Кашканов та М.М. Присяжнюк, «Переваги та недоліки електромобілів», у *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту*, Київ, Україна, 8–10 квіт. 2019. Київ, 2019, с. 65-68. Available: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/33267>.
6. В.Є. Олішевська та Г.С. Олішевський, «Концепція розвитку електромобілів та супутньої інфраструктури в Україні», у *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту*, Вінниця, Україна, 14–15 квіт. 2022. Вінниця, 2022, с. 225-228.
7. «Дослідження режимів технічного обслуговування автомобілів з електричним приводом». ХНАДУ: Харківський національний автомобільно-дорожній університет. [Електронний ресурс]. Available: https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar/АВТОМ_ТРАНСП/АЕ/2020R/АТ_А_Е_MAX-80.pdf. Дата звернення 2 листоп. 2022.

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДВИГУНА З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ ПРИ ВИКОРИСТАННІ В ЯКОСТІ ПАЛИВА СУМІШ БЕНЗИНУ ТА ЕТАНОЛУ

Микола ЦЮМАН¹, канд.техн.наук, доцент, Сергій СОСІДА¹, аспірант

¹ Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: двигун з іскровим запалюванням, бензин, етанол, витрата палива, екологічні показники

Вступ

Дослідженням використання палива з добавками етанолу (біоетанолу) займалися вчені з різних країн [1-7]. У цих дослідженнях вивчались питання, пов'язані з визначенням впливу додавання біоетанолу у кількості до 40 % до традиційного бензину, на паливну економічність та екологічні показники карбюраторних двигунів та способи поліпшення цих показників; паливна економічність і екологічні показники двигунів з іскровим запалюванням з системою впорскування і каталітичною нейтралізацією відпрацьованих газів при живленні спиртовмісним паливом до 40 % біоетанолу; дослідження показників двигунів з іскровим запалюванням з впорскуванням палива у впускний трубопровід та безпосередньо в циліндр, адаптованих до використання етанолу; розрахункові дослідження показників двигунів з іскровим запалюванням, не адаптованих до використання етанолу, при живленні сумішами бензину та етанолу. Тому, актуальним питанням залишається дослідження впливу використання двигуном з іскровим запалюванням з системою впорскування і каталітичною нейтралізацією відпрацьованих газів палива, яке містить більше ніж 40 % етанолу, на

паливну економічність та екологічні показники за відсутності повної адаптованості двигуна до використання таких палив.

Мета роботи

Дослідження паливної економічності та екологічних показників роботи бензинового двигуна з іскровим запалюванням, впорскуванням палива та каталітичною нейтралізацією відпрацьованих газів під час використання палива з масовим вмістом етанолу 50 та 75 % за відсутності повної адаптованості двигуна до використання таких палив.

Виклад основного матеріалу дослідження

Проведення дослідження передбачало теоретичну та експериментальну частини. Під час теоретичного дослідження обґрунтовано верхню межу масового вмісту етанолу у суміші з бензином у діапазоні 60-75 %.

Метою експериментальних досліджень було визначення серії навантажувальних характеристик двигуна за частот обертання колінчастого вала 2400 хв^{-1} (займає найбільшу частку в експлуатаційних режимах) та 3800 хв^{-1} (відповідає максимальному крутному моменту за зовнішньою швидкісною характеристикою) за роботи на бензині, суміші E50 та E75.

Результати дослідження показників двигуна за частоти обертання 2400 хв^{-1} (рис. 1) показують, що за майже однакової витраті повітря $G_{\text{пов}}$ двигуном і однакового коефіцієнта наповнення η_v за роботи на трьох видах палива, витрата палива $G_{\text{пал}}$ E75 більша на 34,38 %, ніж витрата бензину, і витрата E50 більша на 21,63 % відповідно, що пов'язано з меншою теплотою згорання сумішевого палива. Система керування паливopoдачею автоматично корегує кількість палива, що подається для забезпечення стехіометричного складу паливopoвiтряної суміші, що в свою чергу забезпечує майже однаковий коефіцієнт надміру повітря α за роботи на всіх паливах.

Енергетична ефективність двигуна під час використання палив E50 та E75 мінімально відрізняється від енергетичної ефективності при використанні бензину. Про це свідчать показники ступеня відкриття дросельної заслінки $\varphi_{\text{дрос}}$, розрідження у впускному колекторі ΔP_k і кута випередження запалювання θ , які практично не відрізняються від показників, отриманих при використанні бензину. Потужність двигуна під час повного відкриття дросельної заслінки при використанні E50 така сама, як і при використанні бензину, а під час використання E75 нижча на 1,83 % порівняно з бензином. Ефективність використання палива у масовому еквіваленті, що визначається питомою ефективною витратою палива g_e , при використанні E75 та E50 погіршується пропорційно збільшенню $G_{\text{пал}}$. При цьому, ефективність використання палива q_e у тепловому еквіваленті (рис. 2) практично однакова для всіх видів палива.

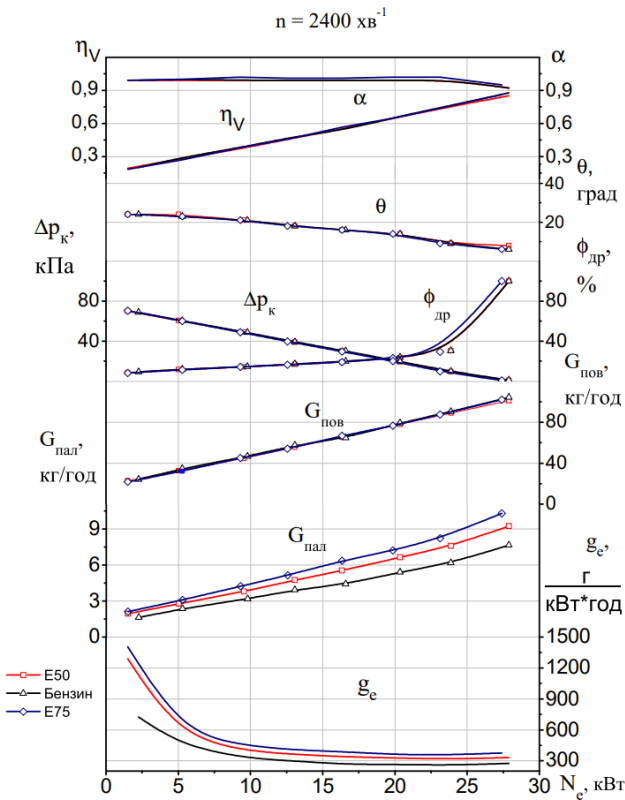


Рисунок 1 – Паливна економічність та параметри систем подачі палива і повітря та запалювання

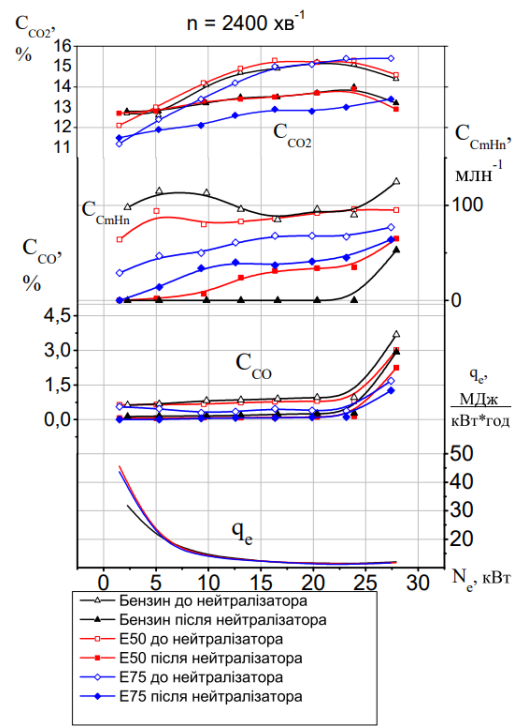


Рисунок 2 – Концентрації шкідливих речовин у ВГ

Параметри температурного стану двигуна, що оцінені за температурою охолоджуючої рідини t_{ox} та повітря у впускному колекторі $t_{вп}$ (рис. 3), практично однакові для всіх палив. Температура відпрацьованих газів $t_{вг}$ при використанні бензину та палива E50 практично мало відрізняються. Під час використання палива E75 спостерігається певне зниження температури $t_{вг}$, що потребує додаткового аналізу, який передбачається здійснити на наступному етапі дослідження.

Концентрації у відпрацьованих газах до і після нейтралізаторів оксиду вуглецю C_{CO} , вуглеводнів C_{CmHn} та вуглекислого газу C_{CO_2} (рис. 2) дозволяють встановити ефективність нейтралізації окремих речовин E_{CO} , E_{CH} системою нейтралізації відпрацьованих газів (рис 4).

Збільшення вмісту етанолу знижує концентрацію CO до нейтралізатора (рис. 2), що також призводить і до зниження масових викидів G_{CO} (рис. 4). Під час використання палива E75 масові викиди G_{CO} до нейтралізатора нижчі на 55,75 % порівняно з масовими викидами G_{CO} під час роботи двигуна на бензині, та під час використання E50 нижчі на 18,76 % відповідно. Масові викиди G_{CO} після нейтралізатора на палива E75 нижчі на 60,40 % та на паливі E50 нижчі на 32,26 % порівняно з масовими викидами G_{CO} під час живлення двигуна бензином. Отже, використання палив з більшим вмістом етанолу значно зменшує викиди CO.

Середнє значення концентрації CO_2 до нейтралізатора під час використання палива E75 становить 14,01 %, під час використання палива E50 – 14,33 %, під час використання бензину 14,21 %, складно прослідкувати певну залежність. Середнє значення концентрації CO_2 після нейтралізатора на паливі E75 становить 12,53 %, на паливі E50 – 13,28 % і на бензині 13,34 % (рис. 2). Масові викиди G_{CO_2} (рис. 4) до нейтралізатора нижчі на 2,7 % під час використання палива E75 та нижчі на 1,14 % при використанні палива E50 порівняно з бензином. Масові викиди G_{CO_2} після нейтралізатора нижчі на 8,1 % при використанні палива E75, та нижчі на 2,9% під час використання палива E50 порівняно з бензином. З цього випливає висновок, що зі збільшенням вмісту етанолу в паливі викиди CO_2 знижуються.

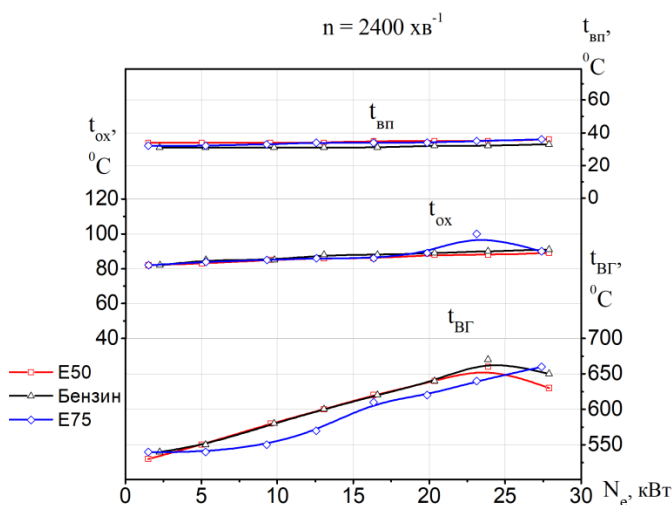


Рисунок 3 – Параметри температури

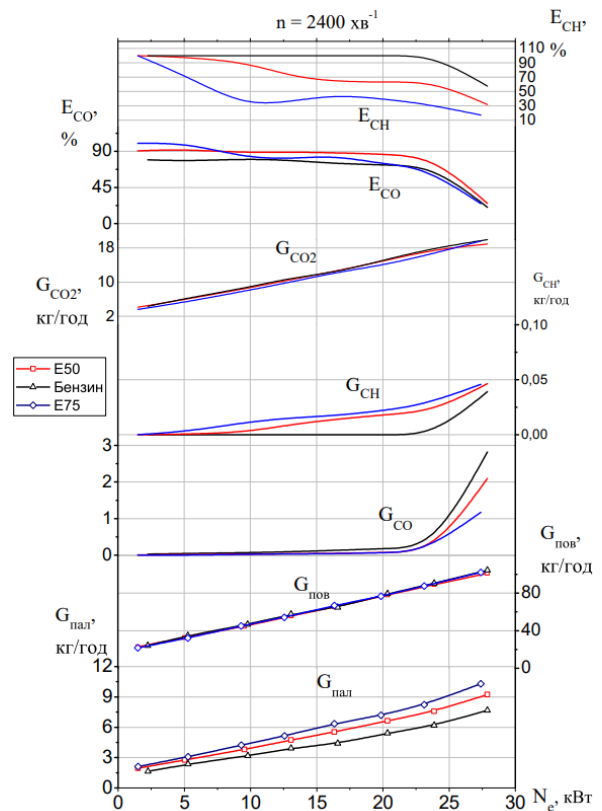


Рисунок 4 – Екологічні показники та ефективність нейтралізації

До нейтралізатора концентрація СН (рис. 2) знижується зі збільшенням вмісту етанолу в паливі. Однак після нейтралізатора картина виглядає навпаки: концентрації СН зростають зі збільшенням вмісту етанолу. Отже, знижується ефективність нейтралізації СН. Останнє, можливо, пов'язано з температурою ВГ, яка знижується зі збільшенням вмісту етанолу в паливі. Ефективна нейтралізація вуглеводнів досягається за більш високих температур. Крім того, зі збільшенням вмісту етанолу в паливі змінюється баланс O_2 - CO - CH - NO_x у ВГ, що в комплексі з впливом температури також може бути причиною зниження ефективності нейтралізації СН. Отже, за сукупним впливом всіх факторів масові викиди вуглеводнів $G_{СН}$ зростають зі збільшенням вмісту етанолу в паливі (рис. 4).

Висновки

Використання палив з високим вмістом етанолу (50 та 75 % за масою) у двигунах з іскровим запалюванням, впорскуванням палива та каталітичною нейтралізацією відпрацьованих газів, за відсутності повної адаптованості двигуна до використання таких палив, призводить до суттєвої зміни паливної економічності та екологічних показників. Зокрема, спостерігається підвищення витрати палива в масовому еквіваленті в усіх режимах навантажувальної характеристики, практично без змін залишається залежність ефективності використання палив в тепловому еквіваленті, дещо знижується максимальна потужність для досліджених швидкісних діапазонів. Вплив на екологічні показники проявляється у зниженні викидів CO та CO_2 . При цьому, викиди $СН$ зростають через зниження ефективності нейтралізації $СН$, що пов'язано зі зниженням температури ВГ під час використання палив з більшим вмістом етанолу.

Список літератури

1. Boichenko, S.V., A.V. Yakovlieva, O.B. Tselishchev, V.G. Lanetsky, S.O. Kudryavtsev, M.G. Loriya, et al. "Modification of Motor Gasoline with Bioethanol in the Cavitation Field." *Catalysis and Petrochemistry no. 30 (2020): 56–65.* doi:10.15407/kataliz2020.30.056.
2. Efemwenkikie, U.K., S.O. Oyedepo, U.D. Idiku, D.C. Uguru-Okorie, and A. Kuhe. "Comparative Analysis of a Four Stroke Spark Ignition Engine Performance Using Local Ethanol and Gasoline Blends." *Procedia Manufacturing 35 (2019): 1079–1086.*

doi:[10.1016/j.promfg.2019.06.060](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.060).

3. Sakai, Stephen, and David Rothamer. "Effect of Ethanol Blending on Particulate Formation from Premixed Combustion in Spark-Ignition Engines." *Fuel* 196 (May 2017): 154–168. doi:[10.1016/j.fuel.2017.01.070](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.01.070).

4. Sakai, Stephen, and David Rothamer. "Impact of Ethanol Blending on Particulate Emissions from a Spark-Ignition Direct-Injection Engine." *Fuel* 236 (January 2019): 1548–1558. doi:[10.1016/j.fuel.2018.09.037](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.09.037).

5. Deng, Xiaokang, Zhenbin Chen, Xiaochen Wang, Haisheng Zhen, and Rongfu Xie. "Exhaust Noise, Performance and Emission Characteristics of Spark Ignition Engine Fuelled with Pure Gasoline and Hydrous Ethanol Gasoline Blends." *Case Studies in Thermal Engineering* 12 (September 2018): 55–63. doi:[10.1016/j.csite.2018.02.004](https://doi.org/10.1016/j.csite.2018.02.004).

6. Овчинников Д.В., Гутаревич С.Ю. Особенности работы двигунів з іскровим запалюванням за різних добавок спиртових сполук до бензину. Systemy i srodki transportu samochodowego. Seria: Transport. Rzeszów: Politechnika Rzeszowska, 2019. Nr.17, C. 89-95.

7. Tsiunan, M.P., Yakovlieva, A., Tsiunan, Y., Dobrovolskyi, O. et al., "Evaluation of Ethanol-Containing Fuel Supply Control Efficiency in Spark Ignition Engine," SAE Technical Paper 2021-01-1232, 2021, doi:[10.4271/2021-01-1232](https://doi.org/10.4271/2021-01-1232).

METODA TAKSONOMICZNA- CHARAKTERYSTYKA I ZAKRES ZASTOSOWANIA DO OCENY EFEKTYWNOŚCI W PROCESACH TRANSPORTOWYCH

Sylwia DASZYKOWSKA¹, mgr inż.

¹Politechnika Rzeszowska (Rzeszów)

Słowa kluczowe: metoda taksonomiczna, efektywność, transport, proces transportowy

Wstęp

Pojęcie efektywności w procesach transportowych jest bardzo ważnym aspektem zarządzania logistyką i łańcuchem dostaw. W literaturze przedmiotu można znaleźć coraz więcej bardzo złożonych, zróżnicowanych i skomplikowanych metod badania efektywności procesów, co dodatkowo utrudnia analizę tego zagadnienia. Trudności te związane są z niejednoznacznością oceny efektywności badanych procesów, co bezpośrednio przekłada się na niedokładny pomiar poniesionych kosztów. Redukcja kosztów stanowi bardzo aktualny temat w kontekście krajowej i światowej gospodarki. Dotychczas minimalizacja kosztów koncentrowała się na redukcji kosztów procesów wytwórczych i świadczeniu usług na rzecz klientów. Warto jednak główny punkt badań przesunąć w stronę procesów im towarzyszących, które pośrednio wpływają na koszty przepływu surowców, materiałów, a także produktów finalnych, bowiem ich efektywność w znacznym stopniu wpływa na ponoszone koszty [2, 4].

Charakterystyka metody taksonomicznej

Taksonomia jest dyscypliną naukową zajmującą się teoretycznymi zasadami, procedurami i regułami klasyfikacyjnymi obiektów technicznych w ujęciu analitycznym. Metoda taksonomiczna pozwala na graficzne przedstawienie wzajemnego podobieństwa operacji, na przykładzie wybranych strategii logistycznych, rozważanych na tle odległości w wielowymiarowej przestrzeni metrycznej. W tym przypadku, każda współrzędna oznacza określony parametr przypisany systemowi logistycznemu zastosowanemu do analizy efektywności. Budowane są w trybie graficznym dendryty dla wybranej grupy parametrów systemu, w których poszukuje się najmniejszej przeciętnej różnicy między tymi parametrami. W ten sposób poszukuje się tzw. grupę parametrów efektywnych przy określonych założeniach [5].

Współcześnie elastyczne metody i zautomatyzowane procesy w jakości usług transportowych charakteryzują się czasem dużą różnorodnością i innowacyjnością. Potrzebne są nowe strategie, aby

maksymalnie skrócić czas doręczenia paczki, niezależnie od odległości. W osiągnięciu optymalnej efektywności, poprawności i skuteczności pomaga zastosowanie metody taksonomii numerycznej, która oparta jest na modelu podstawowym tzw. taksonomii wrocławskiej [1]. Rozwiązanie to jest bliskie warunkom fizycznym, jakie dotyczą jakości usług, przez co podejście to różni się od znanych metod optymalizacyjnych.

Założenia i idea budowy dendrytu

Założenia metody taksonomicznej i ideę budowy dendrytu przedstawiono na poniżej opisanym przykładzie. Metoda charakteryzuje się pewnymi zakodowanymi parametrami, a mianowicie, technologie T_j posiadają opisujące je wielkości p_i , które grupujemy w układzie tabelarycznym. Przykładowo przyjmujemy, że dane są parametry $p_1 - p_6$ dla różnych technologii $T_1 - T_5$ (tabela 1).

Tabela 1 – Zapis technologii i opisujących je parametrów

$T_j \backslash p_i$	1	2	3	4	5	6
1	80,11	2,83	1,18	2,92	4,13	2,65
2	80,1	2,8	1,2	2,7	5,1	2,3
3	80,58	3,48	1,34	2,21	4,34	1,91
4	76,05	4,31	1,71	1,29	4,73	2,23
5	74,45	5,83	1,46	2,2	7,22	2,57

Obliczamy przeciętne różnice pomiędzy technologiami. Dla przykładu T_1 różni się od T_2 pod względem parametrów:

$$p_1 \quad - \quad o \quad 0,02$$

$$p_2 \quad - \quad o \quad 0,04$$

$$p_3 \quad - \quad o \quad 0,01$$

$$p_4 \quad - \quad o \quad 0,23$$

$$p_5 \quad - \quad o \quad 0,96$$

$$p_6 \quad - \quad o \quad 0,36$$

$$\text{przeciętnie } o \quad 1,35/6 = 0,23$$

Następnie według wzoru [5]:

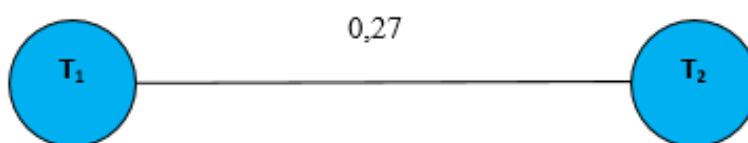
$$d_{k,j} = \frac{1}{i_{\max}} \sum_{i=1}^{i_{\max}} [p_{i,k} - p_{i,m}]. \quad (1)$$

Obliczamy przeciętną różnicę pomiędzy pozostałymi parametrami i otrzymujemy tablicę przeciętnych różnic $d_{k,m}$ technologii k i m (tabela 2). Po obliczeniu przeciętnych różnic pomiędzy parametrami i wykonaniu tabeli, można na jej podstawie zrealizować metodę podporządkowania dendrytowego, zwaną układem taksonomicznym.

Tabela 2 – Przeciętne różnice parametrów $d_{k,m}$ technologii k i m

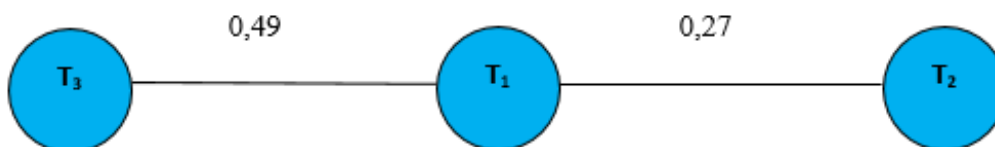
$\begin{matrix} p_i \\ T_j \end{matrix}$	1	2	3	4	5
1	0	0,27	0,49	1,45	2,14
2	0,27	0	0,49	1,37	2,28
3	0,49	0,49	0	1,23	2,40
4	1,45	1,37	1,23	0	1,19
5	2,14	2,28	2,40	1,19	0

Podporządkowanie należy zacząć od pierwszej technologii T_1 , a następnie należy znaleźć technologię, która najmniej różni się od niej. W przypadku tym jest to T_2 , ponieważ 0,28 jest najmniejszą wartością wyższą od zera. Otrzymujemy więc pierwsze połączenie (rys.1):



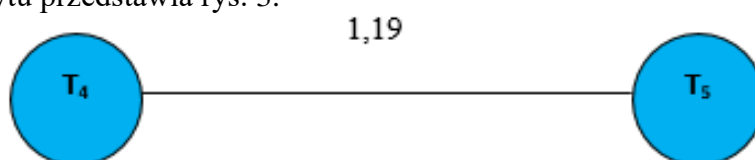
Rysunek 1 – Pierwsze z połączeń dendrytu

Następna jest technologia T_3 , a najmniejszą wartością jest 0,49. Otrzymujemy więc kolejne połączenie (rys. 2):



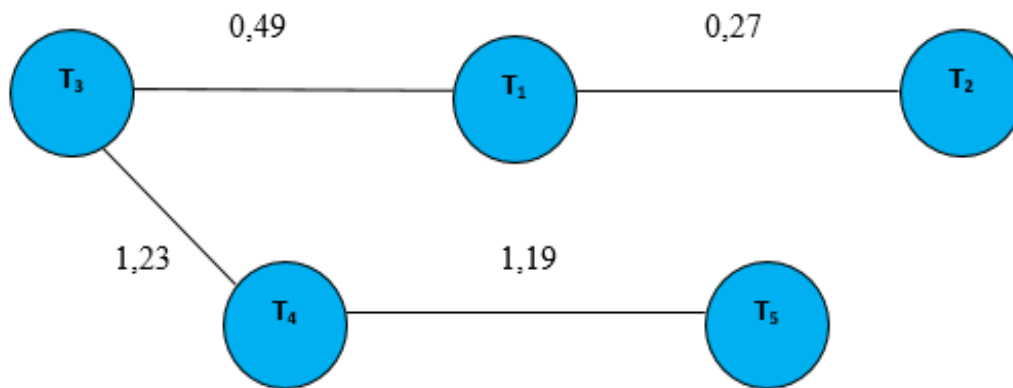
Rysunek 2 – Drugie z połączeń dendrytu

Kolejną jest technologia T_4 o najmniejszej wartości 1,19. Jest to różnica pomiędzy T_4 a T_5 , a połączenie dendrytu przedstawia rys. 3.

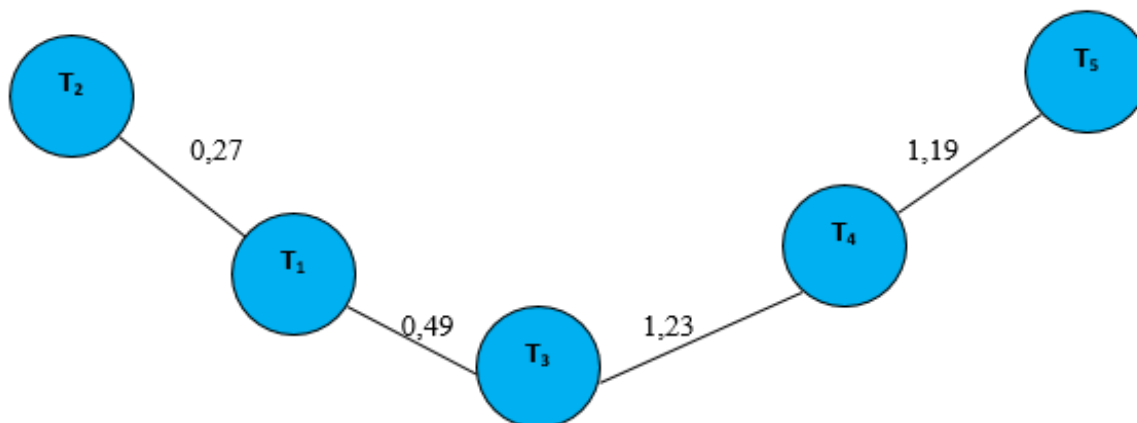


Rysunek 3 – Trzecie z połączeń dendrytu

W tej fazie analizy połączenie dendrytyczne nie jest jeszcze ustalone, ponieważ punkty z poprzednich kroków nie są jeszcze połączone. Konieczne jest zatem znaleźć najmniejszą przeciętną różnicę pomiędzy technologiami z pierwszej trójki i drugiej dwójki. Najmniejsza przeciętna różnica między jedną z technologii pierwszej trójki a T_4 wynosi 1,23. Najmniejsza różnica pomiędzy jedną z technologii pierwszej trójki a jedną z drugiej dwójki jest przeciętną różnicą między T_3 i T_4 i wynosi 1,23. Połączenie to tworzy szukany dendryt (rys. 4).



Rysunek 4 – Połączenie pomiędzy 1 i 2 grupą technologii



Rysunek 5 – Przykładowa forma dendrytu

Uzyskany dendryt możemy ułożyć w dowolny sposób, ponieważ nie odgrywa to żadnej roli i może przybrać formę pokazaną na rys. 5. Kolejność punktów łączonych i długość odcinków łączących odgrywają istotną rolę przy wyciąganiu wniosków. Bliskość i grupowanie poszczególnych technologii decyduje o podobieństwie osiągniętych parametrów p_i .

Pod względem uzyskanych parametrów p_1 - p_6 pokazany dendryt wskazuje, że technologia T_3 jest najbliższa T_4 i T_1 , można potraktować to jako grupę technologii bardziej podobnych niż pozostałe. Z kolei T_4 jest bardziej bliska technologii T_5 , natomiast T_1 do T_2 .

Podsumowanie

Modelowanie taksonomiczne stwarza duże możliwości w odniesieniu do analizy złożonych problemów ekonomiczno-technicznych. Dotyczy to przede wszystkim tych zagadnień, które są charakteryzowane dużą liczbą parametrów dla ich poprawnej oceny efektywności procesu transportowego.

Przedsiębiorstwa transportowe, których podstawowym elementem działalności rynkowej jest obsługa procesów transportowych potrzebują odpowiednich sposobów do rozpoznania oraz oceny przeprowadzanych procesów. Cały proces oceny efektywności działań ma na celu wyciągnięcie wniosków, a następnie wprowadzenie rozwiązań mających na celu usprawnienie działalności firmy, na każdej możliwej płaszczyźnie [3].

Proces oceny działań przedsiębiorstwa transportowego opiera się zwykle na zastosowaniu mierników będących zdarzeniami oraz faktami z zakresu działania przedsiębiorstwa oraz wskaźników będących zmiennymi wielkościami pozwalającymi na zauważenie cech lub zdarzeń niezwykle istotnych dla działania przedsiębiorstwa, jednak nie zawsze bezpośrednio obserwowalnej.

Analiza funkcjonowania działalności przedsiębiorstwa opiera się na rozpoznaniu zarówno elementów ekonomicznych jak i jakościowych. Celem przedsiębiorstwa przeprowadzającego proces analizy swej działalności jest przede wszystkim przyspieszenie działań, obniżenie ich kosztów, a także zwiększenie zadowolenia klienta.

Bibliografia

1. Borys T.: Zastosowanie metod taksonomicznych. Zeszyt Nr 1, Sekcja Klasyfikacji Analizy Danych PTS pt. „Taksonomia”, Wyd. Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu – Filia w Jeleniej Górze, Wrocław 1994.
2. Fraś J.: Wybrane instrumenty pomiaru jakości usług logistycznych. Uniwersytet Szczeciński, Szczecin 2014.
3. Lejda K., Zielińska E., Rapała D., Siedlecka S.: Parametry wykorzystywane do oceny procesów transportowych. Monografia pod redakcją naukową Kazimierza Lejdy pt. Systemy i środki transportu samochodowego, Nr 11, Rzeszów 2017.
4. Waściński T, Zieliński.P.: Efektywność procesu transportowego. Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział logistyki. Systemy logistyczne Wojsk nr 42/2015.
5. Zielińska E.: Możliwość wykorzystania metody taksonomicznej do opracowania modelu zarządzania ekologicznego w zapleczu technicznych środków transportu. Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowej SAKON’06 nt. „Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju pojazdów samochodowych i maszyn roboczych samojezdnych; Zarządzanie i marketing w motoryzacji”, Rzeszów–Przeclaw 2006r.

ОГЛЯД ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ

Ольга САКНО¹, канд. техн. наук, доц., Василь ОЛЛО², канд. пед. наук, доц.,
Віктор СТАДНИК³, ст. викл., Дмитро БОНДАРЕНКО¹, студент,
Олександр СЛОБОДСЬКИЙ¹, студент

¹Відокремлений структурний підрозділ «Дніпровський фаховий коледж інженерії та педагогіки»
Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний
університет» (Україна)

²Військова академія (м. Одеса), Україна

³ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (Україна)

Ключові слова: електромобілі, конструкція, акумуляторна батарея, коробка передач, підвіска

Електромобіль – автомобіль, що приводиться в рух одним або декількома електродвигунами з живленням від акумуляторів або паливних елементів тощо, а не двигуном внутрішнього згорання [1]. Електромобіль відрізняється від автомобіля з двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ) і електричною передачею і від тролейбусів. Підвидами електромобіля є електрокар (транспортний засіб (ТЗ) для перевезення вантажів на закритих територіях) і електробус (автобус з акумуляторною тягою).

Електромобіль з'явився раніше, ніж ДВЗ. На Першій міжнародній виставці електрики в 1881 році у Парижі презентували перший триколісний електромобіль [1] Густава Трове, який розвивав швидкість 12 км/год при дальності ходу 14-26 км. Вперше у Німеччині у 1888 році був розроблений електромобіль Флокена.

Першим у США електричним електромобілем можна вважати електричний 4-колісний екіпаж компанії Morrison Electric, створений у 1891 р. Електричний екіпаж оснащений електричним двигуном Siemens потужністю 4 к.с. і розвивав швидкість до 32 км/год (20 миль на годину), був розрахований на 6-12 пасажирів. Електричні батареї забезпечували запас ходу до 80 км (50 миль). Керування автомобілем здійснювалося за допомогою керма із запатентованим механізмом рейкової передачі. За всю історію компанією було виготовлено 11 таких екіпажів [1].

Світовий лідер з виробництва електротранспорту – Китай.

Основний фактор, що стримує масове виробництво електромобілів – малий попит через високу вартість та малий пробіг від однієї зарядки [1], крім того, стримує дефіцит акумуляторів та їхня висока ціна. Для вирішення цих проблем багато автовиробників

створили спільні підприємства з виробниками акумуляторів. Наприклад, Volkswagen AG створив спільне підприємство з Sanyo Electric, Nissan Motor з NEC Corporation, і т. д.

Термін електромобільність (англ. Electro Mobility, E-Mobility) охоплює повністю електричні ТЗ, а також гібридні електричні ТЗ та автомобілі, які використовують технологію водневих паливних елементів.

Продажі електромобілів у світі досягли рекордних 3 мільйонів за 2020 р., що на 40 % більше, ніж у 2019 році. Таке сильне зростання було різким контрастом із загальною млявістю автомобільного ринку в усьому світі: загальний продаж автомобілів знизився на 16 % через кризу Covid-19. Після десятиліття швидкого зростання зараз експлуатуються понад 10 мільйонів електромобілів, що становить ~1% світового автомобільного парку. У 2030 році за сценарієм чистих нульових викидів до 2050 року передбачено 300 мільйонів електромобілів на дорогах, і на них припадає понад 60 % продажів нових автомобілів порівняно з лише 4,6 % у 2020 році. Ранні дані про продажі 2021 року свідчать про швидке зростання на основних ринках [2].

Більшість сучасних електромобілів мають схожий пристрій. Розрізняються вони між собою потужністю батареї, кількістю електромоторів, аеродинамікою та внутрішнім оснащенням (рис. 1-2) [3].

Основними елементами конструкції електромобіля є: акумуляторна батарея, електродвигун, трансмісія, бортовий зарядний пристрій, інвертори, перетворювач постійного струму, електронна система керування, ходова частина (рис. 3) [3].



Рисунок 1 – Порівняльна таблиця електромобіля з автомобілем з ДВЗ

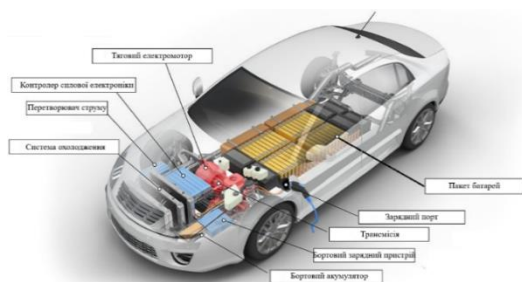
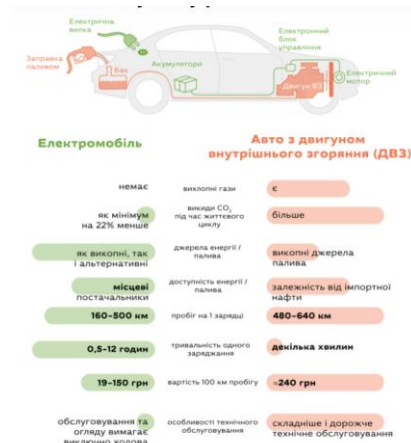


Рисунок 2 – Пристрій електромобіля

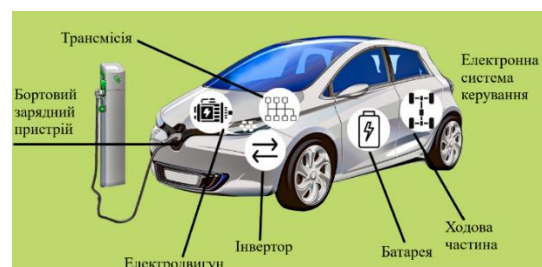


Рисунок 3 – Основні елементи конструкції електромобіля

Батарея – головний компонент електромобіля. Вона забезпечує електрикою тяговий електромотор та аксесуари ТЗ. У сучасних електромобілів вона розташована у підпільному просторі. Перевагою такого розміщення є низький центр тяжкості та звільнення корисного простору в салоні та багажнику (рис. 4).



Рисунок 4 – Зовнішній вид батареї

Батарея складається з осередків, кожна з яких містить кілька десятків звичайних побутових літій-іонних батарейок типу ААА. Таке рішення дозволяє швидше охолоджувати елементи, що швидко нагріваються. Система охолодження має множину мереж каналів, заповнених гліколевим холодоагентом, контур руху якого пов'язаний з компактними радіаторами в передніх повітрязабірниках. Тому більшість електромобілів мають абсолютно гладкий обтічний профіль. Місткість сучасних батарей в залежності від класу електромобіля становить від 40 до 100 кВт-год, що дозволяє проїжджати від 150 до 400 км на одному заряді.

На більшості електромобілів встановлена одношвидкісна коробка, розташована поруч із інвертором. Це дозволяє вмикати режим заднього ходу, змінюючи лише фази, а також спрямовувати енергію гальмування в заряд батареї.

Значною перевагою електродвигуна та одноступінчастої коробки є те, що можна використовувати «вільний» диференціал i , в разі пробуксовки одного з провідних коліс, миттєво відбирати потужність в одній з півосей приводу, зменшуючи його прослизання.

Система підвісок в електрокарах є традиційною і часто запозичена у звичайних автомобілів. Головна відмінність підвіски електромобілів у тому, що еластокінематика змушена справлятися з великою вагою, тоді як найкраща розважування по осях дозволяє інженерам точніше налаштовувати керованість, щоб упоратися з інерційністю важкого кузова.

Традиційні автомобілі можуть ефективно уповільнюватися при натисканні на педаль гальма, а енергія гальмування спрямовується на нагрівання гальмівних колодок та дисків. У електромобілях електромотор може використовуватися як генератор для заряджання батареї. При скиданні педалі акселератора електроніка розпізнає уповільнення обертання магнітного поля щодо ротора та уповільнює автомобіль. При цьому педаль гальма можна використовувати лише для повної зупинки електрокара. Завдяки цьому термін служби гальмівних механізмів зростає в середньому втричі [4-5].

Висновки. Таким чином, переваги електромобіля наступні: висока ефективність; низька вартість енергії; більше простору в салоні та багажнику; вищі потужність і крутний момент, кращі динамічні показники; електродвигуни не потребують примусового охолодження; більш ефективне гальмування електродвигуном у режимі рекуперації; менший знос гальмівних колодок; електричний двигун і трансмісія практично не потребують обслуговування; найкраща стійкість на дорозі завдяки низькому центру ваги.

Але є й недоліки, а саме: висока залежність від джерел живлення та зав'язаний на це запас ходу; слаборозвинена інфраструктура громадських зарядних станцій; вища вартість порівняно з автомобілями ДВЗ.

Список літератури

1. Wikipedia. Офіційний сайт. URL: [wikipedia.org https://cutt.ly/cGLp8lo](https://cutt.ly/cGLp8lo).
2. Electric Vehicles. Офіційний сайт. URL: <https://www.iea.org/reports/electric-vehicles>.
3. Как устроены и как работают современные электромобили / e-cars24: офіційний сайт. URL: <https://ecars24.info/stati/kak-ustroeny-i-kak-rabotayut-sovremennye-elektromobili>.
4. EV-Volumes. Офіційний сайт. URL: <https://www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes/>.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ КАТАЛІТИЧНОЇ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ДВИГУНА В ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РЕЖИМАХ

Микола ЦЮМАН¹, канд. техн. наук, доц., Іван САДОВНИК¹, аспірант (PhD студент)

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: автомобільний двигун, режим роботи, витрата палива, температура каталітичного нейтралізатора, концентрації шкідливих речовин, відпрацьовані гази

Вступ

Актуальність даного дослідження пов'язана з такими передумовами: жорсткі екологічні вимоги до рівня викидів шкідливих речовин автомобільними двигунами; низька ефективність каталітичного нейтралізатора за низької температури реактора в початковий період прогріву двигуна після пуску; суттєва частка (до 30 %) “холодних викидів” у загальній масі викинутих шкідливих речовин під час повсякденної експлуатації автомобіля в міському циклі; складний вплив фізико-хімічних процесів у каталітичному нейтралізаторі на ефективність нейтралізації шкідливих речовин.

Дослідженням впливу процесів прогріву автомобільного двигуна на екологічні показники автомобіля присвячено роботи Гутаревича Ю.Ф., Матейчика В.П., Грицука І.В., Симоненка Р.В., Цюмана М.П., Тріфонова Д.М., Кухтик Н.О. та інших [1-7].

Разом з тим, у наявних наукових дослідженнях не виявлено результатів визначення впливу конструктивних та експлуатаційних факторів систем нейтралізації шкідливих викидів на ефективність їхньої роботи під час режимів прогріву автомобільних двигунів.

Мета роботи

Визначення впливу конструктивних та експлуатаційних факторів систем нейтралізації шкідливих викидів на ефективність їхньої роботи під час режимів прогріву автомобільних двигунів

Виклад основного матеріалу дослідження

Загальна методика дослідження передбачає наступні етапи:

- розроблення теоретичної моделі для визначення ефективності нейтралізації шкідливих речовин у режимі прогріву двигуна та каталітичного нейтралізатора;
- експериментальне дослідження процесів прогріву двигуна та каталітичного нейтралізатора та впливу цих процесів на викиди шкідливих речовин;
- уточнення математичної моделі для визначення витрати палива та викидів шкідливих речовин автомобілем під час руху в їздовому циклі з урахуванням процесів прогріву двигуна та каталітичного нейтралізатора;
- дослідження впливу конструктивних та експлуатаційних факторів систем нейтралізації шкідливих викидів на ефективність їхньої роботи під час режимів прогріву автомобільних двигунів та на рівень викидів автомобіля під час руху в їздовому циклі.

Експериментальне дослідження процесів прогріву двигуна та каталітичного нейтралізатора виконано в лабораторії випробування двигунів Національного транспортного університету.

Під час досліджень використовувалося наступне обладнання:

- система вимірювання поточних параметрів системи управління двигуном на основі використання персонального комп'ютера з програмним забезпеченням, яке дозволяє отримувати значення основних показників швидкісного, навантажувального та теплового режиму роботи автомобільного двигуна в режимі реального часу;
- система вимірювання масової витрати палива на основі використання електронних

терезів, на яких встановлено ємність з паливом для живлення двигуна, та секундоміра;

– система вимірювання температури каталітичних нейтралізаторів на основі швидкодіючих термопар, встановлених безпосередньо в монолітні носії каталізаторів;

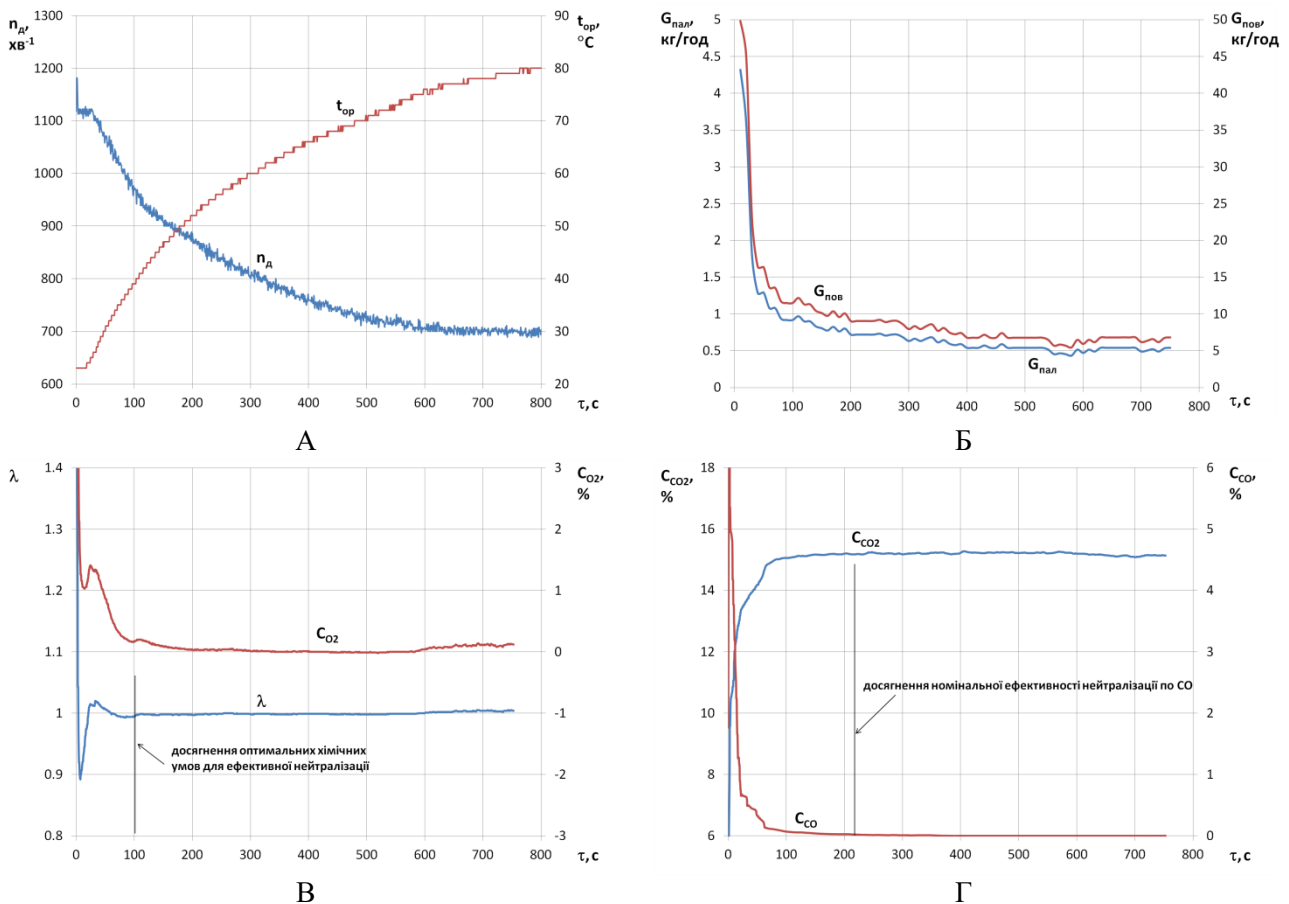
– система вимірювання концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах (ВГ) на основі використання п'ятикомпонентного газоаналізатора BOSCH BEA 060 та персонального комп'ютера з програмним забезпеченням, яке дозволяє отримувати концентрації шкідливих речовин та параметр λ , який відповідає коефіцієнту надміру повітря в паливоповітряній суміші, в режимі реального часу.

В результаті експериментальних досліджень встановлено: параметри швидкісного (n_d) та температурного (t_{op}) режиму роботи двигуна в режимі холостого ходу (рис. 1а); годинні витрати палива ($G_{пал}$) та повітря ($G_{пов}$) під час прогріву двигуна та каталітичного нейтралізатора (рис. 1б); параметри складу суміші (λ) та концентрації кисню (C_{O_2}) у ВГ (рис. 1в); концентрації чадного (C_{CO}) та вуглекислого газу (C_{CO_2}) у ВГ (рис. 1г); концентрації вуглеводнів (C_{CH}) та оксидів азоту (C_{NO}) у ВГ (рис. 1д); температурний режим каталітичного нейтралізатора ($t_{н1}$) (рис. 1е).

За отриманими значеннями складу суміші за параметром λ , який відповідає коефіцієнту надміру повітря, встановлено, що хімічні умови, необхідні для ефективної роботи системи нейтралізації ВГ, досягаються через 100 с після пуску двигуна. При цьому, номінальна ефективність нейтралізації за CO досягається через 220 с.

За вимірними концентраціями вуглеводнів (C_{CH}) та оксидів азоту (C_{NO}) у ВГ встановлено, що досягнення номінальної ефективності нейтралізації за CH відбувається через 400 с, а номінальної ефективності за NO – через 180 с після пуску двигуна.

Температурний режим каталітичного нейтралізатора ($t_{н1}$) при досягненні відповідних хімічних умов та номінальної ефективності системи нейтралізації також різний: номінальна ефективність CO досягається за температури 305 °С; NO – за температури 295 °С, CH – за температури 330 °С, необхідні хімічні умови роботи досягаються за температури 230 °С.



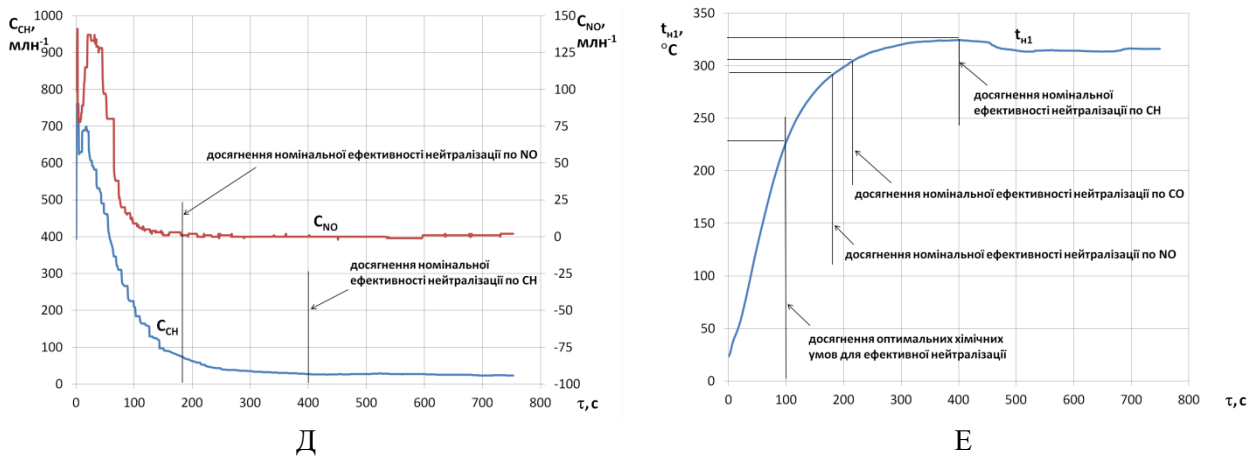


Рисунок 1 – Показники автомобільного двигуна в режимі прогріву: а – параметри швидкісного та теплового режиму роботи; б – годинні витрати палива і повітря; в – концентрація кисню у ВГ та коефіцієнту надміру повітря; г – концентрації CO та CO₂ у ВГ; д – концентрації вуглеводнів та оксидів азоту у ВГ; е – температура першого каталітичного нейтралізатора

Висновки

За результатами проведених досліджень можливо встановити наступні висновки:

1. Під час прогріву двигуна в режимі холостого ходу досягнення хімічних та температурних умов, необхідних для ефективної роботи системи нейтралізації ВГ, відбувається в різні моменти часу: раніше досягаються хімічні умови, пізніше температурні.
2. Номінальна ефективність нейтралізації різних шкідливих компонентів ВГ (CO, CH, NO) досягається в різні моменти часу за різних температур каталітичного нейтралізатора: за NO через 180 с за температури 295 °C; за CO через 220 с за температури 305 °C; за CH через 400 с за температури 330 °C. Необхідні хімічні умови роботи досягаються через 100 с за температури 230 °C;
3. Досягнення номінальної ефективності системи нейтралізації практично не залежить від часу виходу на робочий температурний режим двигуна за температурою охолоджуючої рідини;
4. Максимальна температура основного каталітичного нейтралізатора в режимі прогріву на холостому ході за час повного прогріву системи охолодження становить 117 °C, що недостатньо для ефективної нейтралізації. Основний нейтралізатор практично не впливає на рівень викидів у цьому режимі;
5. За результатами експериментальних досліджень з'являється можливість уточнення теоретичної моделі для визначення впливу конструктивних та експлуатаційних факторів систем нейтралізації на викиди шкідливих речовин та встановлення поєднання факторів для зменшення викидів.

Список літератури

1. Gritsuk, I., Gutarevych, Y., Mateichyk, V., and Volkov, V., "Improving the Processes of Preheating and Heating after the Vehicular Engine Start by Using Heating System with Phase-Transitional Thermal Accumulator," SAE Technical Paper 2016-01-0204, 2016, doi:10.4271/2016-01-0204.
2. Трифонов Д.М. Поліпшення паливної економічності і екологічних показників автомобіля використанням теплових акумуляторів фазового переходу для прогріву двигуна: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Трифонов Дмитро Миколайович. – К., 2018. – 236 с.
3. Gritsuk, I., Volkov, V., Gutarevych, Y., Mateichyk, V. et al., "Improving Engine Pre-Start And After-Start Heating by Using the Combined Heating System," SAE Technical Paper 2016-01-8071, 2016, <https://doi.org/10.4271/2016-01-8071>.
4. Improving the processes of thermal preparation of an automobile engine with petrol and gas supply systems (Vehicle engine with petrol and LPG supplying systems) / I. Gritsuk,

D. Pohorletskyi, V. Mateichyk, R. Symonenko, M. Tsiuman, M. Volodarets, N. Bulgakov, V. Volkov, V. Vychuzhanin, Y. Grytsuk, M. Ahieiev, I. Sadovnyk. // SAE Technical Paper 2020-01-2031. – 2020. (doi.org/10.4271/2020-01-2031).

5. Improving the vehicular engine pre-start and after-start heating by using the combined heating system / I. Gritsuk, V. Mateichyk, M. Smieszek, V. Volkov, Y. Gutarevych, V. Aleksandrov, R. Symonenko and V. Verbovskiy. // HVAC System. – 2018. (doi: 10.5772/intechopen.79467).

6. Кухтик Н.О. Визначення витрати палива та концентрацій шкідливих речовин за прогріву двигуна легкового автомобіля в умовах низьких температур середовища. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки (ISSN: 1728-4260). Житомир, 2018. Вип. 2 (82). С. 88-93.

7. Gritsuk, I., Mateichyk, V., Tsiuman, M., Gutarevych, Y. et al., "Reducing Harmful Emissions of the Vehicular Engine by Rapid After-Start Heating of the Catalytic Converter Using Thermal Accumulator," SAE Technical Paper 2018-01-0784, 2018, <https://doi.org/10.4271/2018-01-0784>.

BADANIA PORÓWNAWCZE WYDATKU WTRYSKIWACZY PIEZOELEKTRYCZNYCH

Paulina KULASA¹, mgr inż., Artur KRZEMIŃSKI¹, mgr inż.

¹Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza w Rzeszowie (Polska)

Słowa kluczowe: wtryskiwacz piezoelektryczny, Common Rail, silnik spalinowy, wydatek wtryskiwacza

Wstęp

Silniki o zapłonie samoczynnym są szeroko stosowane w przemyśle, rolnictwie i transporcie ze względu na dużą sprawność i dobre zdolności adaptacyjne [1]. Układ paliwowy jest jednym z podstawowych elementów tego typu silników. Ma on wpływ na wydajność procesu wtrysku paliwa oraz na przebieg spalania [3, 5]. Obecnie w silnikach o zapłonie samoczynnym wykorzystywany jest układ Common Rail, który pozwala na podział dawki paliwa. Dostarczenie paliwa w odpowiednim momencie procesu zapłonu i spalania pozwala na zmniejszenie emisji spalin, ale także na zwiększenie sprawności i zmniejszenie hałasu generowanego przez silnik [4]. Cały proces wtrysku musi być realizowany w niewielkim zakresie kąta obrotu wału korbowego, co szczególnie przy wysokich prędkościach obrotowych silnika oznacza bardzo krótki czas otwarcia i zamknięcia wtryskiwacza. Dlatego rozwój układów wtryskowych jest jednym z głównych obszarów badawczych silników o zapłonie samoczynnym. Ukierunkowany jest na zmniejszenie masy elementów roboczych w celu skrócenia czasu odpowiedzi na sygnał sterujący i zwiększenie ciśnienia wtrysku, co przyczynia się do zmniejszenia średnicy kropeł paliwa, a przede wszystkim umożliwia przepompowanie większej ilości paliwa w danej jednostce czasu [2].

Badania wykazały, że nowe wtryskiwacze znacznie różnią się charakterystyką przepływu. Ferrari i inni wyznaczyli charakterystyki wtrysku paliwa w zależności od różnych ciśnień w zasobniku paliwa [6]. Uzyskane wyniki wykazały, że przy krótkich czasach wtrysku rozrzut wydatku paliwa jest większy od średniej wartości. Zmiany w szybkości wtrysku mają bezpośredni wpływ na proces spalania w cylindrze [7].

Hofmann i inni zaproponowali algorytm korekcji strategii wtrysku w celu skompensowania zmian wynikających ze starzenia się wtryskiwacza. Aby dobrać optymalną strategię wtrysku wystarczy uproszczony model wtrysku i spalania. Wykazano również, że sama zmiana czasu wtrysku nie wystarczy do skompensowania zmian jego charakterystyki ponieważ oprócz współczynnika przepływu paliwa zmienia się również charakterystyka rozpylenia oraz parametry dynamiczne [8].

Ważnym elementem zasobnikowego układu wtryskowego są wtryskiwacze. Obecnie

alternatywę dla wtryskiwaczy sterowanych elektromagnetycznie stanowią wtryskiwacze piezoelektryczne. Cechują się one mniejszym zużyciem energii w stosunku do wtryskiwaczy elektromagnetycznych. Kolejną zaletą wtryskiwaczy piezoelektrycznych jest zwiększona dynamiczna reakcja iglicy wtryskiwacza. Stos piezoelektryczny może generować siły do wartości 800 N, podczas gdy układy elektromagnetyczne zwykle wskazują niższe wartości niż 100 N [9, 10, 11]. Ponadto wtryskiwacze piezoelektryczne cechują się krótszym czasem maksymalnego otwarcia iglicy rozpylacza.

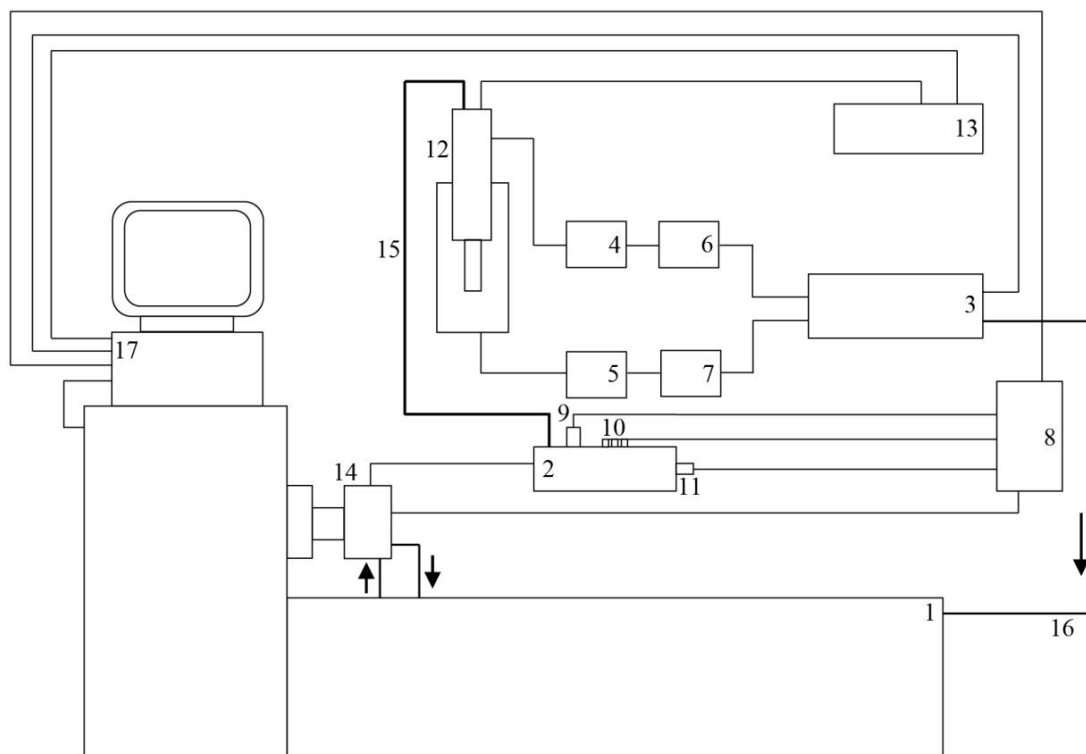
Ze dotychczasowych badań wiadomo, że wtryskiwacze piezoelektryczne cechują się lepszymi parametrami niż wtryskiwacze elektromagnetyczne. Ale również współczesne wtryskiwacze posiadają duży rozrzut wydatku paliwa, dla tego celem niniejszej pracy jest przeprowadzenie badań wydatku paliwa wtryskiwaczy piezoelektrycznych stosowanych w układach zasilania typu Common Rail z wykorzystaniem dwóch systemów pomiarowych oraz porównanie obu metod badawczych.

Metodyka i wyniki badań

Badania przeprowadzono dla dwóch wtryskiwaczy firmy Bosch o oznaczeniach 0 445 116 006 i 0 445 115 063.

Dawkę paliwa uzależniono od czasu otwarcia iglicy wtryskiwacza oraz ciśnienia w zasobniku. Pomiary wykonano dla czterech wartości czasu wtrysku, wynoszących 505, 1005, 1505 i 2005 μ s oraz dwóch wartości ciśnień 80 i 120 MPa. W trakcie badań przyjęto stałą prędkość obrotową wałka pompy wysokiego ciśnienia na poziomie 1000 obr/min oraz stałą temperaturę paliwa znajdującego się w zbiorniku, wynoszącą 40 °C. Wykonano serie trzech pomiarów dla każdego z przyjętych punktów pomiarowych, na podstawie których obliczono wartości średnie wydatku dla każdego z nich.

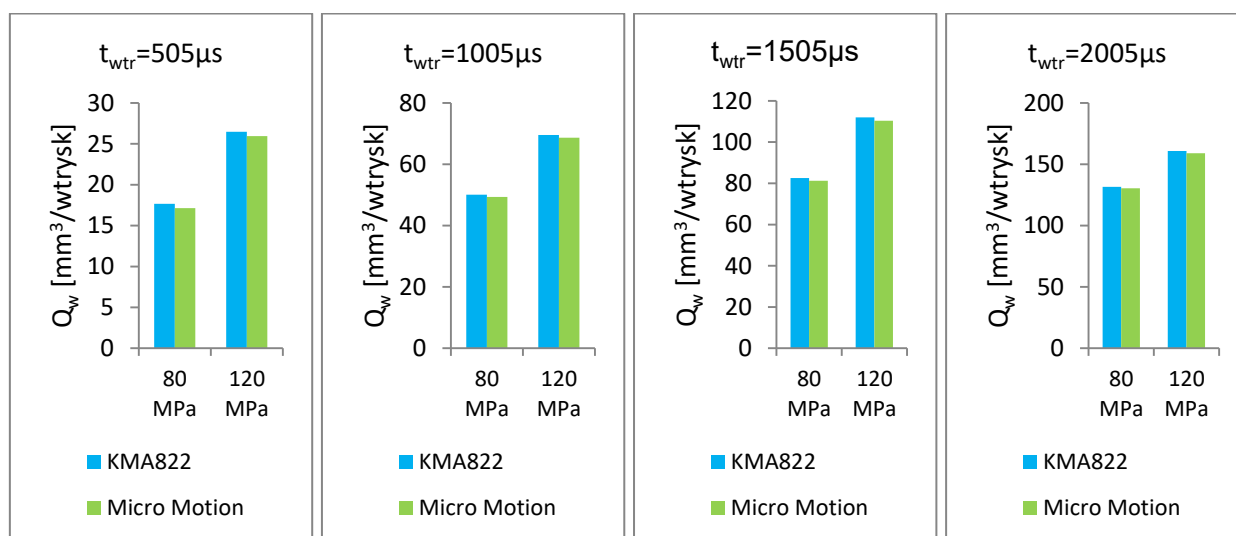
Pomiary wykonano z wykorzystaniem stołu probierczego firmy Bosch EPS815, wyposażonego w układ pomiarowy KMA822, opierający się na elektronicznym systemie ciągłego pomiaru oraz stanowisko pomiarowe, w skład którego wchodzi dla przepływomierze firmy Micro Motion o oznaczeniach CMF010M i CMF025M, bazujących na czujnikach Coriolisa. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na Rys. 1.



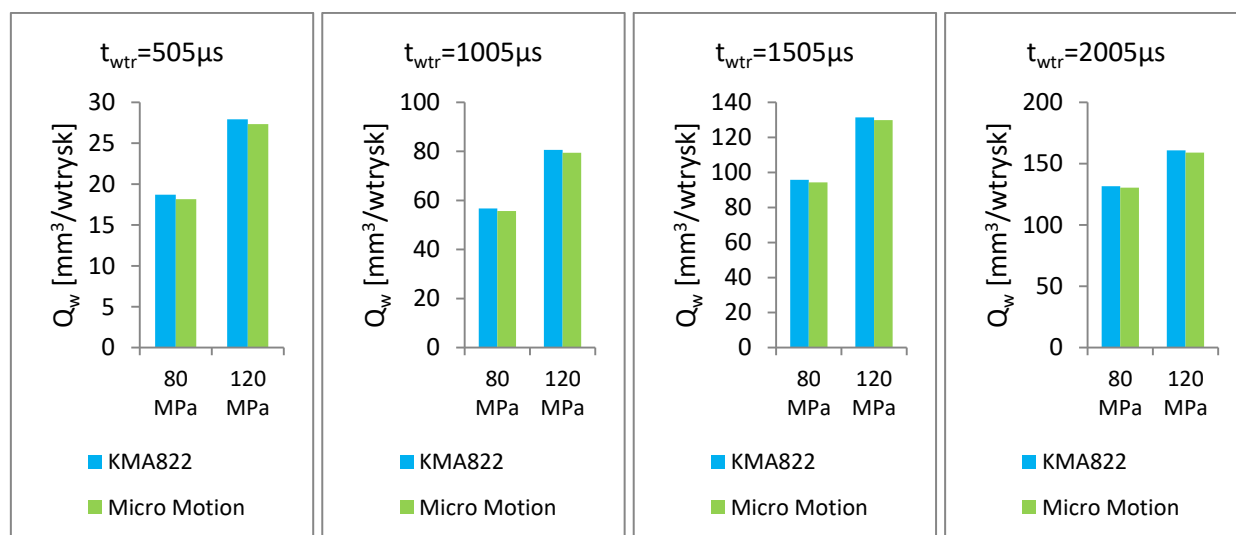
Rysunek 1 – Schemat stanowiska badawczego: 1 – stół probierczy Bosch EPS 815; 2 – szyna wysokiego ciśnienia; 3 – zespół pomiaru dawki paliwa Bosch KMA 822; 4, 5 – chłodnica paliwa; 6, 7 – przepływomierz masowy Micro Motion CMF025M; 8 – moduł sterowania pompą wysokiego ciśnienia; 9 – czujnik ciśnienia w szynie; 10 – zespół regulatorów ciśnienia w szynie; 11 – czujnik temperatury paliwa w szynie; 12 – badany wtryskiwacz piezoelektryczny; 13 – moduł sterowania wtryskiwaczami; 14 – pompa

wysokiego ciśnienia; 15 – przewód wysokiego ciśnienia; 16 – powrót paliwa do zbiornika stołu; 17 – komputer sterujący stołem probierczym

Na podstawie uzyskanych wyników sporządzono wykresy prezentujące wartości wydatku badanych wtryskiwaczy dla różnych czasów wtrysku oraz przyjętych ciśnień w zasobniku.



Rysunek 2 – Wydatek wtryskiwacza 0 445 116 006 dla różnych czasów wtrysku t_{wtr} i ciśnienia w zasobniku wynoszącego 80 i 120 MPa



Rysunek 3 – Wydatek wtryskiwacza 0 445 115 063 dla różnych czasów wtrysku t_{wtr} i ciśnienia w zasobniku wynoszącego 80 i 120 MPa

W przypadku obu badanych wtryskiwaczy wartości dawek wtrysku (Rys. 2 i 3) zmierzone za pomocą KMA822 były nieznacznie większe. Największy błąd względny pomiaru wydatku w przypadku wtryskiwacza 0 445 116 006 i ciśnienia 80 MPa odnotowano dla czasu wtrysku 505 μs . Podobny wynik uzyskano dla ciśnienia w szynie na poziomie 120 MPa. Najbardziej zbliżone wartości otrzymane z obu systemów pomiarowych dla tego wtryskiwacza uzyskano dla czasu wtrysku 2005 μs . Dla wtryskiwacza o oznaczeniu 0 445 115 063 największa wartość błędu względnego również została odnotowana dla najkrótszego czasu wtrysku, natomiast najmniejsza dla czasu najdłuższego. Świadczy to o widocznym wpływie wartości wydatku na dokładność uzyskanych wyników. Oprócz czasu wtrysku wpływ na wartość błędu względnego pomiaru miało zastosowane ciśnienie w zasobniku. W przypadku pierwszego badanego wtryskiwacza błąd ten zmniejszył się wraz ze wzrostem ciśnienia, a w przypadku drugiego wtryskiwacza wzrósł.

Wnioski

Pomiary wykonane za pomocą dwóch rodzajów przepływomierzy wykazały istotne różnice pomiędzy wykorzystanymi systemami pomiarowymi. Mniejsze różnice pomiędzy wynikami z

urządzenia KMA822, a przepływomierzy Micro Motion dla obu badanych wtryskiwaczy zaobserwowano w przypadku pomiarów dawek wtrysku. Nieznacznie większe wartości dawek wtrysku uzyskano dla zestawu KMA822. Oznacza to, że oba systemy charakteryzują się podobną dokładnością pomiaru dawek wtrysku.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że ze względu na niewielkie błędy względne pomiarów, oba wykorzystane systemy pomiarowe mogą być stosowane do pomiarów wydatków wtryskiwaczy piezoelektrycznych. Z uwagi na duże błędy pomiarów w przypadku dawek przelewów należałoby rozważyć poprawę dokładności pomiarowych dla tych dawek. W zależności od przyjętych warunków badania można uzyskać różną powtarzalność pomiarów wykonanych za pomocą obu systemów pomiarowych. Aby uzyskać większą dokładność pomiaru za pomocą przepływomierzy można rozważyć zwiększenie mierzonych wydatków poprzez podwyższenie częstotliwości pracy wtryskiwaczy.

Bibliografia

1. Finesso R., Hardy G., Mancarella A., Mareello O., Mittica A., Spessa E. "Real-time simulation of torque and nitrogen oxide emission in an 11.0 l heavy-duty diesel engine for model-based combustion control". *Energies* 2019, 12, 460.
2. Bor M., Borowczyk T., Karpiuk W., Smolec R. "Determination of the response time of new generation electromagnetic injectors as a function of fuel pressure using the internal photoelectric effect". *International Interdisciplinary PhD Workshop (IIPhDW) 2018*, pp. 335-339.
3. Agarwal A K, Singh A P, Maurya R K et al. „Combustion characteristics of a common rail direct injection engine using different fuel injection strategies.” *International Journal of Thermal Sciences* 2018, 134, 475-484.
4. Paykani A., Garcia A., Shahbakhti M., et al. „Reactivity controlled compression ignition engine: Pathways towards commercial viability”. *Applied Energy* 2022, 282.
5. Hunicz J., Matijošius J., Rimkus A., et al. „Efficient hydrotreated vegetable oil combustion under partially premixed conditions with heavy exhaust gas recirculation”. *Fuel* 2020, 268.
6. Ferrari A., Mittica A., Paolicelli F., Pizzo P. „Hydraulic Characterization of Solenoid-actuated Injectors for Diesel Engine Common Rail Systems”. *Energy Procedia* 2016, 101.
7. Kamiński M., Budzyński P., Hunicz J., Jóźwik J. „Evaluation of changes in fuel delivery rate by electromagnetic injectors in a common rail system during simulated operation”. *Eksplatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability* 2021; 23 (2): 352-358.
8. Hofmann O., Han S., Rixen D. „Common Rail Diesel Injectors with Nozzle Wear”. *Modeling and State Estimation* 2017.
9. Payri, R., et al. "Influence of injector technology on injection and combustion development–Part 1: Hydraulic characterization." *Applied Energy* 88.4 (2011): 1068-1074.
10. Washington T., Washington G.,"The Application of Piezoceramic Actuation to Direct Fuel Injection." (2003).
11. Fettes C., Leipertz A. „Potential of a piezo-driven passenger car common-rail system to meet future emission legislations – an evaluation by means of in-cylinder analysis of injection and combustion”. *SAE paper* 2001, no 2001-01-3499.

БАГАТОФАКТОРНА ОЦІНКА ТА НОРМУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ТЯГОВОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ УСТАНОВКОЮ

Сергій АНДРУСЕНКО¹, канд.техн.наук, проф., Ігор БУДНИЧЕНКО¹, аспірант (PhD студент)

Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: енергоефективність, транспортний засіб, тягова електрична установка

Вступ

Законом України «Про енергетичну ефективність» [1] визначено, що основними

заходами державної політики у сфері забезпечення енергетичної ефективності є сприяння проведенню систематичних комплексних досліджень у сфері енергоефективності для розробки наукових основ створення новітніх енергоефективних процесів і технологій.

Енергетична ефективність цим законом визначена як «кількісне співвідношення між роботою, послугами, товарами або енергією на виході та витраченою енергією на вході».

Відповідно до цього визначення енергетична ефективність транспортного засобу (далі ТЗ) – це відношення кількості витраченого енергоносія до кількості виконаної транспортної роботи.

Транспортна галузь України є одним із найбільших споживачів паливно-енергетичних ресурсів, тому питання оцінювання енергоефективності будь-якого об'єкту, що споживає енергоносії, зокрема колісний транспортний засіб (КТЗ), є актуальним і сприяє виконанню Закону України «Про енергетичну ефективність» [1].

Метою роботи, яку планується виконувати, є розроблення методу визначення енергоефективності колісного транспортного засобу категорії М₃ класу І з електричною тяговою установкою та обґрунтування норми витрати енергоносія на виконання транспортної роботи.

Виклад основного матеріалу дослідження

Відомі дослідження енергоефективності колісних транспортних засобів з тяговими силовими установками у вигляді двигуна внутрішнього згорання, результати яких викладені у багатьох роботах, наприклад [2, 3, 4, 5], та визначені норми витрат енергоносія такими КТЗ.

Як показав аналіз результатів виконаних досліджень у галузі автомобільного транспорту, їх можна згрупувати за такими напрямками:

- удосконалення систем автомобіля, з метою покращення їх показників енергоефективності;
- визначення впливу різних чинників на витрати палива, з метою обґрунтування нормативних значень;
- розроблення методів визначення показників енергоефективності як автомобіля загалом, так і окремих його систем.

За останній час у структурі парку транспортних засобів зростає частка колісних транспортних засобів, що мають електричні тягові установки, а саме: електромобілів, електробусів, тролейбусів, зокрема і тролейбусів з автономним ходом. Останні вже працюють як електробуси на окремих ділянках маршрутів міст України (Вінниця, Харків, Маріуполь, Кременчук).

Відповідно до збільшення долі колісних транспортних засобів з електричними тяговими установками збільшилося і частка досліджень з метою покращення їхньої енергоефективності.

Проблема застосування колісних транспортних засобів з електричними тяговими установками полягає в тому, що виробництво електричної енергії в Україні має обмеження, яке визначається потужністю підприємств, що генерують електричну енергію.

Особливо гостро ця проблема може постати для колісних транспортних засобів категорії М₃ класу І, що мають електричні тягові установки та використовуються для надання послуг з пасажирських перевезень у містах України і фінансуються із міських бюджетів.

Попередній аналіз робіт з питання енергоефективності транспортних засобів категорії М₃ класу І свідчить про наявність на даний час результатів досліджень, які умовно можна поділити на такі групи:

- дослідження показників енергоефективності, на які впливають умови експлуатації ТЗ, що, наприклад, викладені в роботах [6, 7, 8, 9, 10, 11];
- дослідження показників енергоефективності, на які впливають конструкція та технічний стан транспортного засобу, що викладені, наприклад, у роботах [12, 13, 14].

Окремо зазначимо, що на даний час існує нормативний документ Правила ЄЕК ООН № 101 [15], який регламентує методи оцінювання енергоефективності транспортного засобу і

поширюється тільки на транспортні засоби категорій M_1 та N_1 з різними типами тягових установок, зокрема і електричними. Застосування запропонованих цим документом методів для транспортних засобів категорії M_3 класу I проблематично, оскільки потребує спеціальної ділянки з великою довжиною, що унеможливує його застосування, зокрема в умовах транспортного підприємства та для транспортних засобів, які живляться енергією від зовнішнього джерела енергії, таких як тролейбус. Крім того, умови, за яких виконується визначення енергоефективності, та отримані результати не дозволяють їх застосовувати для планування та оцінювання ефективності витрати енергоносія під час роботи на міському маршруті.

Усі зазначені вище результати досліджень та вимоги нормативних документів можуть бути покладені в основу багатофакторної оцінки та нормування енергоефективності колісного транспортного засобу з тяговою електричною установкою, зокрема категорії M_3 класу I.

Висновки

Об'єктом досліджень, що пропонуються, має бути споживання енергоносія колісним транспортним засобом категорії M_3 класу I, який має електричну тягову силову установку.

Предметом дослідження мають бути чинники, які впливають на енергоефективність та витрати енергоносія транспортного засобу, що досліджується.

Метою дослідження мають бути багатофакторна оцінка та нормування енергоефективності транспортного засобу з тяговою електричною установкою, що має передбачати розробку теоретичних і практичних методів визначення енергоефективності транспортних засобів категорії M_3 , класу I, а також планування і оцінка використання енергоносія транспортним засобом з визначеним показником енергоефективності під час виконання транспортної роботи.

У процесі виконання досліджень має бути передбачено вирішення таких завдань:

1) аналіз частки витрат енергії в загальному енергоспоживанні транспортного засобу під час здійснення транспортної роботи в різних містах України та обґрунтування їхніх законів розподілу;

2) розроблення математичної моделі показника енергоефективності для оцінювання енергоефективності нових транспортних засобів та тих, що перебувають в експлуатації;

3) розроблення методу оцінювання та прогнозування витрат енергоносія під час роботи транспортного засобу на маршруті, що передбачає:

– отримання математичної моделі балансу енергії, на різних етапах його руху (розгін, рух зі сталою швидкістю під тягою чи без тяги, гальмування);

– виконання математичного моделювання споживання енергоносія під час руху маршрутом за умов наявності сталих показників, таких як довжина перегону та середня швидкість на перегоні, а також мінливих чинників, таких як прискорення, уповільнення та кількість пасажирів, що перевозяться на цій ділянці маршруту;

– експериментальне підтвердження адекватності отриманою математичної моделі споживання витрат енергоносія під час руху на вибраному перегоні маршруту.

Список літератури

1. Закон України «Про енергетичну ефективність» від 21.10.2021 р. № 1818–IX // Відомості Верховної Ради України, 2022 р. – № 2. – Ст. 8.

2. Подригало М.А «Енергетична ефективність автомобілів і методи її оцінки» / Подригало М.А., Тарасов Ю.В., Шеїн В.С., Радченко І.О. // Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів», ХНТУСГ. –2019. – № 15. – С. 236-247.

3. Метод парциальных ускорений и его приложения в динамике мобильных машин / [Н.П. Артемов, А.Т. Лебедев, М.А. Подригало, А.С. Полянский, Д.М. Клец, А.И. Коробко, В.В. Задорожная]; под ред. М.А.Подригало. – Х.: Міськдрук, 2012. – 220 с.

4. Мазин А.С. Оценка энергетической нагруженности автомобилей / А.С. Мазин, Р.О. Кайдалов, М.А. Подригало // Збірник наукових праць Національної академії

Національної гвардії України. – Х. : НАНГУ, 2017. – Випуск 2 (30). – С. 28-36.

5. Гутаревич Ю.Ф. Вплив способу реалізації комбінованого методу регулювання потужності двигуна з іскровим запалюванням на механічні втрати та паливну економічність / Ю.Ф.Гутаревич, С.О.Ричок // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник – 2021. – Вип. 1 (51) – С.149-157.

6. Костьян Н.Л. До визначення продуктивності та енергоефективності транспортних засобів в умовах міської мобільності/ Н.Л. Костьян, Mirosław Śmieszek // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник – 2021. – Вип. 3 (50) – С.113-123.

7. Zhang, J., Wang, Z., Liu, P., & Zhang, Z. (2020). Energy consumption analysis and prediction of electric vehicles based on real-world driving data. *Applied Energy*, 275, 115408.

8. McTavish, S., & McAuliffe, B. (2021). Improved aerodynamic fuel savings predictions for heavyduty vehicles using route-specific wind simulations. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 210, 104528.

9. Гордієнко М.М. / Методика оцінювання ефективності рекуперативного гальмування для елементарного спрощеного циклу руху / В.Б. Будніченко, М.М. Гордієнко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник – 2021. – Вип. 1 (48) – С.37.

10. Donkers, A., Yang, D., & Viktorović, M. (2020). Influence of driving style, infrastructure, weather and traffic on electric vehicle performance. *Transportation research part D: transport and environment*, 88, 102569.

11. Гордієнко М.М. Аналіз показника енерговитрат транспортних засобів з електричним двигуном / В.Б. Будніченко, М.М. Гордієнко // Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура. – 2019. – Вип. 3. – С. 158-163.

12. Anwar, F., Gulavani, R. A., Chalipat, S. & Jadhav, S. (2021). Aero drag improvement study on large commercial vehicles using CFD lead approach (No. 2021-26-0424). SAE Technical Paper.

13. Sina, N., Hairi Yazdi, M. R., & Esfahanian, V. (2020). A novel method to improve vehicle energy efficiency: Minimization of tire power loss. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 234(4), 1153-1166.

14. Аргун Щ.В. Розрахунок основних характеристик тягового асинхронного двигуна для електричної трансмісії міського електробуса. *Автомобільний транспорт*. 2018. № 43. С. 36-46.

15. Regulation No. 101 Uniform provisions concerning the approval of passenger cars powered by an internal combustion engine only, or powered by a hybrid electric power train with regard to the measurement of the emission of carbon dioxide and fuel consumption and/or the measurement of electric energy consumption and electric range, and of categories M1 and N1 vehicles powered by an electric power train only with regard to the measurement of electric energy consumption and electric range.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЄМНОСТІ ТЯГОВОЇ АКУМУЛЯТОРНОЇ БАТАРЕЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОБУСА

Валерій БУДНИЧЕНКО, канд.техн.наук, доц., Станіслав ХАРЛАМОВ, аспірант

Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: транспортний засіб, тягова акумуляторна батарея, енергетична ємність, автономний хід

Вступ

На теперішній час в Україні досить гостро стоять проблеми забруднення довкілля від

транспортної інфраструктури.

Вплив колісних транспортних засобів (КТЗ) у забрудненні навколишнього середовища і негативному впливі на населення (очевидно) ще більш істотний, ніж прийнято вважати.

По-перше, основна кількість КТЗ зосереджена в місцях з високою щільністю населення – містах, промислових центрах.

По-друге, шкідливі викиди від колісних транспортних засобів виробляються в самих нижніх, приземних шарах атмосфери, там, де протікає основна життєдіяльність людини і де умови для їхнього розсіювання є найгіршими.

По-третє, відпрацьовані гази двигунів автомобілів містять висококонцентровані токсичні компоненти, що є основними забруднювачами атмосфери. Час, протягом якого шкідливі речовини природним образом зберігаються в атмосфері, оцінюється від десяти діб до півроку.

Нині одним із напрямів зменшення шкідливого впливу транспорту на довкілля є застосування електричних тягових силових установок на транспортних засобах, а також заміна автобусів на електробуси для здійснення пасажирських перевезень на міських маршрутах.

Метою роботи, що буде виконана, є розроблення методу оптимізації енергетичної ємності тягової акумуляторної батареї електробуса для здійснення пасажирських перевезень на маршрутах міста.

Виклад основного матеріалу дослідження

Відповідно до Закону України «Про засади державної регуляторної політики у сфері господарської діяльності» [1] та, враховуючи важливість даного питання, Міністерство інфраструктури України 30.05.2022 року підготувало проект Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо стимулювання використання транспортних засобів, оснащених електричними двигунами» [2].

Тому постановка питання більш широкого застосування для перевезень пасажирів у містах України колісних транспортних засобів з електричною тяговою установкою є актуальною і потребує наявності методичних рекомендацій щодо вибору накопичувача електричної енергії, який буде забезпечувати рух такого транспортного засобу.

Вибір та оптимізація параметрів накопичувача енергії для електробуса можливі за наявності обґрунтованого значення питомих витрат енергоносія на виконання транспортної роботи.

Попередній аналіз результатів досліджень свідчить, що на сьогодні, загалом, виконувалися роботи щодо обґрунтування витрат енергоносія для транспортних засобів, що мають двигуни внутрішнього згорання. Наразі, ці роботи були присвячені впливу зовнішніх чинників на витрату палива автомобілями, наприклад [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Що стосується витрати енергоносія транспортними засобами категорії M_3 класу I, то на даний час виконано декілька робіт щодо витрати енергоносія на живлення різних систем [9], режимів руху [10], показника енергоефективності транспортного засобу [11] та доцільності використання різних силових установок для забезпечення автономного ходу тролейбусів, як представників транспортних засобів категорії M_3 класу I [12].

Окремо зазначимо, що на даний час виконані роботи щодо визначення параметрів тягової акумуляторної батареї для транспортного засобу категорії M_3 класу I для умов експлуатації, коли можлива їхня підзарядка від зовнішнього джерела живлення під час руху маршрутом [13, 14].

Особливість використання тягової акумуляторної батареї для електробуса полягає в тому, що неможливо наразі забезпечити її підзарядку під час його руху.

На підставі зазначеного, необхідно розробити метод визначення енергетичної ємності тягової акумуляторної батареї для транспортного засобу категорії M_3 класу I, яка не може підзаряджатися під час його руху маршрутом, та рекомендації щодо оптимізації типоряду тягових акумуляторних батарей електробусів, що можуть бути застосовані замість автобусів на маршрутах конкретного міста.

Висновки

Метою досліджень, які треба виконати, є оптимізація параметрів тягової акумуляторної батареї електробуса для забезпечення міських пасажирських перевезень на маршрутах, характеристики яких відомі.

Об'єктом досліджень, що пропонуються, має бути споживання енергоносія колісним транспортним засобом категорії М₃ класу І, що має електричну тягову силову установку.

Предметом дослідження мають бути чинники, які впливають на енергетичну ємність тягової акумуляторної батареї, яку необхідно мати для забезпечення роботи електробуса на маршрутах міста, характеристики яких відомі.

У процесі виконання досліджень має бути передбачено вирішення таких завдань:

– отримати статистичні дані про характеристики автобусних маршрутів, наприклад, м. Києва;

– виконати спостереження за добовими витратами електроенергії транспортних засобів категорії М₃ класу І, що мають електричні тягові установки та обладнані лічильниками постійного струму, які перебувають в експлуатації у м. Києві;

– розробити математичну модель для визначення питомих витрат енергії під час руху маршрутом;

– розробити методику оптимізації ємності тягової акумуляторної батареї, яка дозволяє вибрати оптимальний типоряд тягових акумуляторних батарей, для заміни автобусів електробусами на маршрутах м. Києва.

Список літератури

1. Закон України «Про енергетичну ефективність» від 11.09.2003 р. № 1160–IV // Відомості Верховної Ради України, 2004 р. – № 9. – Ст. 79.

2. Проект Закону України «Про деякі питання використання транспортних засобів, оснащених електричними двигунами та внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо подолання паливної залежності і розвитку електрозарядної інфраструктури та електричних транспортних засобів». Режим доступу: <https://ips.ligazakon.net/document/J108300A?an=58>.

3. Хабутдінов Р.А. Системне формування технологій автомобільних перевезень за критеріями енерго-і ресурсовіддачі. Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.22.01 / НТУ. – К.: 2001. – 42 с.

4. Сахно В.П. Математична модель для визначення показників паливної економічності автомобіля з двигунами різної потужності при виконанні міського їздового циклу / В.П. Сахно, О.А. Корпач // Вісник [Національного транспортного університету]. – 2012. – № 25. – С. 193-196.

5. Подригало М.А. Енергетична ефективність автомобілів і методи її оцінки / Подригало М.А., Тарасов Ю.В., Шеїн В.С., Радченко І.О. // Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів», ХНТУСГ. – 2019. – № 15. – С. 236-247.

6. Костьян Н.Л. До визначення продуктивності та енергоефективності транспортних засобів в умовах міської мобільності/ Н.Л. Костьян, Mirosław Śmieszek // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник – 2021. – Вип. 3 (50). – С.113-123.

7. Мазин А.С. Оценка энергетической нагруженности автомобилей / А.С. Мазин, Р.О. Кайдалов, М.А. Подригало // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Х.: НАНГУ, 2017. – Вип. 2 (30). – С. 28-36.

8. Zhang, J., Wang, Z., Liu, P., & Zhang, Z. (2020). Energy consumption analysis and prediction of electric vehicles based on real-world driving data. *Applied Energy*, 275, 115408.

9. Будниченко В.Б. Оцінка енергетичних показників електроприводу компресора електричного транспорту /Далека В.Х., Будниченко В.Б., Дзюбенко О.А. // Журнал Автомобіль і електроніка. Сучасні технології, 17/2020, Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ). С 85-89.

10. Будніченко В.Б. / Методика оцінювання ефективності рекуперативного гальмування

для елементарного спрощеного циклу руху / В.Б. Будніченко, М.М. Гордієнко // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник – 2021. – Вип. 1 (48) – С. 37 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/48/037-043.pdf>.

11. Будніченко В.Б. Аналіз показника енерговитрат транспортних засобів з електричним двигуном / В.Б. Будніченко, М.М. Гордієнко // Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура. – 2019. – Вип. 3. – С. 158-163 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/>. – DOI 10.33042/2522-1809-2019-3-149-158-163.

12. Будніченко В.Б. Обґрунтування доцільності використання накопичувачів енергії в електромережах міського транспорту та домогосподарств / С.І. Андрусенко, О.С. Бугайчук, В.Б. Будніченко, В.С. Подпіснєв // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2020. – Вип. 1 (46). – С. 10-16.

13. Будніченко В.Б. Математична модель енергетичної ємності тягової акумуляторної батареї / С.І. Андрусенко, В.Б. Будніченко, В.С. Подпіснєв // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2021. – Вип. 3 (50). – С. 3-10.

14. Будніченко В.Б. Оптимізація параметрів тягової акумуляторної батареї у тролейбусах із частковим автономним ходом / С.І. Андрусенко, В.Б. Будніченко, В.С. Подпіснєв // Науково-виробничий журнал «Автошляховик України» (Автомобільний транспорт). – 2021. – № 3 (267)'2021. – С. 15-21.

ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНИХ ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

Володимир МУСІЙКО¹, д-р техн. наук, проф., Юрій ПАСЕНКО¹, аспірант (PhD студент)

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: універсальна землерийна машин, ґрунт, розробка, траншея, котлован

Вступ

Земляні роботи є одним із найважливіших етапів у якісній реалізації будь-якого будівельного проекту, у будівництві об'єктів будь-якої складності. Виконання значних етапів земляних робіт можливо за умови використання високопродуктивних землерийних машин, насамперед екскаваторів безперервної дії.

Мета роботи

Створення універсальних землерийних машин безперервної дії для спорудження в ґрунті виїмок змінних геометричних розмірів

Виклад основного матеріалу дослідження

Виконання значних обсягів земляних робіт у транспортному будівництві, як в Україні, так і за її межами обумовлює розробку та переміщення мільярдів кубічних метрів ґрунту. Виконання таких об'ємів робіт можливе виключно з використанням високопродуктивних екскаваторів безперервної дії. Ними швидко та ефективно можуть бути споруджені траншеї різного призначення, як в цивільному будівництві, так і в процесі фортифікаційного обладнання позицій військ та укриттів для бойової техніки. Використання з цією метою екскаваторів поздовжнього копання дозволяє підвищити в декілька разів продуктивність виконання земляних робіт і цим прискорити темпи будівництва інженерних об'єктів різного призначення.

Наприклад, при спорудженні каналів з використанням машин безперервної дії повністю виключається необхідність виконання додаткових земляних робіт. Виконання капітального ремонту магістральних трубопроводів, з використанням спеціалізованих землерийних машин безперервної дії, забезпечує зменшення об'ємів земляних робіт на 35...45 % порівняно з

використанням традиційної техніки.

Продуктивність спеціалізованих екскаваторів поздовжнього копання в 3-4 рази більша, ніж в універсальних екскаваторів циклічної дії рівної маси, що вкрай важливо в процесі використання машин у військовій сфері.

Енергомісткість розробки ґрунтів I...IV категорій складності розробки екскаваторами поздовжнього копання складає 0,17...0,29 кВт·год/м³, що слід вважати величинами, які потребують свого зниження.

Приведені вище дані експериментальних досліджень свідчать про необхідність проведення подальших досліджень, направлених на зниження енергетичних затрат у процесі розробки ґрунтів екскаваторами поздовжнього копання.

Поряд з вищезгаданими перевагами екскаватори поздовжнього копання мають головний недолік – малу універсальність. Їхні робочі процеси мають низку особливостей, без урахування яких неможливе створення ефективних конструкцій робочого обладнання універсальних землерийних машин, організація оптимального його завантаження у процесі розробки ґрунтів. Вузька спеціалізація землерийних машин безперервної дії для машинобудівної галузі України є вкрай не бажаною, адже цей факт об'єктивно зменшує потенційну масовість виробництва однотипної землерийної техніки безперервної дії, збільшує собівартість виробництва одиниці продукції. Вихід вбачається у підвищенні універсалізації землерийної техніки безперервної дії, як за видами робіт, що можуть виконуватись машинами без переналагодження робочого обладнання, так і за типами ґрунтів, що можуть бути робочим середовищем для машин.

Останнім часом відомі події в Україні засвідчили необхідність високопродуктивної техніки, здатної споруджувати з високим темпом виконання робіт як траншеї, так і котловани в ґрунті з одночасним облаштуванням в'їздів та виїздів з котловану, з заданим кутом нахилу виїзних площадок. Існує необхідність спорудження протяжних виїмок з місцевим звуженням чи розширенням поперечного профілю споруджуваної виїмки, поглибленням траншеї чи зменшенням її глибини. Поставлені завдання потребують свого вирішення, незважаючи на те, що подібна задача перед машинобудівниками раніше не ставилася.

Створення універсальних землерийних машин безперервної дії значною мірою розширить сферу використання високопродуктивних землерийних машин у будівництві під час спорудження об'єктів різного технологічного призначення, під час виконання робіт з рекультивациі ґрунтів на забруднених територіях, збільшить ефективність виробництва машин, завдяки збільшенню масовості виготовлення однотипних машин.

Відомі технічні рішення зі створення УЗМ характеризуються своєю недосконалістю, а опубліковані результати [1] виконаних досліджень у цьому напрямі носять фрагментарний несистемний характер і не дають відповіді на корінні питання створення та забезпечення високопродуктивної роботи УЗМ.

Тому, на наш погляд, актуальною є проблема створення високоефективних УЗМ на підставі системного підходу, оптимізації кінематики переміщення робочого обладнання машини в ґрунті, розробки засобів забезпечення курсової стійкості в процесі спорудження виїмок різної конфігурації та розмірів у режимі максимальної продуктивності як визначальної умови забезпечення працездатності машини під час копання ґрунту.

Вирішенням проблеми забезпечення курсової стійкості землерийних та землерийно-транспортних машин у процесі копання ґрунту займалися відомі представники наукових шкіл Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, Національного транспортного університету [2-4] та інші.

Питання забезпечення стійкості машин, що працюють в умовах віяльно-поступальної подачі робочого органа на ґрунт забою в процесі спорудження виїмок в ґрунті, коли в процесі поступального переміщення машини змінюються ширина, або глибина виїмки не розглядалися, отже, не мають свого вирішення. Не розкритим до цього часу є питання формування та закономірності зміни зовнішніх навантажень на робочий орган універсальної землерийної машини в процесі віяльно-поступальної подачі біля бокових стінок

споруджуваної виїмки, як і закономірності зміни режимів заглиблення робочого органа та бічної його подачі на забій.

Висновок

Аргументовано актуальність створення універсальних землерийних машин безперервної дії. Створення таких машин потребує вирішення питання забезпечення курсової стійкості машин у процесі копання виїмок у ґрунті під час зміни глибини копання, або ширини виїмки в ґрунті.

Список літератури

1. Мусійко В.Д. Теорія та створення інноваційних землерийних машин безперервної дії: монографія. Видання друге, доповнене / В.Д. Мусійко, А.Б. Коваль. К.: Видавництво "Людмила", 2018. 282 с.

2. Коваль А.Б. Визначення умов забезпечення курсової стійкості універсальних землерийних машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / Коваль Андрій Борисович; ДВНЗ "Придніпровська держ. акад. буд-ва та архіт.", Дніпропетровськ, 2014, 21 с.

3. Чаплигіна О.М. підвищення показників курсової стійкості автогрейдера: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / Чаплигіна Олександра Михайлівна; Харківський нац. автомоб.-дор. ун-т, Харків, 2021, 26 с.

4. Juraj Gerlici, Svyatoslav Kravets, Mykhailo Honchar, Andrii Koval, Anatolii Korpach, Tomas Lack, Kateryna Kravchenko. The Mathematical Model Refinement of the Continuous Digging Machine and Its Research. Manufacturing Technology 2020, 20(5): 576-581. DOI: 10.21062/mft.2020.063.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БЕЗКІВШЕВИХ РОТОРНИХ ОРГАНІВ ТРАНШЕЙНИХ ЕКСКАВАТОРІВ УДОСКОНАЛЕННЯМ ПРОЦЕСІВ ЇХ РОЗВАНТАЖЕННЯ

Андрій КОВАЛЬ¹, канд. техн. наук, доц., Данило ПАЦЬОРА¹, аспірант (PhD студент)

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: безківшевий ротор, ґрунт, ґрунтознімач, екскаватор, розвантаження

Вступ

Найбільш дешевим способом спорудження виїмок в ґрунтах є їхня розробка траншейними екскаваторами. Підвищення їхньої продуктивності являє собою один із найважливіших напрямів підвищення ефективності механізації виконання земляних робіт.

Мета роботи

Створення високопродуктивного траншейного екскаватора з безківшевим роторним робочим органом.

Виклад основного матеріалу

Траншейні екскаватори з роторними (ЕТР) та ланцюговими (ЕЛЦ) робочими органами набули широкого використання під час відкопування траншей для прокладання різноманітних підземних комунікацій. Порівняно з машинами, що мають ланцюгові робочі органи, ЕТР мають ряд суттєвих переваг. Так, розподіл потужності силової установки базового шасі між роботою копання ґрунту, підйомом ґрунту із забою, переміщенням машини та приводом розвантажувального конвеєра у роторних машин є більш раціональним, ніж у ланцюгових. За даними М.Г. Домбровського на роботу копання у них, за швидкості переміщення машини 200 м/год, витрачається 52...54 % загальної потужності проти 31...34 % у ланцюгових машин. Витрати енергії на підйом ґрунту та переміщення робочого органа у ланцюгових екскаваторів сягає 36...38 % від загальної потужності силової установки машини, в той час коли у роторних робочих органів аналогічні витрати не

перевищують 7...9 %.

Крім того, за рівної потужності та місткості ківшів робочих органів, вага ланцюгових траншейних екскаваторів більше ваги роторних на 12...15 %, а продуктивність в 1,7...5 рази менша. До того ж зусилля копання, що реалізуються на роторному робочому органі в процесі розробки ґрунту, більші, ніж у ланцюгового, що дозволяє розробляти більш міцні ґрунти.

З вище викладеного слідує, що на цей час більш ефективними конструкціями землерийних машин безперервної дії поздовжнього копання слід вважати роторні траншейні екскаватори.

Огляд конструкцій існуючих траншейних роторних екскаваторів та виконаний аналіз можливих шляхів підвищення їх продуктивності, дозволили встановити високий ступінь довершеності їхньої конструкцій. Збільшення продуктивності виконання робіт екскаваторами даного типу, в межах одного типорозміру, як показали результати виконаних досліджень, утруднено з причини наявності обмежень, що накладаються рядом чинників.

Відомі конструкції безківшевих роторних робочих органів траншейних машин, наприклад, ЕТР-137, ТМК-3, основною перевагою робочих органів яких є підвищена, порівняно з ківшевими, продуктивність з виносу ґрунту із забою. Висока продуктивність забезпечується транспортуванням ґрунту із забою безперервним потоком за рахунок його тертя по робочим поверхням ротора. Збільшення продуктивності можливо також і за рахунок підвищення частоти обертання ротора, адже примусове розвантаження безківшевих роторних робочих органів зменшує обмеження на швидкості різання ґрунту.

Опубліковані результати досліджень безківшевих роторних органів дозволяють достатньо обґрунтовано підходити до вибору конструктивних параметрів безківшевих роторів [1, 2].

Однак, практично не розглянутими залишаються питання ефективного розвантаження безківшевих роторів, адже перенесення транспортованого ротором ґрунту знову в траншею, наявність залишкових просипів ґрунту на дні відкопаної траншеї свідчать про явну потребу підвищення ефективності саме процесу розвантаження безківшевих роторних робочих органів.

Опубліковані результати досліджень [3-5] не дозволяють достатньо обґрунтовано і однозначно визначати оптимальний спосіб розвантаження ґрунту з безківшевого ротора та подальшого транспортування піднятого із забою ґрунту у відвал. Опубліковані результати досліджень висвітлюють рішення тільки окремих питань у зазначеній проблемі і не можуть слугувати обґрунтуванням для вибору загальної схеми розвантаження безківшевих роторів.

Відомі конструкції безківшевих роторних робочих органів траншейних екскаваторів мають примусове розвантаження ґрунту з допомогою ґрунтознімачів, що встановлені у внутрішніх кільцевих робочих порожнинах ротора під визначеним кутом до центрального диска ротора. Потік ґрунту, що транспортується ротором із забою, відхиляється ґрунтознімачами від центрального диска на сторони та зсипається на обидві сторони робочого органа. Подальше переміщення розвантаженого ґрунту на сторони від траншеї здійснюється бермоутворювачами машини. Недоліком такої схеми розвантаження є значні витрати сили тяги машини (до 20 % потужності двигуна) на переміщення ґрунту на сторони від траншеї та значні просипи транспортованого ґрунту на дні відкопаної траншеї.

Враховуючи наявність та значимість сили напору потоків ґрунту, що транспортуються безківшевим роторним робочим органом із забою, сформульована наукова гіпотеза та розроблена технічна пропозиція, суть якої полягає в тому, що розвантаження внутрішніх кільцевих порожнин безківшевого роторного робочого органа від транспортованого ґрунту та переміщення піднятого з забою ґрунту на сторони від траншеї можливе за рахунок раціонального використання сили напору потоків ґрунту, що транспортуються ротором із забою.

Реалізація вказаної вище ідеї забезпечується тим, що розвантажувальний вузол робочого органа встановлюється в зоні ротора, де сила напору потоків ґрунту, що переміщується із забою, найбільша, а конструкція розвантажувального вузла являє собою лотковий пристрій, оснащений ґрунтознімачами симетрично з обох сторін робочого органа,

який виконує функцію першого ступеню розвантаження ґрунту з ротора.

Конструктивні параметри лоткового розвантажувального вузла мають вибиратися такими, що забезпечують мінімальний опір переміщенню транспортованого в роторі ґрунту до місця складування.

Другий ступінь розвантаження ротора забезпечується традиційною для даного типу машин конструкцією ґрунтознімачів з бермоутворювачами, що встановлюються після лоткового розвантажувального вузла в задній частині робочого органа.

Висновок

Обґрунтована та розроблена технічна пропозиція зі створення високоефективної конструкції траншейного екскаватора з безківшевим роторним органом, що має двоступеневу схему розвантаження від транспортованого з забою ґрунту.

Список літератури

1. Мусійко В. Д. Екскаватори поздовжнього копання. НТУ, Київ: ЗАТ "Віпол", 2008, 240 с.
2. Машини для земляних робіт / Хмара Л.А., Кравець С.В., Нічке В.В., Назаров Л.В., Скоблюк М.П., Нікітін В.Г. Рівне – Дніпропетровськ – Харків, 2010, 557 с.
3. Мусійко В.Д. Визначення раціонального місця встановлення розвантажувального вузла безківшевого роторного робочого органа траншейного екскаватора / В.Д. Мусійко, А.Б. Коваль, О.М. Олейнікова // Вісник Харківського Національного автомобільно-дорожнього університету. Збірник наукових праць. Х.: ХНАДУ, 2021. Вип. 95. С. 118-123. <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2021.95.0.118>.
4. Nurakov, S.N., Awwad, T., Kaliyev, A., Tulebekova, A.S. The Determination of Soil Cutting Force Applied with Bucketless Bottom Rotor with Account of Speed and Runout. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 49. Springer, Singapore. 2020, p.p. 479–486. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0450-1_50/
5. Mai The Vu, Hyeung-Sik Choi, Joon-Young Kim, Ngoc Huy Tran, A study on an underwater tracked vehicle with a ladder trencher, Ocean Engineering, Volume 127, 2016, p.p. 90-102, <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2016.09.036>.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ АДАПТИВНОГО ТАКЕЛАЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

Ігор ШЛЬОНЧАК¹, канд. техн. наук, доц., Алла ЙОВЧЕНКО¹, канд. техн. наук,
Анатолій СОЛТУС¹, д-р техн. наук, проф., Євгеній УСЕНКО¹, студент

¹Черкаський державний технологічний університет (Україна)

Ключові слова: підйомно-транспортне обладнання, візок такелажний, симуляція, навантаження, напруження, деформація

Вступ.

Транспорт є однією з важливих складових виробництва та обслуговування в будь-якій галузі господарства. Він бере участь в усіх етапах виробничого процесу – від доставки сировини і комплектуючих до транспортування готової продукції до місць призначення. З розвитком технологій змінюється не тільки світ навколо, але і взаємодія з ним. Це проявляється у всіх сферах діяльності людини, зокрема і в питанні підйомно-транспортних машин. Не оминув прогрес і методи транспортування різних великогабаритних та великовагових вантажів. Хоча основні принципи транспортних робіт були розроблені ще багато століть тому, новітні машини потребують підвищення ефективності за рахунок впровадження адаптивного такелажного обладнання. Під час проведення такелажних робіт виникають складні маніпуляції з важкими і об'ємними вантажами. Транспортування великовагових і великогабаритних конструкцій здійснюється за використання підйомно-транспортних машин та спеціалізованої техніки, наприклад, такелажних візків, без яких

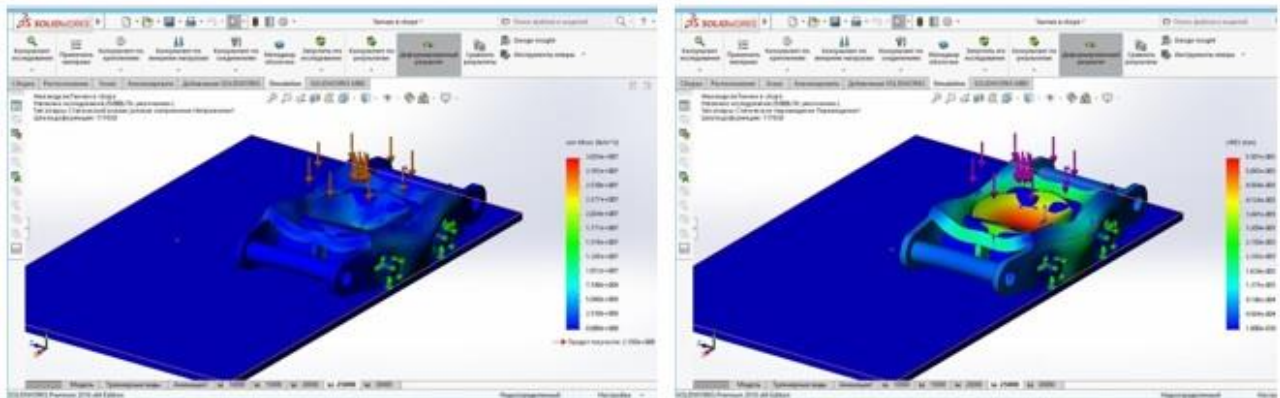
багато різних видів промисловості, зокрема і сучасний автопром, матимуть проблеми з транспортуванням великовагових та великогабаритних вантажів. Особливо такі операції здійснюються, коли на автомобільному підприємстві або в складському приміщенні застосовувати підйомно-транспортне обладнання недоцільно або немає можливості. Ось чому адаптація такелажного обладнання, з допомогою симуляції його навантаження, до конкретного виробничого процесу автотранспортного підприємства дає можливість підвищити ефективність підйомно-транспортних машин [1, 2].

Метою роботи є підвищення ефективності підйомно-транспортних машин шляхом впровадження адаптивного такелажного обладнання та симуляції його роботи.

Виклад основного матеріалу дослідження

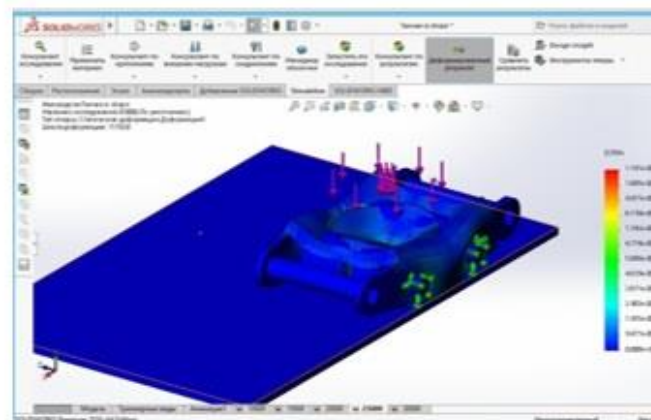
Конструюванню підйомно-транспортного обладнання, зокрема у вигляді такелажного візка, для здійснення навантажувально-розвантажувальних операцій, пов'язаних із транспортуванням великовагових та великогабаритних вантажів, присвячено низку наукових робіт. У роботі за допомогою CAD/CAM системи Solidworks було побудовано 3-D модель спроектованого такелажного візка, після чого за допомогою симуляції його роботи було здійснено розрахунок напружень, переміщення та деформації залежно від навантаження на візок. Вибір запропонованого під час симуляції навантаження, що склало 10, 15, 20, 25 та 30 кН, був обумовлений службовим призначенням такого візка, адаптованого до конкретного підприємства. При цьому враховувались такі фактори: вага транспортованого вантажу, його габаритні розміри, форма, жорсткість опорної конструкції та кількість необхідних опорних точок [2, 3].

Розрахунок напруження, переміщення та деформації такелажного візка було здійснено за допомогою САПР SolidWorks Simulation (рис. 1, навантаження – 25 кН). В результаті прикладеної сили, що спричиняє деформацію, за допомогою системи Solidworks було отримано симуляцію деформації поверхонь та отримано графіки залежностей її величини від прикладеної до робочої поверхні сили [2].



а)

б)



в)

Рисунок 1 – Розрахунок напруження (а), переміщення (б) та деформації (в).
Навантаження на платформу такелажного візка – 25 кН.

Висновок. За допомогою CAD/CAM системи Solidworks Simulation проведено симуляцію роботи візка під навантаженням умовним великоваговим та великогабаритним вантажем, що дозволило підвищити ефективність підйомно-транспортних машин шляхом адаптації такелажного обладнання під конкретні виробничі умови підприємства.

Список літератури.

1. В.В. Біліченко «Методичні основи розробки проекту стратегічного розвитку підприємств автомобільного транспорту», *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*, Вінниця, 2008. № 3. С. 162–165.
2. І.А. Шльончак, А.В. Йовченко, А.М. Крейда, Є.А. Усенко «Розрахунок та конструювання такелажного візка для перевезення великогабаритних і великовагових вантажів на автотранспортних підприємствах та складських комплексах», *Вісник ХНТУ*. Херсон, 2021. – № 3(78). – С. 75-82.
3. І.А. Шльончак, А.В. Йовченко, Д.Р. Оліхнович, Є.А. Усенко «Розробка підйомно-транспортного обладнання для перевезення великовагових та великогабаритних вантажів в системах автосервісу», *Наукові праці ХНАДУ*. – Харків, 27-29 жовтня 2021. С. 145-147.

БАГАТОРІВНЕВА СИСТЕМА ІНДИКАТОРІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ТА ЇЇ ЕЛЕМЕНТІВ

Наталія КОСТЬЯН¹, канд. техн. наук, доц., Людмила ТАРАНДУШКА¹, д-р техн. наук, доц.

Черкаський державний технологічний університет (Україна)

Ключові слова: транспортна система, система індикаторів, індикатор енергоефективності транспортного засобу, функціональна модель, нейронна мережа

Вступ

Розвиток транспортних мереж та відповідної інфраструктури, зростання автомобілізації населення та необхідність періодичної заміни парку автомобілів зумовлюють постановку дослідницьких задач щодо забезпечення необхідного рівня транспортної мобільності та зменшення її негативного впливу на середовище руху. Розв'язання даного типу задач вимагає системного підходу до вивчення властивостей об'єктів та явищ, що утворюють цілісну складну структуру транспортної системи (ТС), а також встановлення нових зв'язків та закономірностей в середині системи, аналізу раніше невідомих ефектів. На даний момент у дослідженнях ТС широко застосовуються методи, в основу яких покладено моделі системи у вигляді комп'ютерних нейронних мереж – як із класичною структурою, так і з модифікованою. Класичні нейронні мережі, зазвичай, застосовують в якості моделей ТС регіону, населеного пункту, окремих ділянок дорожньо-вуличної мережі [1-2], тобто відображають ТС лише на окремому рівні декомпозиції. Модифіковані – можуть мати фрейми, що виконують функції поєднання нейронних мереж дискретних фрагментів нижнього рівня ТС в інтегральну систему, що відповідає більш високому рівню деталізації [3]. Проте, модифіковані (гібридні) нейронні мережі є більш складними у реалізації для ТС з розвиненою дорожньою мережею. Актуальним залишається питання розробки узагальненої моделі, яка б являла собою представлення ТС на різних рівнях декомпозиції з можливістю надання інформації про ефективність функціонування її елементів.

Мета роботи

Метою роботи є побудова багаторівневої моделі для оцінювання ефективності ТС за системою індикаторів та реалізація її нижнього рівня декомпозиції для оцінювання енергоефективності транспортного засобу (ТЗ) як функціонального елемента (ФЕ) ТС.

Виклад основного матеріалу дослідження

Процес інтелектуального керування ТС та прийняття рішення щодо вдосконалення її підсистем залежить від ефективності їхнього функціонування за обраними критеріями. Критерій передбачає оцінювання значень вимірюваних індикаторів системи. З метою оцінювання ефективності ТС розроблено відповідну функціональну модель з 3-рівневою структурою. Кожному рівню відповідає свій набір індикаторів. Індикатор ефективності In ТС на регіональному рівні (метарівень) визначається на основі зважених індикаторів ефективності In_p ($1 \leq p \leq l$) її підсистем – транспортних систем населених пунктів та міжміських сполучень в межах регіону. Кожна з зазначених підсистем TS_p представляє систему на макрорівні. Окрема підсистема представлена сукупністю своїх ФЕ FE_s^p ($1 \leq s \leq m$) та зв'язків між ними. Індикатори макрорівня визначаються за зваженими індикаторами ефективності ФЕ In_i ($1 \leq i \leq k$), які є оцінками ТС на нижньому рівні декомпозиції системи (мікрорівень). Модель оцінювання ефективності ТС на макрорівні у загальному вигляді представлена на рис. 1. Відповідно до результатів дослідження [4] будемо розглядати транспортну систему міста (ТСМ), що містить чотири ФЕ: ТЗ, транспортний потік, дорога, середовище руху. На рис. 2 відображена модель ТС на мікрорівні на прикладі ФЕ ТЗ. Покращити ефективність ТЗ за критеріями незадовільних значень індикаторів можна за рахунок оптимізації ТС на різних рівнях декомпозиції, в тому числі через налаштування характеристик елементів, опосередковано пов'язаних з параметрами системи через відомі аналітичні залежності. Модель ТС на різних рівнях декомпозиції (рис. 1 та рис. 2) побудована за стандартом структурного моделювання IDEF0 в середовищі AllFusion Process Modeler v. 7.1.2.1258.

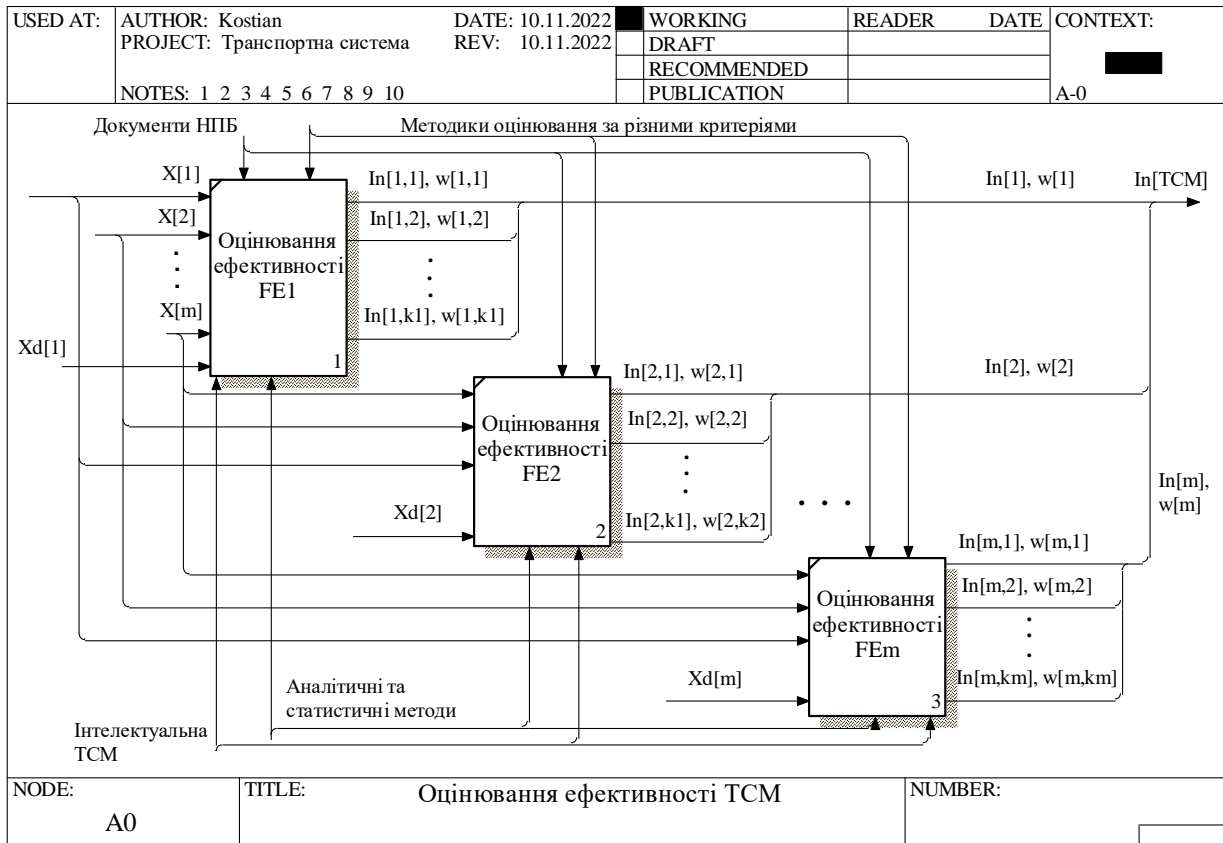


Рисунок 1 – Функціональна модель процесу оцінювання ефективності ТС на макрорівні

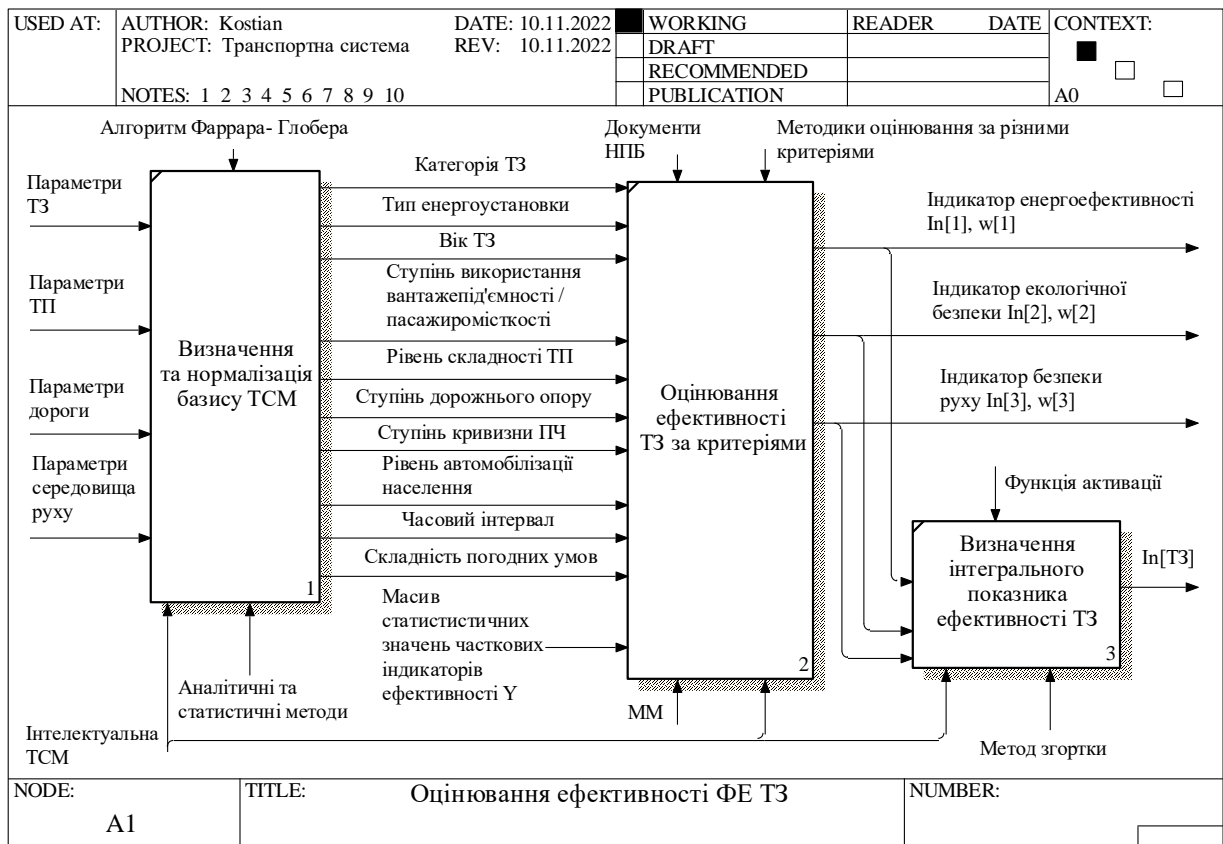


Рисунок 2 – Функціональна модель процесу оцінювання ефективності ТС на мікрорівні на прикладі ФЕ T3

На рис. 1 та рис. 2 прийнято наступні позначення: $X[s]$ – вхідний масив параметрів s -го ФЕ, які мають кореляційний зв'язок з індикаторами інших функціональних елементів;

$X_d[s]$ – параметри s -го ФЕ, які не мають кореляційного зв'язку з індикаторами інших функціональних елементів; $In[TCM]$ – індикатор ефективності транспортної системи міста; $In[s]$ – інтегральний індикатор ефективності s -го ФЕ; $w[s]$ – вага інтегрального індикатору $In[s]$ у складі $In[TCM]$; $In[s,i]$ – i -й індикатор ефективності s -го ФЕ ($1 \leq i \leq ks$); $w[s,i]$ – вага $In[s,i]$ у складі інтегрального індикатору s -го ФЕ; ТП – транспортний потік; ММ – математична модель (рівняння регресії, нечітка модель виведення та інші); ПЧ – проїзна частина; НПБ – нормативно-правова база.

Ієрархічна структура механізму оцінювання ефективності ТС дозволяє здійснити перехід від функціональної моделі до моделі у вигляді комп'ютерної нейронної мережі. Входами даної мережі є параметри функціональних елементів, тоді виходами 0-го та входами 1-го шарів будуть нормалізовані значення базисних змінних. Виходи вузлів 1-го шару мережі – індикатори функціональних елементів $In[s,i]$, а їхні ваги є вагами відповідних зв'язків між вузлами 1-го та 2-го шарів. Входами вузлів 2-го шару будуть індикатори з попереднього шару, а виходами – інтегральні індикатори $In[s]$ функціональних елементів, які будуть подані на входи вузлів 3-го рівня. Виходом 3-го рівня виступає індикатор ефективності транспортної системи міста $In[TCM]$. Індикатори кожного рівня визначаються як зважені суми входів відповідного вузла мережі. Для отримання значень індикатору ТС на заданому рівні в діапазоні від 0 до 1 необхідно подати їх на вхід додаткового блоку функції активації. Описану структуру мережі можна розширити до регіонального рівня. Даний підхід дозволяє не тільки оцінити ефективність системи, а й отримати значення індикаторів та їхні ваги за визначеними критеріями у складі інтегральних показників ефективності.

Визначений підхід було реалізовано на мікрорівні ТС на прикладі функціонального елемента ТЗ за критерієм енергоефективності в середовищі розробки програмних застосувань Visual Studio 2019 із використанням мови програмування C++. Навчання нейронної мережі виконано за методом “з вчителем”. Масиви статистичних значень вхідних та вихідного параметру отримано в ході спостереження за станом ТСМ України та Польщі. Попередньо проведено нормалізацію вхідних даних для приведення їх доменів до інтервалу від 0 до 1. Найбільша точність моделювання 98,7 % досягнута за швидкості навчання $\eta = 0.1$.

Висновки

У межах дослідження побудовано багаторівневу функціональну модель для оцінювання ефективності ТС на мета-, макро- та мікрорівні, на основі якої сформовано систему відповідних індикаторів ефективності. На основі отриманої функціональної моделі розроблено нейронну мережу ТС на мікрорівні на прикладі її ФЕ ТЗ. Дана модель дозволяє оцінити енергоефективність ТЗ з достатньою точністю. Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення аналітичних залежностей між базисними параметрами ТС та техніко-експлуатаційними характеристиками ТЗ з метою визначення раціональних режимів експлуатації ТЗ в заданих умовах.

Список літератури

1. K. Brzozowski, A. Ryguła, and A. Maczyński, “An Integrated System for Simultaneous Monitoring of Traffic and Pollution Concentration – Lessons Learned for Bielsko-Biała, Poland”, *Energies*, 14(23), 8028, 2021, [Online]. doi: 10.3390/en14238028.
2. I.O. Olayode, A. Severino, L.K. Tartibu, F. Arena, and Z. Cakici, “Performance Evaluation of a Hybrid PSO Enhanced ANFIS Model in Prediction of Traffic Flow of Vehicles on Freeways: Traffic Data Evidence from South Africa”, *Infrastructures*, vol. 7(1), no. 2, 2022, doi: 10.3390/infrastructures7010002.
3. R. Shi, Z. Mo, and X. Di, “Physics-Informed Deep Learning for Traffic State Estimation: A Hybrid Paradigm Informed by Second-Order Traffic Models”, *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, vol. 35, no. 1, pp. 540-547, 2021, doi: 10.1609/aaai.v35i1.16132.
4. M. Smieszek, N. Kostian, V. Mateichyk, J. Mościszewski, and L. Tarandushka, “Determination of the Model Basis for Assessing the Vehicle Energy Efficiency in Urban Traffic”, *Energies*, 14(24), 8538, 2021. [Online]. doi: 10.3390/en14248538.

ПРОБЛЕМА АВТОСЕРВІСУ УКРАЇНИ ТА МЕТОДИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ В УМОВАХ РИНКУ, ЩО РОЗВИВАЄТЬСЯ

Олег МАРКОВ, канд техн. наук, доц.

Ключові слова: система забезпечення, система підтримування технічного стану транспортних засобів, автосервіс, попит перспективний, фактичний, реалізований

Вступ

Історія розвитку автосервісу України охоплює період з 70 років ХХ сторіччя до теперішнього часу (2022 р). У 1970 р. в Україні нараховувалося 4 автомобіля на 1000 мешканців. Активний приріст парку почався після введення в експлуатацію автомобільного заводу ВАЗ.

У Радянському Союзі система підтримування технічного стану ТЗ була адміністративною і орієнтованою на крупні автотранспортні підприємства. Парк приватних автомобілів тільки почав зароджуватися. Автосервіс розвивався за рахунок державних інвестицій, був дефіцитним. Адміністративна система створювала автосервіс з погляду відповідності вимогам системи вертикального управління. Попит не лежав в основі виробничої структури та кількості підприємств. Дефіцитний автосервіс сформував ринок продавця. Влада продавця на ринку сформувала дефіцитну ментальність, яка досі впливає на стан сучасного автосервісу.

У ринкових умовах автосервіс розвивався знизу вгору. Активному розвитку автосервісу як бізнесу сприяли доступний рівень інвестицій та кваліфікації. Автосервісом почали займатися всі – від представників владних структур до сільських механізаторів. За таких умов не виникала потреба в формуванні та формулюванні концепції розвитку автосервісу. Яким він мав бути, мало кого цікавило. У зв'язку з цим і на сьогодні залишається велика кількість невирішених питань. Їхня сукупність складає одну велику актуальну проблему.

Мага роботи

Проблема автосервісу – це проблема росту. В узагальненому вигляді проблема полягає в його тотальній недосконалості та тривіальності. Її можна характеризувати первинним, примітивним рівнем значної частини складових. Якщо оцінити будь-який з елементів системи автосервісу рівня ідеальних вимог до його функціонування з його фактичним станом, різниця буде разючою. Цьому є достатньо причин, перша з них – початкова стадія розвитку, який здійснює персонал, що не має ринкового досвіду. Ми звикли ремонтувати автомобілі і робимо це на належному рівні, але автосервіс – це визначення та задоволення потреб споживачів як з погляду ремонту, так і з погляду обслуговування клієнтів. Ремонт і автосервіс – це навіть у маленькій майстерні різні речі. Автосервіс – це вирішення проблем клієнтів. Мислення персоналу автосервісу часто не є сервісним. Наприклад, що таке технологія діагностування підвіски, той, хто її виконує, навіть не знає. Тим більш він не знає, що таке діагностична карта. Проблема клієнта в даному разі вирішується наданням йому документального підтвердження результатів діагностування. Керівник не знає, що таке посадова інструкція. Представники виробників автомобілів оцінюють автоцентри в межах 30 % відповідності стандартам. Безліччю прикладів можна узагальнити погляд директора СТО: «Я не визнаю замовлення вартістю менше \$100». Якщо в 2000-х роках персонал автосервісу цікавився фаховою літературою, то на сьогодні практика призвела автосервіс до відвертих шахрайських тенденцій. Чим далі ми віддаляємося від початку, тим більше накопичується невирішених питань і тим складніше лікувати застарілі хвороби. В цілому автосервіс є продуктом середовища і відображує в собі його стан і рівень. Те, що можна сказати про автосервіс, з впевненістю можна віднести до інших сфер обслуговування.

На основі 40-річного досвіду роботи в автосервісі автор накопичив певне розуміння його проблем, що дає підстави прийти до узагальнень та розглянути невирішені питання в контексті загальної проблеми розвитку автомобільної галузі, зокрема – сфери автосервісу.

У роботах – книжках, підручниках, статтях, семінарах – автора розглядається багато аналітичних, теоретичних, практичних питань, в кожному з яких аналізується чи дається відповідь на питання факторів впливу. Ми ставимо перед собою задачу отримати не ідеальні,

а реальні результати. Метою роботи є узагальнення різноманітних проблемних питань автосервісу, формулювання та пошук шляхів вирішення загальної його проблеми. Кінцевий результат досліджень – надання пропозицій щодо покращення.

Виклад основного матеріалу досліджень

Автосервіс України функціонує в умовах ринку, що розвивається. Це є основною передумовою його розвитку. Цим автосервіс в Україні відрізняється від стабільного ринку розвинутих країн. Особливість стабільного розвинутого ринку полягає в його досконалості. Розвиток досконалого ринку йде в напрямі якісних змін та нововведень. Ринок, що розвивається, розвивається кількісно.

Ринок, що розвивається, створює свої проблеми. Будь-які з них мають розглядатися на основі аналізу його фактичного стану. Коли, аналізуючи виконані роботи в галузі автосервісу, ми стикаємося з роботою [1], то сягаємо висновку, що ця робота не має ніякого відношення до сучасного автосервісу в Україні. Більш того, вона як дві краплі води за змістом схожа на роботу [2], в якій автор розглядає питання створення конкурентних переваг в умовах досконалого ринку. Для створення в Україні досконалого ринку спочатку необхідно вирішити питання його розвитку.

Ринок, що розвивається, потребує розвитку мережі підприємств, розширення спектру послуг, створення нових видів послуг та форм організації роботи при їх наданні, пошуку форм організації та інтеграцій підсистем, територіального розвитку пропозиції.

Особливістю ринку, що розвивається, є те, що парк автомобілів приростає більшими темпами порівняно з приростом автосервісу. Чому так? Ринок не заповнений. Протягом року можна продати мільйон автомобілів (з яких 90 % поповнює парк, а не йде на заміну старого), для ремонту яких потрібно 10 тис. механіків, а їхня підготовка займає 3-5 років.

Головна вимога до системи автосервісу, яка потребує вирішення, – це його придатність до задоволення попиту. Можна виділити наступні види попиту, які має задовольняти автосервіс:

– потенційний попит – це технічна потреба в обслуговуванні та ремонті, визначена та регламентована виробником в його технічних умовах;

– фактичний попит – це попит, який реалізує споживач (сума коштів, яку споживачі витрачають на ТО і ремонт автомобілів);

– реалізований попит – це пропозиція системи підтримування технічно справного стану автомобілів.

Потенційний попит формується на основі регламентів та технічних умов виробника, в яких передбачається необхідний перелік та обсяг робіт для забезпечення технічного стану автомобіля протягом життєвого циклу.

Фактичний попит – це сума коштів, яку витрачають власники автомобілів для підтримування їх технічного стану в процесі експлуатації. Він залежить від платоспроможності власників автомобілів, рівня інфляції (наприклад, у період війни 2022 р. платоспроможність власників суттєво зменшилась). У разі надлишкової пропозиції втрачається ефективність автосервісного бізнесу; у разі недостатньої пропозиції – погіршується технічний стан автомобілів та якість обслуговування клієнтів.

Реалізований попит – це фактична пропозиція автосервісу за обсягом та структурою послуг, яка формується на основі фактичного попиту та може бути більшою чи меншою від нього. Тенденція спрямованості пропозиції в бік більш вигідних послуг може призводити до деформації структури пропозиції. Рішення цієї проблеми полягає в запровадженні в автосервісі орієнтованої на вирішення проблем споживача корпоративної культури, а також створення умов справедливої конкуренції.

Підтримування технічного стану автомобілів суттєво залежить від терміну їхньої експлуатації. Існує така закономірність зміни технічного стану автомобіля протягом часу:

до 2 років – виконуються регламентні роботи та гарантійний ремонт;

від 2 до 5 років – крім регламентних робіт та гарантії, виникає потреба в ремонті;

від 5 до 8 років – зростає потреба в обслуговуванні, ремонті та запасних частинах;

8 і більше років – потреба в ремонті та запасних частинах суттєво зростає.

Ці фактори, а також зростання чисельності парку автомобілів, удосконалення їхньої конструкції призводять до ускладнення технологій і процесів ТО і ремонту. Суттєво впливає також середній термін служби автомобілів – 19,6 років (від 16 до 30 років – 54,6 %).

10 % автомобілів зосереджено в великих парках, 90 % – розосереджений парк. Обумовлено це структурою суб'єктів господарювання: 1 % із них – великі підприємства, 90-95 % – малі і мікропідприємства. 1 % підприємств мають від 100 до 1500 автомобілів, 90 % – від 1 до 9 автомобілів.

В індустріальних областях (їх 20 %) – надмірна конкуренція (400-700 авто/СТО); 40 % областей мають розвинутий автосервіс (1200-1700 авто/СТО); 40% нерозвинутих областей мають 2000-4500 авто/СТО. Ринок потребує 60 % спеціалізованого автосервісу, фактично є – 25-30 %. Очевидна невідповідність автосервісу попиту [4].

Деформація виробничої структури автосервісу відносно попиту є природньою в умовах некерованого ринку. На формування виробничої структури автосервісу впливають такі чинники:

- 1) інвестиційна привабливість;
- 2) кількість автомобілів та вікова структура парку;
- 3) клієнтський радіус та коефіцієнт лояльності клієнтів як фактор оптимальної потужності СТО на заселеній території та зручності розташування підприємств;
- 4) наявність технологічно спеціалізованого автосервісу, основною вимогою до якого є безумовна якість складних та трудомістких спеціалізованих послуг (наприклад, ремонт двигунів, коробок передач тощо) і гарантія якості;
- 5) інформаційні системи при наданні послуг за формою індивідуального підприємництва.

Забезпечення відповідності перспективного, фактичного та реалізованого попиту потребує врахування перерахованих чинників.

Визначальною проблемою є *відсутність конкуренції (нестача пропозиції) в інвестиційно непривабливих регіонах і надмірна конкуренція (надлишкова пропозиція) в розвинутих областях.* Надмірна конкуренція має тенденцію переходу до нормальної, коли законодавство сприяє справедливій конкуренції. Уникнути надмірної конкуренції можливо також за рахунок управління виробничою структурою та кількістю підприємств на території клієнтського радіусу в межах заселеної території. Виробнича структура автосервісу кореляційно пов'язана з кількістю автомобілів та віковою структурою парку. Формування виробничої структури потребує врахування клієнтського радіусу та коефіцієнта лояльності клієнтів. Клієнтський радіус – відстань, якій віддають перевагу споживачі, визначає площу, на якій розташована певна кількість автомобілів. Ці автомобілі потребують певної кількості постів. Уся заселена територія – це сукупність площ у межах клієнтських радіусів. Відповідність парку автомобілів і потужності в межах усіх клієнтських радіусів формує раціональну виробничу структуру на заселеній території.

Ще один чинник впливає на формування виробничої структури автосервісу. Це *форма організації та інтеграції підприємств в системі.* Наприклад, автоцентри дилерських мереж виробників автомобілів розташовані переважно в індустріальних містах. Інтеграція дилерів і підприємств незалежного автосервісу в регіонах сприяє зростанню продажу автомобілів і покращенню обслуговування клієнтів.

Удосконалення форм організації необхідне також для вирішення соціальних проблем автосервісу, підвищення його якості та ефективності бізнесу. Мова йде про 70 % малих (5-7 працюючих) підприємств. Вони займаються безпосередньо ремонтом і на інші функції не звертають уваги, і не можуть звертати увагу – вони не мають ні часу, ні ресурсів. У зв'язку з цим, за умов практичної відсутності конкуренції споживачеві доводиться миритися з відхиленнями. Очевидною є необхідність вирішення проблеми.

З десятима мільйонами автомобілів, які експлуатуються в Україні, пов'язано щонайменше 30-35 млн осіб – не лише їхні власники, а й члени їхніх сімей. Це близько 80 % населення. Відхилення в автосервісі формують відхилення в оцінках якості життя та ведуть до негативних соціальних наслідків. Автосервіс – це не лише ремонт автомобілів, а й сфера

людських відносин, у тому числі економічних та соціальних. Недосконалість сфери автосервісу веде до соціальної напруги та погано впливає на все суспільство.

Автосервіс не відповідає вимогам людей тому, що попередній досвід не сприяє формуванню нового, потрібного. Об'єктивно відсутня конкуренція: приріст парку випереджає приріст автосервісу. Основний продуктивний персонал має перший рівень освіти. Сама діяльність вимагає серйозних фізичних напружень та грубої сили. Оцінка суті товару (послуги) нечітка і неоднозначна. За що автосервіс бере гроші – не визначено однозначно, а економічні інтереси мають конкретну спрямованість. Мій 40-річний досвід є підставою стверджувати, що за 30 років автосервіс, з погляду сервісу, лише погіршується. Створення франчайзингових структур сприятиме ефективному управлінню малими підприємствами.

Франчайзингова мережа в чистому вигляді – це щось схоже на дилерську мережу виробника автомобілів, в якій дилер наділяється неексклюзивним платним правом використання технології та ноу-хау продуцента. Те саме являє собою будь-яка франчайзингова мережа. Що дає франчайзинг мережі малого автосервісу.? Нові досконалі технології, постійне навчання. Цю роботу необхідно проводити постійно протягом багатьох років. Якщо цього не робити, рівень задоволеності та лояльності клієнтів не буде вищим, ніж у всіх станцій. Помилка організаторів мереж у тому, що вони перестають напружено працювати у напрямку постійного поліпшення та розвитку. Вони втрачають найголовніше – людей. Справа не в технологіях. Технології – це лише інструмент, який потрібно дати людям. Тому основне завдання – люди. Тільки вони можуть підвищити рівень сервісу. Технології дають результат лише тоді, коли люди реалізують ці технології. Потрібні не лише технології, *потрібні носії технологій*.

Наявність технологічно спеціалізованого автосервісу. Основною вимогою до нього є якість складних та трудомістких спеціалізованих послуг і гарантія якості, що потребує іншого вирішення питань формування виробничої структури. Важливе не місце розташування, а гарантія якості.

Позитивним можна вважати стимулювання розвитку індивідуальних спеціалізованих послуг та підтримування індивідуальних форм підприємництва в невеликих містах та селах [5], які розглядаються як джерело невеликого, але постійного доходу, як додаток до підсобного господарства. Інформаційні системи при наданні послуг за формою індивідуального підприємництва сприяють покращенню цього бізнесу.

Потрібні кардинальні зміни в застарілій системі підготовки персоналу. Наведемо їхній перелік.

1. Практична та теоретична підготовка продуктивних робітників.

Людина в своєму житті проходить такі стадії розвитку:

- входження в соціальне середовище;
- реалізація життєвих цінностей;
- стадія утруднення отримання нового досвіду;
- втрата актуальності надбаного досвіду.

Спостерігаються такі закономірності: середовище інтелектуальної діяльності, як правило, має надлишок персоналу третьої і четвертої стадії розвитку; середовище фізичної праці на початковій стадії реалізації життєвих цінностей має недостатній досвід при входженні в процес їх реалізації. У зв'язку з цим фізичне середовище втрачає ефективність на початковій стадії входження в нього. В автосервісі ми спостерігаємо такий стан речей: молоді працівники набувають досвіду протягом не одного року, у зв'язку з чим автосервіс втрачає ефективність. Вирішення цієї проблеми потребує кардинальної зміни організації навчання. Перші два роки робітник має навчатися на робочому місці під керівництвом сертифікованого наставника, де він набуває практичного досвіду ремонту існуючих автомобілів. Наступні два роки робітник вивчає теорію та конструкцію автомобіля, які будуть завтра.

2. Бізнес робітників. Існуюча система підготовки спеціалістів залишила багато чого з минулих часів: з ситуаціями, коли робітник організує свій бізнес, раніше ніхто не стикався.

Тепер це стало типовим явищем. Причина цього – незаповнений ринок. Кількість автомобілів зростає швидше порівняно з автосервісом. Кожен, хто відкрив гараж, матиме клієнтів. Бізнес у цьому разі привабливіший порівняно з заробітною платою. Тому ми маємо це враховувати при підготовці спеціалістів. Вони повинні не тільки вміти ремонтувати автомобілі, вони мають бути підготовленими до ведення бізнесу. Така підготовка потребує додаткового часу, тому потрібно навчати слюсаря не 3, а 4 роки.

3. Продуктивний робітник має бути універсальним.

На нашому ринку представлено більш 60 марок та більше 600 моделей автомобілів віком від 1 до 30 років. Кожен робітник стикається з різноманітними видами робіт. Спеціалізація за таких умов можлива не завжди, лише за концентрації парку. В переважній більшості незалежні СТО мультибрендові. Чим ширша кваліфікація персоналу, тем ефективніший бізнес автосервісу. Вирішення питання – перш за все – за рахунок "надлишку" кваліфікації.

4. Ресурси розвитку.

Ресурси розвитку – це результат активного внеску працюючих у розвиток підприємства за межами посадових обов'язків. Це ресурси, які не можна купити, їх можна лише створити за рахунок ідей, діяльності персоналу. Ресурси розвитку – це результат діяльності персоналу та створені ним внутрішні продукти, які, кожен окремо і всі разом, створюють конкурентні переваги, і ці переваги ніхто не може повторити. Все, що створює підприємство як конкурентний суб'єкт ринку, народжується ресурсами розвитку. Сама сутність підприємства, якою воно відрізняється від інших, не купується, а створюється ресурсами розвитку. Відмінності, створені в організації на основі ресурсів розвитку, є головним джерелом розвитку бізнесу.

До ресурсів, які сприяють розвитку, належать: досвідченість, знання, компетентності, кваліфікація, ідеї, ноу-хау, трудова діяльність людей, їхня вмотивованість, продуктивність фізичної та розумової праці, а також результат повсякденної роботи в напрямку постійного покращення.

Чим відрізняються ресурси розвитку від інвестиційних, функціональних та організаційних?

Тим, що ці ресурси за об'єктивними законами фізичного та морального старіння постійно і закономірно втрачають ефективність, а ресурси розвитку стають тим більш досконалими та ефективними, чим більшою мірою вони використовуються.

Якість автосервісу. Слід розрізнити якість автосервісу на рівні ринку, якість автосервісу на рівні автосервісного підприємства та якість процесу і результату безпосередньої взаємодії споживача та надавача послуг [6]. Розрізняють якість обслуговування та ремонту автомобілів, якість обслуговування клієнтів і якість сервісу як сфери вирішення проблем власників автомобілів та підтримування технічного стану ТЗ. Якість автосервісу на будь-якому рівні оцінюється його місцем серед ТОП 20 об'єктів оцінювання.

Якість автосервісу на ринку – це якість системи підтримування технічно справного стану транспортних засобів, яка визначена в постанові [9] як сукупність підприємства та організації, які в сукупності забезпечують технічно справний стан ТЗ шляхом виконання операцій ТО та ремонту, спеціалізації, територіальної локації, взаємодії та інтеграції різних підприємств, організацій та видів діяльності [9], яка забезпечує відповідність потенційного, фактичного та реалізованого попиту та його задоволення протягом усього терміну використання ТЗ.

Якість автосервісу на рівні підприємства – це результат його діяльності, який забезпечується відповідністю виробничо-технічної бази, персоналу, інформаційно-аналітичної системи, умовами для високого рівня якості життя персоналу та споживачів, технологіями ремонту автомобілів для кожного виду послуг, які надає автосервісне підприємство, технологіями обслуговування споживачів та сервісними технологіями; наявністю інвестиційних, функціональних, організаційних ресурсів та ресурсів розвитку, які забезпечують функціонування та розвиток підприємства. Необхідною умовою якості

автосервісу на рівні підприємства є наявність та дотримання всім персоналом корпоративної культури.

Якість процесу та результату безпосередньої взаємодії споживача та надавача послуг забезпечується рівнем обслуговування, який визначається рівнем організації процесу та рівнем якості обслуговування (що ми робимо і як ми це робимо) – рівнем сервісних технологій та щирим сервісом. Рівень сервісних технологій визначається, крім організації та забезпечення процесу, його сутністю – вирішення проблем споживача, результатом чого є довіра до надавача послуг.

Рівень задоволеності клієнтів оцінюється *індексом утримання клієнтів* (чи рекомендують клієнти іншим); *моментом істини* (повне вирішення проблем, поважне ставлення, відповідність ціни); рівнем сильних та мінімумом слабких сторін, рівнем продуктивності.

Список літератури

1. Андрусенко С.І. Організація фірмового обслуговування». – К.: ІЗМІ, 1996. – 215 с.
2. Моте Е. Послепродажное обслуживание. Пер з фран. / Общ. ред. В.С. Завашвили. – М.: АО «Издательская группа “Прогресс”», 1993. – 160 с.
3. Тарандушка Л.А. Методи оцінювання технологічних процесів в системах автосервісу / Л.А. Тарандушка, В.П. Матейчик, І.В. Грицук, Н.Л. Костьян, О.Д. Марков, І.П. Тарандушка. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. – 212 с.
4. Руководство по оценке воздействия на конкуренцию [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.oecd.org/daf/competition/49167929.pdf>.
5. Марков О.Д. Інжиніринг систем автосервісу. Підручник / О.Д. Марков, В.П. Матейчик, В.П. Волков. – Харків: ХНАДУ, 2021. – 508 с.
6. В.С. Кузьмін, ас. АДІ ДВНЗ «ДонНТУ», Донецьк. Оцінка рівня забезпечення якості послуг автосервісу.
7. Л.А. Тарандушка, Н.Л. Костьян, О.Д. Марков, і В.В. Біліченко (2020). Розробка функціональної моделі мережі автосервісних підприємств. *Вісник машинобудування та транспорту*. Вінниця, ВНТУ. Том 11. Вип. 1. С. 133-139. <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2020-11-1-133-139>.
8. Постанова Кабінету Міністрів України від 3 липня 2013 р. № 643 «Про затвердження Технічного регламенту з технічного обслуговування і ремонту колісних транспортних засобів».

АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТІ ЦІНИ ВЖИВАНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ NISSAN LEAF ВІД ТЕХНІЧНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ

Олександр СТАДНИК¹, канд. техн. наук, доц., Сергій МОРОЗІЮК¹, ст. викл.,
Володимир КЛЮЙКО¹, магістр

¹Національний університет водного господарства та природокористування (Україна)

Ключові слова: електромобіль, технічні показники, експлуатаційні показники, запас ходу

Вступ

Кількість електромобілів стрімко зростає у різних країнах, що пов'язано з їхньою екологічністю. Кількість електрокарів у світі станом на кінець 2020 року становила 9,9 млн [1]. В Україні кількість електромобілів на вулицях міст також швидко збільшується. Їхня кількість станом на 1 січня 2022 року становить 33592 одиниці [2], що менше 1 % від загальної кількості від усіх легкових автомобілів. Найбільш поширеними моделями електромобілів, що обирають в Україні, є Nissan Leaf, Tesla Model 3, Renault Zoe, Volkswagen E-Golf, Chevrolet Bolt та інші [3]. Основною проблемою використання електромобілів в Україні є недостатньо розвинена інфраструктура, зокрема, недостатня кількість станцій для

підзарядки акумуляторних батарей.

Ціна електромобілів на вторинному ринку суттєво залежить від їхніх марок і основних технічних та експлуатаційних показників, таких як вік, пробіг, потужність двигуна, ємність акумуляторної батареї, запас ходу та технічний стан.

Найбільша пропозиція на вторинному ринку є електромобілі Nissan Leaf, за даними сайту AVTO.RIA [4]. Тому, дослідження залежності ціни вживаних електромобілів цієї марки від технічних та експлуатаційних показників є актуальним завданням.

Метою роботи є визначення впливу основних технічних та експлуатаційних показників на ціну найбільш популярних в Україні вживаних електромобілів марки Nissan Leaf на основі аналізу інформації за даними сайту AVTO.RIA.

Виклад основного матеріалу дослідження

Основні показники електромобілів, що були проаналізовані за даними сайту AVTO.RIA: ціна, вік, пробіг, потужність двигуна, ємність акумуляторної батареї, запас ходу. Інформація була проаналізована станом на 28 жовтня 2022 року в межах всієї України щодо марки електромобіля Nissan Leaf. Оскільки кількість пропозицій у межах всієї України щодо цієї марки становила 1074 одиниці, то для досліджень була відібрана рандомізована вибірка, що становила 5,03 % від усіх пропозицій.

Дослідження були виконанні в такій послідовності. На сайті AVTO.RIA були відібрані пропозиції по електромобілях Nissan Leaf та розбито на сторінки по 20 пропозицій. З кожної сторінки було обрано один електромобіль за допомогою онлайн-генератора випадкових чисел [5] (<https://generator-online.com/uk/numbers/>). Якщо обрана пропозиція виявлялася автомобілем, що був у ДТП, ціна якого потенційно може неадекватно відображати загальні тенденції залежності від технічних та експлуатаційних показників, то така пропозиція відкидалася. Також були виключені пропозиції, які не містили обраних для аналізу показників. У такому випадку для цієї сторінки генерувалося інше випадкове число, щоб обрати з групи 20 електромобілів один. З отриманих масивів даних була побудована кореляційна матриця і отримано рівняння регресії залежності ціни електромобіля від основних технічних та експлуатаційних показників.

Отримана кореляційна матриця між досліджуваними параметрами: ціна, вік, пробіг, потужність двигуна, ємність акумуляторної батареї та запас ходу, наведена у таблиці 1. Сірим кольором вказані параметри, зв'язки між якими не мають ніякого змісту. Темно-сірим визначені параметри, які визначаються розрахунковим шляхом при проектуванні електромобілів чи є логічними, через це зв'язки є тісними.

Таблиця 1 – Кореляційна матриця

Параметри алектромобілів	Ціна, USD	Вік, років	Пробіг, тис. км	Потужність двигуна, кВт·год	Ємність АКБ, кВт	Запас ходу км
Ціна, USD	1,00	-0,92	-0,52	0,77	0,91	0,97
Вік, років	-0,92	1,00	0,44	-0,67	-0,83	-0,90
Пробіг, тис. км	-0,52	0,44	1,00	-0,34	-0,45	-0,57
Потужність двигуна, кВт	0,77	-0,67	-0,34	1,00	0,81	0,76
Ємність АКБ, кВт·год	0,91	-0,83	-0,45	0,81	1,00	0,92
Запас ходу, км	0,97	-0,90	-0,57	0,76	0,92	1,00

Між ціною та віком, потужністю двигуна, ємністю АКБ та запасом ходу електромобілів зв'язок є тісним, а між ціною і пробігом наявний середній зв'язок. Між віком електромобілів та їхнім пробігом наявний слабкий зв'язок, що пов'язано з експлуатацією переважно у міських умовах та поїздками на невеликі відстані. Між віком та запасом ходу наявний тісний кореляційний зв'язок, що пов'язано зі зменшенням ємності АКБ з часом.

За результатами лінійного регресійного аналізу було виключено критерій пробігу, як незначимий та отримано рівняння регресії для розрахунку ціни вживаних електромобілів

залежно від віку, потужності двигуна, ємності акумуляторної батареї та запасу ходу:

$$P = 7306,6 - 706,3A + 27,4W + 68,4E + 44,8D, \text{ USD}, \quad (1)$$

де P – ціна електромобіля марки Nissan Leaf, USD; A – вік, років; W – потужність електродвигуна, кВт; E – ємність акумуляторної батареї, кВт·год; D – запас ходу, км.

Коефіцієнт кореляції для отриманої залежності становить 0,957, що свідчить про тісний зв'язок, максимальна похибка 14,1 %.

Кожен наступний рік експлуатації електромобіля марки Nissan Leaf знижує його ціну на вторинному ринку на 706,6 USD, усі інші досліджувані параметри її збільшують. Кожні 10 кВт потужності електродвигуна піднімають ціну електромобіля на 274 USD, 10 кВт ємності акумуляторної батареї на 684 USD, 10 км запасу ходу – на 448 USD. Враховуючи отримані залежності, заміна акумуляторної батареї для збільшення запасу ходу не забезпечить компенсацію частки ціни, що знижується з терміном експлуатації.

Висновки

У результаті виконання роботи отримано рівняння регресії, що показує залежність ціни вживаних електромобілів марки Nissan Leaf від віку, потужності двигуна, ємності батареї і запасу ходу, яке може бути застосоване для перевірки адекватності цінових пропозицій на вторинному ринку. Доцільно виконати аналогічні дослідження по інших популярних марках електромобілів вторинного ринку України.

Список літератури

1. Аналітики порахували кількість електромобілів у світі. URL: <https://autogeek.com.ua/analityky-porakhuvaly-kilkist-elektromobiliv-u-sviti-majzhe-polovyna-z-nykh-v-kytai/> (дата звернення 28.10.2022).
2. Стало відомо, наскільки зросла кількість електромобілів в Україні на 1 січня 2022 року. URL: <https://www.rbc.ua/ukr/auto/utsu-1641112445.html> (дата звернення 28.10.2022).
3. В Україні росте ринок електромобілів. URL: <https://eauto.org.ua/news/61-zafiksuvali-pik-prodazhiv-elektromobiliv-v-ukrajini-naypopulyarnishi-modeli-zhovtnya> (дата звернення 28.10.2022).
4. AVTO.RIA. URL: <https://auto.ria.com/uk/> (дата звернення 28.10.2022).
5. Генератор випадкових чисел. URL: <https://generator-online.com/uk/numbers/> (дата звернення 28.10.2022).

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

Віктор РУДАСЬОВ¹, канд.техн.наук, доц., Андрій КОВАЛЕНКО¹, викладач,
Михайло БУРХОВИЧ¹, викладач

¹Відокремлений структурний підрозділ «Дніпровський фаховий коледж інженерії та педагогіки» Державного вищого навчального закладу «Український державний хіміко-технологічний університет» (Україна)

Ключові слова: листові сталі підвищеної міцності, автомобілебудування, штампування

Вступ

Підвищення технічного рівня виробів машинобудування є найважливішим економічним завданням, вирішення якого значною мірою визначається застосуванням нових прогресивних матеріалів. Автомобілебудування є найбільш металомісткою галуззю машинобудування, де витрачається трохи менше третини всього прокату, що використовується в галузях машинобудівного комплексу. Сформувалися вимоги до виробників автомобілів, пов'язані зі зниженням матеріаломісткості, підвищенням безпеки та

відповідністю екологічним нормам. Є підстави вважати, що застосування листових сталей підвищеної міцності зі спеціальними властивостями й унесення змін до технології їхнього штампування є одним із перспективних напрямів у вирішенні перелічених завдань.

Мета роботи

Огляд і систематизація основних етапів створення тонколистових сталей в автомобілебудуванні і встановлення подальших напрямів використання СПМ у виготовленні деталей автомобіля.

Виклад основного матеріалу дослідження

Сьогодні питаннями застосування сталей високої міцності під час виготовлення транспортних засобів займаються багато вчених. Дослідники в роботах схиляються до висновку, що основною сучасною тенденцією в автомобілебудуванні є зниження ваги при збереженні високої безпеки [1-3]. Надано оглядову оцінку основних шляхів розвитку в галузі транспортного матеріалознавства. Авторами проведено порівняння кузовних деталей автомобіля зі сталей підвищеної міцності (далі – СПМ) з деталями з алюмінію, магнію, композиційних матеріалів і пластику.

Згідно з дослідженнями [4], підвищення міцності сталей для автомобілебудування від 200-250 МПа до 375 МПа дає змогу знизити масу автомобіля на 15-17 %. Як показує практика, підвищення міцності листа на 30-50 % дає можливість знижувати товщину кузовних деталей у діючих конструкціях, де перешкодою є втрата жорсткості, на 15-20 % і в новостворених – на 20-25 %. Для автомобілебудування, у структурі споживання якого четверта частина сталі припадає на холоднокатаний лист, заміна навіть його частини на лист із СПМ є суттєвим резервом економії матеріалів і можливістю зниження маси транспортного засобу. У використанні СПМ чітко простежується кілька етапів.

На першому етапі розроблялися й застосовувалися в основному мікролеговані HSLA (НЛС – низьколеговані сталі) з підвищеним умістом марганцю Mn, і/або кремнію Si, і/або фосфору P плюс мікролегування ванадієм V, і/або титаном Ti, і/або ніобієм Nb. На початку ці сталі застосовували для виготовлення досить простих деталей, таких як кріплення двигуна, бампери, бічні стійки дверей. Але у 80-ті роки минулого сторіччя номенклатура деталей, що виготовляються зі СПМ, значно розширилася. СПМ почали використовувати під час виробництва елементів кузова, панелей обшивки, деталей підвіски тощо.

На першому етапі при розробках СПМ використовувалися відомі механізми зміцнення сталі:

1. Зміцнення утворенням твердих розчинів – утворення твердих розчинів із різними металами призводить до зміцнення та деякого зниження пластичності. Твердими розчинами називають фази, в яких один із компонентів сплаву зберігає свою кристалічну решітку, а атоми інших (або іншого) компонентів розташовуються в решітці першого компонента (розчинника), змінюючи її розміри (періоди).

2. Дисперсійне зміцнення – дисперсійне твердіння – зміцнення за рахунок виділення з пересиченого твердого розчину великої кількості частинок другої (дрібнодисперсної) фази. За рахунок того, що частинки дрібнодисперсної фази перешкоджають переміщенню дефектів кристалічних ґрат (дислокацій), сплав зміцнюється.

3. Зміцнення подрібненням зерна (зерно граничне зміцнення) – унікальною особливістю зернограничного зміцнення є те, що при реалізації цього механізму одночасно зі збільшенням міцності відбувається збільшення в'язкості та пластичності сталі. З подрібненням зерна знижується температура в'язко-крихкого переходу й підвищується опір крихкому руйнуванню.

4. Зміцнення другої структурної складової – мартенситом чи бейнітом. Ці структурні складові формуються в процесі безперервного відпалу сталі, який включає загартування та відпуск. Цілком очевидно, що, як правило, у СПМ реалізується відразу кілька механізмів зміцнення, причому одні з них можуть пригнічуватись (або посилюватись) іншими.

Основні принципи, покладені в основу розробки холоднокатаних СПМ, полягали в застосуванні мікролегування традиційними легуючими елементами (такими як азот, фосфор, марганець, кремній, титан, ванадій тощо) у кількостях, що суттєво не впливають на вартість

сталі, й у використанні звичайних металургійних агрегатів, на яких здійснювалося виробництво маловуглецевих сталей (крім виробництва двофазної сталі). Крім того, такі методи виготовлення сталі, як контрольована прокатка або відпал смуги, давали змогу отримати лист із високою пластичністю.

Більшість низьколегованих СПМ поставлялася у вигляді змотаної в рулон гарячекатаної смуги товщиною від 2 до 8 мм і шириною до 1500 мм. Тонкий лист товщиною від 0,5 до 2 мм отримували холоднокатаною прокаткою з наступним відпалом у ковпакових печах для підвищення пластичності сталі перед деформацією. У ковпакових печах здійснюють відпал змотаних або розпушених рулонів тривалістю від кількох годин до кількох діб.

Відпал низьколегованих СПМ проводився в агрегатах безперервної дії (АБВ – агрегатах безперервного відпалу), що давало змогу варіювати властивості листа шляхом регулювання температури та швидкості нагрівання й охолодження смуги.

У 2000-х роках настав другий етап застосування високоміцних сталей, коли були розроблені нові типи СПМ.

Крім відомих раніше сталей, зміцнених твердим розчином (С, Мn), мікролегованих HSLA (НЛС), двофазних сталей (DP) і сталей мартенситного класу (MART), з'явилися нові класи сталей. Розглянемо ці класи сталей (при цьому необхідно уточнити, що позначення нових класів можуть відрізнятися залежно від країни, фірми виробника й інших факторів):

– TRIP (Transformation Induced Plasticity – ТРІП) сталі, де підвищена пластичність забезпечується за рахунок перетворення залишкового аустеніту в мартенсит під час деформації при штампуванні; цей механізм досить добре відомий та обговорювався ще в 1970-х роках [5]. Основна проблема в цьому випадку полягає в тому, щоб «зберегти» залишковий аустеніт при кімнатній температурі, для цього ці сталі легуються досить великою величиною алюмінію та/або кремнію, що створює суттєві перешкоди для нанесення цинкового покриття. У зв'язку з цим виробництво та застосування цих сталей почалося лише наприкінці 1990-х – на початку 2000-х років. Ці сталі переважно вироблялися й виробляються із «середнім» рівнем міцності – клас міцності 600-800 МПа;

– TWIP (ТВІП) сталі, де підвищена пластичність забезпечується за рахунок «двійникування» в процесі деформації, у результаті створюється унікальна дислокаційна структура. Пластичність цих сталей найвища – просто унікально висока за дуже високої міцності. Однак отримання таких унікальних властивостей можливе тільки за дуже високого вмісту марганцю (~ 15–30 %), що призводить до, по-перше, високої вартості цих сталей, по-друге, серйозних технологічних проблем (наприклад, точкове зварювання); ці сталі застосовувалися в обмежених обсягах деякими фірмами, проте широкого поширення вони нині не набули;

– AUST SS – високоміцні листові нержавіючі сталі. До цього часу ці сталі не знаходили практичного застосування в кузовах автомобілів масового виробництва через дуже високу ціну, проте сьогодні «Тесла» продовжує працювати над «Кібертраком» (Cybertruck), кузов якого, імовірно, виготовлятиметься з високоміцної нержавіючої сталі;

– PHS сталі (Press Hardening Steels) – сталі з простим хімічним складом (підвищений вуглець ~ 0,23-0,34 %; марганець 0,60-1,20 %; кремній 0,20-0,50 %; добавка бору ~ 20-30 ppm (ppm = «кількість частинок на мільйон»), трохи хрому ~ 0,20-0,35%), що проходять через лінію гарячого алюмінію на металургійному заводі; далі в пресовому виробництві у виробника заготівлі нагріваються вище Ас3 (зазвичай вище ~ 900°C), і далі з них формують у гарячу деталі будь-якої складності, після чого різке охолодження (загартування) водою; у результаті отримують міцність деталі, як у сталі мартенситного класу. Алюміній на поверхні потрібен, щоб запобігти корозії після загартування деталі; тепер під час використання цих сталей отримують деталі двох класів міцності – 1500 і 2000 МПа.

Накопичений досвід виробництва та застосування СПМ виявив низку обмежень, пов'язаних із їх використанням.

Головне обмеження – це знижена пластичність, включаючи подовження, що призводить до зниження штампування (зокрема роздачі отвору). Це передбачає зміну

геометрії кузовних деталей, що штампуються, застосування технологічних заходів для поліпшення штамповки.

На стані гарячої прокатки можна отримати лише товстолистовий гарячекатаний прокат, а в АБВ – лише тонкий холоднокатаний.

Під час виробництва СПМ потрібна додаткова витрата легуючих елементів; жорсткий контроль режиму прокатки й високий рівень контролю хімічного складу (локальні відхилення в умісті вуглецю та зміна режимів охолодження на вихідному рольгангу стану гарячої прокатки можуть призвести до отримання неоднорідної мікроструктури, отже, нестабільних механічних властивостей по довжині смуги).

Двофазні сталі (з певним рівнем властивостей міцності), як правило, мають більш високу вартість порівняно зі звичайними сталями підвищеної міцності, якщо не рахувати тих випадків, коли двофазні сталі отримують на основі маловуглецевих із використанням високих швидкостей охолодження, тоді їх вартість наближається до вартості сталей типу HSLA.

Одним із обмежень при використанні сталей підвищеної міцності (високоміцних сталей) як заміник звичайних сталей у конструкції кузова автомобіля є зниження жорсткості, пов'язане зі зменшенням геометричних розмірів деталей.

Іншою проблемою є корозійна стійкість. Уважається, що агресивна дія навколишнього середовища при експлуатації автомобіля однакова як для звичайних, так і для СПМ.

Незважаючи на зазначені недоліки, застосування високоміцних сталей з точки зору економічної доцільності має перевагу над іншими «легкими» матеріалами, наприклад, перед алюмінієвими сплавами та пластичними масами. По-перше, вони дають змогу витратити мінімальні кошти для зменшення одиниці маси автомобіля. За оцінками американських фахівців, деформовані алюмінієві сплави можуть дати зменшення маси деталей одного автомобіля на 50 %, проте при цьому витрати становитимуть понад 1 долар США на фунт (одиниця виміру маси в системі англійських заходів – 1 фунт = 0,45359237 кг) «зеконномленої» маси [6]. При використанні для цих цілей високоміцних сталей зниження маси становить 10-15 % на один автомобіль (залежно від необхідного рівня міцності), а витрати на «зеконномлений» фунт маси не перевищать 25 відсотків.

Саме тому в США відсоток високоміцних сталей, що застосовуються в автомобілебудуванні, з 1985 року збільшився приблизно в 2 рази й до 2015 року досяг 20 % від загальної маси автомобіля, а в Японії виробництво високоміцних сталей до 2015 року доведено до 70 % [7].

Друга важлива перевага високоміцних сталей, завдяки чому вони ширше впроваджуються в автомобільне виробництво, полягає в тому, що вони не вимагають значних змін технології їх виробництва та заміни обладнання.

Висновки

Проведений аналіз показав, що, незважаючи на перелічені недоліки, перспектива використання сталей підвищеної міцності в автомобілебудуванні очевидна, що підтверджується зростанням їхньої споживання. Так, у період 1995–2017 років використання листових холоднокатаних сталей підвищеної міцності в галузі зросло в США у 2,4 рази, Японії – у 4,6 рази.

Використання СПМ дає змогу знизити собівартість продукції, збільшити довговічність деталей автомобілів і, як наслідок, зменшити витрати на ремонт.

Очевидно, що без СПМ неможливо виконати сучасні вимоги до пробігу автомобілів на одиницю об'єму палива, які постійно посилюються (наприклад, якщо в Америці зараз ця вимога 40 миль на галон, то у 2026 році планується 52 милі на галон).

У роботі встановлено, що на сьогоднішньому етапі розвитку виробництва поєднувати високу пластичність сталі з підвищенням міцності навряд чи можливо, тому подальші дослідження пропонується направити на розробку технологічних заходів, які дадуть змогу підвищити штампування листових сталей підвищеної міцності.

До цих технологічних способів підвищення штампуємости СПМ можна віднести (на справжньому етапі): вибір ефективних технологічних мастильних матеріалів (ТММ) і

способів їх нанесення, встановлення необхідних геометричних (пуансон/матриця) і силових параметрів витягу (зусилля витягу, притиску).

Список літератури

1. ACEA Report of February 1, 2021. URL: <https://www.acea.auto/cv-registrations/commercial-vehicle-registrations-3-3-first-two-months-of-2021-1-2-in-february> (дата звернення: 10.12.2021).
2. World Steel Association. "Steel in Automotive". Accessed June 13, 2020.
3. Гаврилова В.Г., Помазков М.В., Караваева Н.Е. Анализ возможности применения различных материалов для изготовления деталей кузовов в практике автомобилестроения. Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2015. № 31. С. 42-50.
4. Santofimia M.J., Zhao L., Sietsma J. Overview of Mechanisms Involved During the Quenching and Partitioning Process in Steels. Metallurgical and materials transactions a. 2011. Volume 42a.
5. Fonstein N. Effects of Microstructure Refinement and Retained Austenite Stability on Properties of AHSS. MS&T20 Conference, Pittsburgh, USA, October 4-8, 2020.
6. Demeni M. Y. Advanced High Strength Steels: Science, Technology, and Applications, ASM International, 2013.
7. Nina Samodajev (MSc Materials Science). Advanced High Strength Steel (AHSS) for Stronger, Lighter and Safer Cars, Blog Matmatch, June 3, 2019.
8. Bachman K., Lightweighting still dominates, Great Designs in Steel seminar, March 2018.

СПЕЦИФІКА НАВЧАЛЬНИХ ПРОГРАМ З ПРОЄКТУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У НАЦІОНАЛЬНОМУ ТРАНСПОРТНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ: НАБЛИЖЕННЯ ДО РЕАЛЬНОСТІ

Микола КУЗЬМІНЕЦЬ¹, д-р техн. наук, проф., Микола ЛАМПЕКА¹, канд. мист., доц.,
Микола ЧОРНОУС¹, доц.

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: транспортний засіб, дизайн, технічна естетика, формотворення, проєктування

У статті аналізуються аспекти наближення навчальних програм на кафедрі комп'ютерної, інженерної графіки та дизайну Національного транспортного університету, спрямованих на проєктування та формотворення промислових зразків транспортних засобів бакалаврами та магістрами навчального закладу до реалій військового стану та екзистенційних викликів епохи у контексті наукової дослідно-конструкторської роботи. *Об'єкт дослідження* – сучасні транспортні засоби: експлуатація у нинішніх кризових умовах. *Предметом* є процес створення оптимального зразка автомобіля для вітчизняного споживача з урахуванням аеродинамічних, ергономічних та естетичних якостей. Отримані результати досліджень можуть бути використані при розробці методичних курсів та навчальних програм у закладах мистецької освіти, а також у площині практичного застосування – кращі студентські розробки можуть бути рекомендовані до запровадження у виробництво.

Програма кафедри комп'ютерної, інженерної графіки та дизайну Національного транспортного університету має фахово-прикладне спрямування та орієнтується на сучасні наукові дослідження у галузі промислового дизайну, зокрема зосереджується на проблемах проєктування транспортних засобів, враховує специфіку роботи установ та підприємств транспортної галузі, спеціалізується на створенні зразків з урахуванням актуальних тенденцій розвитку промислового дизайну, а також сприяє набуттю студентами компетенцій і навичок, завдяки яким можливе подальше професійне вдосконалення [1].

Насамперед, у контексті навчальної дисципліни «Проєктування», студенти отримують

завдання на технічне виконання реального прототипу транспортного засобу з обумовленими характеристиками для потреб цивільного або ж військового застосування, орієнтованого на спроможність технічного забезпечення підприємством-виробником позитивного результату, та доведення формотворення розроблюваних зразків до рівня сучасних європейських аналогів.

На початковому етапі – етапі пошукових скетчів екстер'єрного формотворення – студенти повинні аналізувати аналоги, стилізувати, інтерпретувати та трансформувати об'єкти біонічного походження, формувати художньо-проектну концепцію, визначати функціональну та естетичну специфіку майбутніх транспортних засобів та забезпечити:

- розробку оригінальних інноваційних дизайнерських концептуальних рішень;
- практичне застосування результатів дослідження;
- обґрунтування рішень та пропозицій відповідними дизайнерськими розрахунками (аеродинамічними, функціональними, естетичними);
- врахування фізичних властивостей матеріалів та конструктивних побудов, застосовування новітніх технології та наукових досягнень [2].

Важливим завданням проекту є визначення необхідності створення дизайнерських розробок на основі історико-культурної складової, яка базується на принципах використання особливостей стилістики притаманної вітчизняному дизайну, проявах української ментальності, зверненні до історичної пам'яті, національної самоідентифікації та етнічних чинників [3].

У подальшому студенти приступають до реалізації проектної пропозиції засобами комп'ютерного моделювання. Найчастіше модель проектується у програмі Blender, пізніше переноситься у програму 3D Макс. Після незначного доопрацювання і додавання деяких технічних деталей виконується рендер транспортного засобу [4].

Усі моделі проходять аеродинамічне дослідження. Розвиток комп'ютерної техніки на сучасному етапі відкрив принципово нові можливості одержання кількісних оцінок та якісних характеристик повітряних потоків. Аеродинамічне дослідження проводиться у програмі Autodesk Flow Design [5].

Важливим чинником дослідницької роботи є форма обґрунтування усіх процесів дизайн-проектування, викладених у науковій записці, яка супроводжує проектну пропозицію. Не менш важливим завданням, яке ставиться перед студентом, є публічний захист своєї роботи у вербальній формі з використанням візуальної презентації у програмі PowerPoint. Таким чином студенти набувають досвіду комунікації з майбутніми замовниками.

Досвід практичної роботи студенти набувають і під час навчального процесу, виконуючи реальні розробки транспортних засобів у рамках госпрозрахункових тем, які передбачають залучення зовнішніх інвесторів до реалізації успішних проектів.

Одним із видів такої співпраці є укладання договорів між закладами вищої освіти та суб'єктами господарювання на створення науково-технічної продукції (НТП). Суть цього процесу зводиться до того, що замовник (підприємство) доручає виконавцю (ЗВО) проведення певних робіт згідно з попередньо обумовленими вимогами щодо термінів, обсягів, якості виконання та інших умов [6].

У такому форматі в 2021 році на кафедрі відбувся конкурс на кращий дизайн екстер'єру трамвайного вагона типу ТЗУА та нового тролейбуса для міста Києва, у якому взяли участь багато студентів з власними концепціями та презентаціями.

Комісія ТОВ «ПОЛІТЕХНОСЕРВІС», яке є співзасновником конкурсу, високо оцінила представлені на розгляд зразки і висловила зацікавлення у подальшій співпраці з Національним транспортним університетом.

Отже, можемо зазначити, що невід'ємною складовою сучасного інноваційного процесу є інтеграція науки і виробництва, адже плідна співпраця закладів вищої освіти з промисловими підприємствами сприяє швидшому запровадженню наукових розробок до реалізації та забезпечує високий рівень конкурентоспроможності господарських організацій. Така співпраця також передбачає прогнозовані якісні зміни у системі вищої

освіти щодо необхідності стимулювання фахового розвитку студентської творчої молоді [7].

Список літератури

1. Даниленко В.Я. Дизайн України у світовому контексті художньо-промислової культури: Монографія. Х.: ХДАДМ; Колорит, 2005. 340 с.
2. Дизайн і ергономіка. Терміни та визначення. Державний стандарт України. К.: 1999.
3. Божко Ю.Г. Красота пользы и польза красоты. Х.: ХДАДМ, 2002. 72 с.
4. Бойчук А.В. Дизайнерское образование: выбор приоритетов в условиях импорта материальной культуры. Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв. Х.: 2002. № 6. 120 с.
5. Жуковський С.С., Лабай В.Й. Аеродинаміка вентиляції: навч. посіб. для студ. вищих навч. закл. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. 370 с.
6. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення. Державний стандарт України. К.: ДСТУ 3008-95.
7. Кузьмінець М.П, Лампека М.Г., Стрілець В.Ф., Дубовенко Ю.І. Проектування транспортних засобів студентами-дизайнерами: інтеграція навчального процесу у виробництво. К.: Матеріали наук. конф. КНУБА 17-19.05.2022.

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИКОРИСТАННЯ АВТОТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА З ПРОДОВОЛЬЧИХ ЖИРІВ

Сергій КОВБАСЕНКО¹, канд. техн. наук, доц., Олексій БУГРИК², канд. техн. наук,
Віталій СІМОНЕНКО¹, канд. техн. наук, доц.

¹Національний транспортний університет (Україна)

²Державне підприємство «Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут»

Ключові слова: дизельне біопаливо, раціональні параметри, склад суміші, температура палива, система живлення

Вступ

Одним із перспективних напрямів розширення паливної бази автотранспортних засобів з дизелями є використання олій різних культур для виробництва дизельного біопалива. Враховуючи сприятливі аграрні умови в Україні та особливості процесу виробництва дизельного біопалива, найчастіше виробляють та використовують метилові ефіри ріпакової олії (МЕРО). В Україні виробництво ріпаку складає близько 3,5 млн. т на рік [1], однак переважна кількість його експортується за межі держави. Відомо, що складниками МЕРО є суміші метилових ефірів жирних кислот, що їх виробляють із рослинних олій та тваринних жирів. Тому, окрім цілеспрямованого вирощування технічних культур для отримання сировини з метою подальшого виробництва біопалива, можливим способом розширення сировинної бази дизельного біопалива варто розглядати раціональну утилізацію (повторне використання) відходів виробництв, побутових відходів тощо. За сучасних умов значного зростання об'єктів харчової промисловості виникає потреба в утилізації продуктів харчування, а саме продовольчих жирів, які створюють негативний вплив на навколишнє середовище. Цей напрям може бути навіть більш привабливим завдяки підвищенню енергетичної ефективності використання дизельного біопалива, зниженню забрудненню довкілля, розширенню сировинної бази для виробництва моторних палив, а також зменшенню собівартості виготовлення дизельного біопалива.

Повторне використання олій рослинних культур та жирів, які повністю виконали свої продовольчі функції, може підвищити рентабельність виробництва дизельного біопалива та вирішити проблему подальшої утилізації відходів виробництв. Тому альтернативною

сировиною для виробництва дизельного біопалива можуть бути, наприклад, технічний курячий жир (ТКЖ), отриманий з жиромістких відходів птахопереробних підприємств (ЖВПП) [2-3].

Мета роботи

Визначення раціональних параметрів використання дизельного біопалива з утилізованих відходів продовольчих жирів, зокрема, впливу складу суміші та температури палива на показники автотранспортних засобів з дизелями.

Виклад основного матеріалу дослідження

В Україні впроваджено Державні стандарти якості дизельного біопалива. Якість дизельного біопалива регламентується наступними документами: ДСТУ 6081:2009 «Паливо моторне. Ефіри метилові жирних кислот олій і жирів для дизельних двигунів. Технічні умови»; ДСТУ 7178:2010 «Паливо альтернативне. Естери етилові жирних кислот олій та жирів для дизельних двигунів. Технічні вимоги та методи контролювання»; ДСТУ 7688:2015 «Паливо дизельне Євро. Технічні умови»; ДСТУ 8695:2016 «Паливо альтернативне для дизельних двигунів. Технічні умови», Технічний регламент щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових і котельних палив передбачають використання метилових або етилових естерів жирних кислот у складі нафтових дизельних палив у кількості до 7 %. Слід відмітити, що основні фізико-хімічні властивості дизельного біопалива відрізняються від властивостей мінерального дизельного палива через різний хімічний склад та будову естерів жирних кислот, що входять до складу дизельного біопалива [4].

Оптимізувати фізико-хімічні властивості можна декількома способами: використанням композитного палива, яке складається із декількох складових, кожна з яких забезпечує оптимізацію фізико-хімічних властивостей дизельного біопалива; застосуванням регульованого підігріву дизельного біопалива; або поєднанням обох цих способів.

Для забезпечення необхідних в'язкісно-температурних показників дизельних біопалив були виконані дослідження щодо визначення доцільної температури та раціонального складу суміші.

Програма досліджень передбачала виконання таких завдань:

- визначення в'язкісно-температурних характеристик дизельного палива та сумішевого дизельного біопалива;
- визначення оптимального складу сумішевого дизельного біопалива;
- визначення оптимальної температури сумішевого дизельного біопалива з урахуванням його складу та максимальних температурних значень роботи ПНВТ дизеля за в'язкісно-температурними характеристиками.

Для оцінювання відносної зміни кінематичної в'язкості штатного та сумішевих дизельних біопалив від температури проведено дослідження щодо визначення зміни кінематичної в'язкості від температури для штатного дизельного палива, метилового ефіру жирних кислот (МЕЖК) і сумішевих палив із його 10, 20 та 30 % вмістом. Проведено попередні експериментальні випробування дизельних біопалив щодо визначення в'язкісно-температурних параметрів.

Визначення раціонального складу сумішевого палива базується на максимально допустимому значенні концентрації МЕЖК у сумішевому паливі і технічних характеристиках паливного насоса високого тиску (ПНВТ), а саме максимальному температурному режимі насоса. Для ПНВТ дизеля VAG 1Z 1.9 Tdi це значення становить близько 60° C.

Результати моторних випробувань двигуна VAG ASV 1.9 Tdi при живленні сумішевыми дизельними біопаливами, проведених у лабораторії випробування двигунів кафедри двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету, показали, що звичайне змішування двох палив не забезпечує необхідних фізико-хімічних властивостей та знижує паливну економічність двигуна [5].

Одним зі способів оптимізації фізико-хімічних показників дизельного біопалива є регульований підігрів.

У лабораторії досліджень використання палив та екології Державного підприємства

«Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут» було проведено дослідження та визначено залежності зміни густини дизельного палива, дизельного біопалива та суміші 80 % ДП та 20 % МЕЖК.

Встановлено, що густина сумішевого дизельного біопалива (80 % ДП та 20 % МЕЖК) зменшується зі збільшенням температури палива та відповідає значеннями густини, встановленим ДСТУ 7688:2015. Отримані результати є основою для вибору сумішевого дизельного біопалива, яке складається з 80 % ДП та 20 % МЕЖК, за доцільної температури 60° С, необхідної для наближення кінематичної в'язкості сумішевого дизельного біопалива до рівня показників штатного палива і адаптації палива до ПНВТ дизеля.

Для визначення впливу в'язкісно-температурних показників штатного дизельного палива і дизельного біопалива на економічні та енергетичні показники двигуна в лабораторіях кафедри двигунів і теплотехніки Національного транспортного університету та ДП «ДержавтотрансНДІпроект» виконувалися стендові випробування та були визначені регульовальні характеристики дизелів за температурою підігріву палива, яке надходить у паливний насос високого тиску. Стендові випробування засвідчили, що в'язкісно-температурний показник палива суттєво впливає на економічні показники дизеля. Витрата сумішевого дизельного біопалива на 5 % більше, ніж штатного дизельного палива.

Температура палива у ПНВТ повинна знаходитись у межах 55-60° С, тому виникла необхідність у розробці багатопаливної системи живлення з додатково встановленим підігрівачем для забезпечення в'язкісно-температурних характеристик палива.

Для цього було проведено аналіз існуючих підігрівачів палива різних видів, які класифікують за способом джерела теплоти, за способом надходження теплоти та за потужністю теплоносія. Теплоносієм для підігрівача обрано рідину системи охолодження, як найбільш стабільну теплову систему в двигуні. Схему системи живлення багатопаливного двигуна наведено на рис. 1.

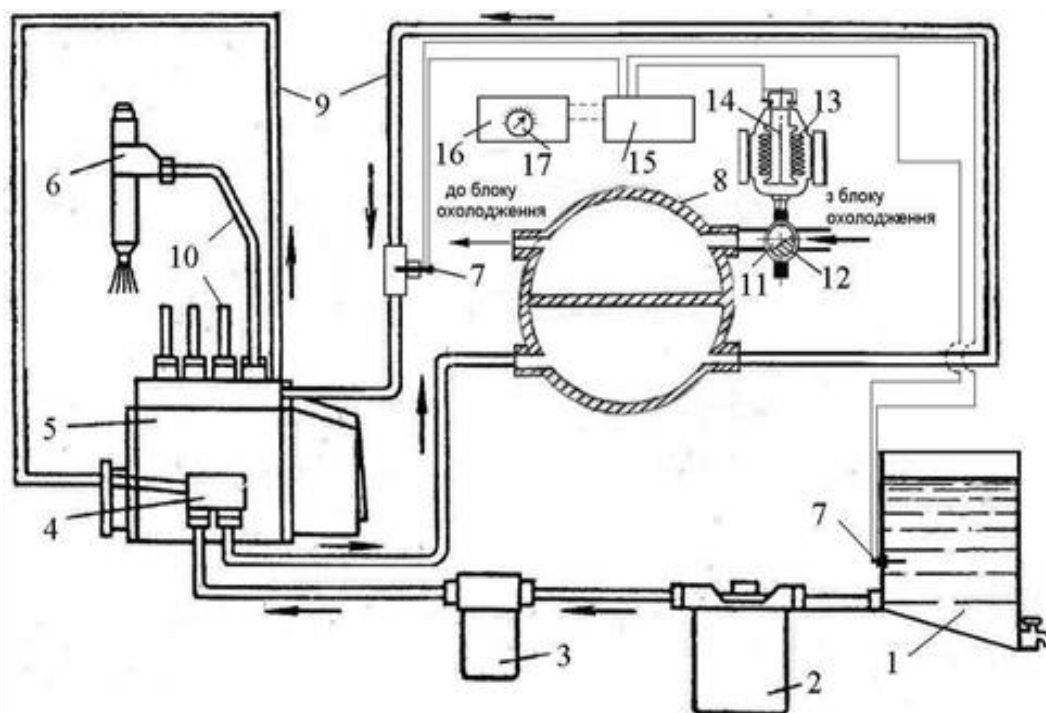


Рисунок 1 – Система живлення багатопаливного двигуна

Система живлення складається з паливного бака 1, фільтра грубої очистки палива 2, фільтра тонкої очистки палива 3, паливопідкачувального насоса низького тиску 4, паливного насоса високого тиску 5, форсунок 6, датчика температури палива 7, підігрівача палива (теплообмінника) 8, паливопроводів низького 9 та високого 10 тиску, регульованого крана 11, який подає охоложену рідину в підігрівач 8, та золотника 12, який регулює кількість

підігрітої охолодженої рідини, крокового двигуна 13, вала 14, який жорстко закріплений до золотника 12. Кроковий двигун 13 електрично зв'язаний через підсилювач напруги 15 з електронним блоком 16 регулятора напруги перемикача 17 режимів роботи (залежно від виду використовуваного палива).

На розроблену систему живлення багатопаливного двигуна з додатково встановленим підігрівачем палива рідинного типу для оптимізації в'язкісно-температурних показників дизельних біопалив отримано патент на винахід «Система живлення багатопаливного двигуна» [6] та патент на корисну модель «Спосіб використання присадки до дизельного палива, сумішей дизельного палива та біодизельного палив» [7]. Роботоздатність системи живлення багатопаливного двигуна перевірено та підтверджено експлуатаційними випробуваннями трактора ЮМЗ-6 з дизелем РМ-80 в різних навантажувальних та швидкісних режимах.

Висновки

Використання дизелями палив з утилізованих відходів продовольчих жирів має низку переваг: розширює сировинну базу для виробництва моторних палив, запобігає забрудненню довокільця, зменшує собівартість, підвищує енергетичну ефективність біопалив. Однак, основні фізико-хімічні властивості дизельного біопалива можуть відрізнятися від властивостей мінерального дизельного палива. Для забезпечення необхідних в'язкісно-температурних показників дизельних біопалив були виконані дослідження щодо визначення доцільної температури та раціонального складу суміші. В результаті проведених досліджень визначені раціональні параметри використання дизельного біопалива. Встановлено раціональний склад суміші дизельного біопалива (80 % дизельного палива та 20 % МЕЖК). Для забезпечення необхідних в'язкісно-температурних показників сумішевого біопалива температура палива у ПНВТ має знаходитись у межах 55-60° С. Тому була розроблена система живлення дизеля з додатковим підігрівачем палива рідинного типу для забезпечення необхідних в'язкісно-температурних показників дизельних біопалив. Роботоздатність системи живлення багатопаливного двигуна перевірено та підтверджено експлуатаційними випробуваннями.

Список літератури

1. Агробізнес України, 2020. Режим доступу: <https://agribusinessinukraine.com/the-infographics-report-ukrainian-agribusiness-2020/>.
2. С.В. Ковбасенко, В.В. Сімоненко, О.В. Бугрик (2019). Поліпшення показників транспортних засобів використанням дизельних біопалив з рослинної та утилізованої тваринної сировини. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. № 106. С. 40-45.
3. О.В. Бугрик (2017). Перспективи використання біодизельних палив, отримуваних утилізацією відходів харчової промисловості в двигунах колісних транспортних засобів. Вісник НТУ. № 1(37). С. 35-41.
4. Матвеева І.В., Яковлева А.В., Зубенко С.О., Гудзь А.В. Перспективи розширення сировинної бази для виробництва біодизельного палива в Україні. Наукоємні технології. 2019. № 1(41). С. 69-76.
5. Павловський М.В. Поліпшення паливної економічності та екологічних показників дизеля при використанні біодизельних палив: дис. ... канд. техн. наук / М.В. Павловський. – К., 2013. – 237 с.
6. Патент на винахід № 114871 Україна F02M 31/02, F02D 19/06 «Система живлення багатопаливного двигуна» / Говорун А.Г., Бугрик О.В., Краснокутська З.І., Павловський М.В., Подпіснєв В.С. / (Україна); Заявник і патентовласник: Національний транспортний університет; заяв. 10.02.2017; опубл. 10.08.2017, Бюл. № 15.
7. Патент на корисну модель № 122625 Україна, МПК (2017.01), F02B 47/00, F02B 51/00 «Спосіб використання присадки до дизельного палива, сумішей дизельного та біодизельного палив» / Говорун А.Г., Клименко О.А., Бугрик О.В. / (Україна); Заявник і патентовласник: Національний транспортний університет; заяв. 10.04.2017; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2.

МОДЕЛЬ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ ВИГОТОВЛЕНИХ МЕТОДАМИ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА

Максим РУДЬ¹, канд.техн.наук

Черкаський державний технологічний університет (Україна)

Ключові слова: адитивні технології, 3D-принтер, методи досліджень, експертні технології прийняття рішень, ASTM

Вступ

Адитивне виробництво є найновішою групою технологій виробництва відповідно до однієї з класифікацій [1]. Згідно з цією класифікацією виділяється чотири групи технологій: субтрактивні (subtractive, з початкового об'єму заготовки видаляється частина матеріалу для отримання заданої форми), формувальні (forming, коли задана форма отримується шляхом пластичних деформацій заготовки, об'єм якої не змінюється), литво (casting, задана форма отримується за рахунок нагрівання заготовки вище температури її плавлення та властивостей рідин набувати форму посудини в яку вони налиті) та адитивні (additive). Спільним недоліком перших трьох груп традиційних технологій є складність і висока вартість обладнання та необхідність використання спеціальної оснастки для виробництва різних деталей. Окрім того, для технологічного процесу виготовлення деталей машинобудування зазвичай необхідно використовувати кілька одиниць обладнання для різних груп технологій. Головним принципом технологій адитивного виробництва є створення виробів практично необмеженої складності форми за рахунок поступового вирощування деталі шляхом додавання сировини шар за шаром відповідної форми. На відміну від традиційних технологій, для виготовлення деталей різної форми використовується одна одиниця обладнання з сировиною однакового виду, змінюється лише цифрова модель, відповідно до якої формуються шари.

Завдяки таким своїм перевагам в останній час адитивні технології виробництва набувають усе ширшого розповсюдження в різних галузях, зокрема і в автомобільній промисловості. Значні потенційні можливості адитивних технологій виробництва спонукають підприємства, які займаються виробництвом та ремонтом автомобільної техніки, для отримання переваг у висококонкурентній галузі замінити ними традиційні виробничі технології. З іншого боку, новизна та суттєві відмінності у підході до формування деталей між традиційними та адитивними технологіями значно ускладнюють та сповільнюють процеси впровадження у виробничу діяльність підприємств та організацій автомобільного транспорту. В таких умовах важливим завданням стає розробка моделей, як мають допомагати у прийнятті рішень із впровадження адитивних технологій у виробництво конкретних деталей.

Мета роботи

Метою даної роботи є розробка моделі досліджень експлуатаційних характеристик деталей автомобілів, виготовлених методами адитивного виробництва.

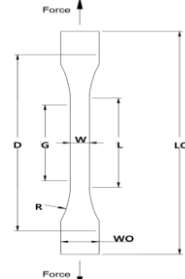
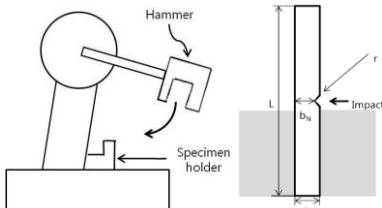
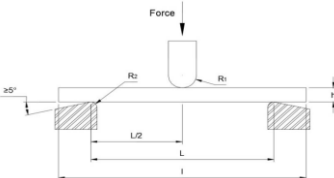

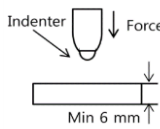
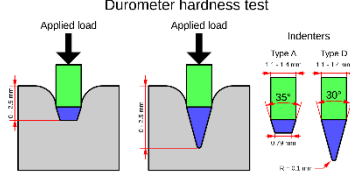
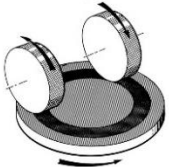
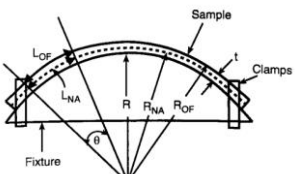
Виклад основного матеріалу дослідження

Традиційні технології виробництва визначають і традиційні підходи до його організації з метою забезпечення якості отриманих виробів. Відповідно до таких підходів виробництво має бути оснащене не тільки значною кількістю складного, дороговартісного обладнання з великою кількістю спеціалізованої оснастки, а й відповідною лабораторією, яка дозволяє проводити вимірювання всіх важливих експлуатаційних характеристик деталей з метою контролю якості виробництва.

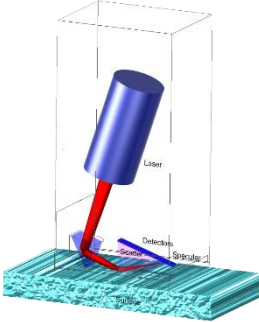
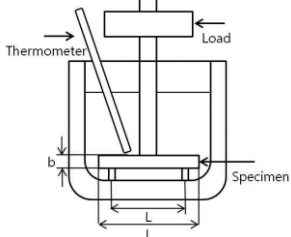
Однак, як зазначалося вище, переваги принципів, на яких базуються адитивні технології, дозволили створити відносно дешеве і просте в експлуатації обладнання (3D-принтери), яке дозволяє організувати виробництво деталей навіть на невеликих підприємствах чи їх підрозділах. Насамперед це стосується виготовлення деталей з полімерних матеріалів. У той же час існує проблема забезпечення експлуатаційних параметрів друкованих виробів та контролю їхньої якості. Результат друку залежить від великої кількості складно прогнозованих чинників. Тому рішення про заміну деталі,

виготовленої традиційним методом, на друковану деталь має базуватись на експериментальних вимірюваннях її характеристик. Методи отримання таких характеристик розроблені міжнародною організацією ASTM International [2], яка видає стандарти для матеріалів, продуктів, систем та послуг. У таблиці 1 наведено методи визначення основних експлуатаційних характеристик друкованих виробів з полімерних матеріалів відповідно до стандартів ASTM.

Таблиця 1 – Методи визначення експлуатаційних показників

Експлуатаційна характеристика	Метод дослідження	Схема вимірювання
Статична міцність	Tensile properties (ASTM D638)	
Динамічна міцність	Izod impact strength ASTM D256	
Деформація	Flexural properties (ASTM D790)	
Втомна міцність	ASTM D7774 – Flexural Fatigue Properties of PlasticsPlastic	
Твердість	Rockwell Hardness ASTM D785	
	Shore Hardness ASTM D2240	
Зносостійкість	Abrasion And Wear Resistance ASTM D4060	
Стійкість до агресивних середовищ	Chemical Compatibility ASTM D543	

Продовження таблиці 1

Старіння	Heat Aging of Plastics Without Load ASTM D3045	
Мікрогеометрія поверхні (Шорсткість)	Measuring the Effective Surface Roughness ASTM F1048-87(1999)	
Термостійкість	Heat Deflection Temperature ASTM D648	

Під час вибору методів досліджень головним чинником було забезпечення можливості отримання інформативних результатів з мінімальними затратами і використання найбільш простого обладнання. Всі зазначені в таблиці методи не потребують складного обладнання, вартість якого б перевищувала вартість самого 3D-принтера. Для прийняття рішення про впровадження адитивної технології у виробництво необхідно провести експертну оцінку експлуатаційних характеристик деталі, які будуть визначені та обрати відповідні методи їхнього визначення.

Висновки

У роботі запропоновано модель на основі експертних технологій для прийняття рішень про впровадження адитивного виробництва деталей автомобілів з полімерних матеріалів шляхом вибору методів досліджень їх експлуатаційних характеристик. Подальший розвиток даного дослідження дозволить розробити морфологічну матрицю, яка включатиме аналіз технологічних, експлуатаційних та конструкторських критеріїв деталей автомобілів з точки зору їхнього виготовлення методами адитивного виробництва.

Список літератури

1. I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker та M. Khorasani, Additive Manufacturing Technologies. Cham: Springer International Publishing, 2021. [Онлайн]. Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-56127-7>.
2. "ASTM Compass – Enterprise Solutions – Products & Services". ASTM International – Standards Worldwide. [Онлайн]. Режим доступу: https://www.astm.org/products-services/enterprise-solutions/astm-compass.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=astm+compass&utm_term=astm+compass&utm_content=astm+compass&utm_term=astm+compass&gclid=Cj0KCQiAyMKbBhD1ARIsANs7rEGzVAAtRTC7ff0Ip49D__HbD22Mojwo7Mhta9KJhIBCZsGnNwtbNouAaAnOWEALw_wcB.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВПЛИВУ НА СТІНКИ КУЗОВА ПІД ЧАС РОБОТИ ДВИГУНА МІСЬКОГО АВТОБУСА ІЗ ЗАДНЬОМОТОРНОЮ КОМПОНОВКОЮ

Юрій ВОЙЧИШИН¹, аспірант (PhD студент), Костянтин ГОЛЕНКО², канд. техн. наук,
Михайло БУР'ЯН¹, канд. техн. наук, Орест ГОРБАЙ¹, д-р техн. наук, проф.

¹Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)

²Хмельницький національний університет (Україна)

Ключові слова: мікроклімат, теплопровідність, конвекція, однорідна стінка, температурні поля

Вступ

При проектуванні транспортних засобів, зокрема автобусів, велику роль відіграє забезпечення комфортності як для пасажирів, так і для водія. Одним із факторів, що формує комфортність перевезень, є мікроклімат у салоні транспортного засобу. Адже мікрокліматичні умови можуть створити сприятливі умови для перевезення, а також забезпечити комфортні умови під час роботи водія, що в свою чергу забезпечує безпеку руху. Значні відхилення параметрів мікроклімату від нормативних можуть суттєво погіршити умови праці водія, що також може призвести до аварії.

Дослідженнями в галузі покращення мікрокліматичних умов проводяться як українськими, так і закордонними вченими, серед яких особливо слід відзначити праці О.П. Кравченка [1], Şaban Ünal [2], Ediz Cardak [3], С. Немого [4], Е.Е. Johansson [5], Л. Крайника [6] та інших.

Однією з особливостей даної галузі досліджень є те, що по суті неможливо створити загальноєдину міжнародну нормативну документацію, адже в різних країнах клімат є різним [6]. Отже, у багатьох країнах наявні свої внутрішньодержавні нормативні документації з параметрів мікроклімату, чого в Україні наразі немає.

Мета роботи

Дослідити вплив теплових процесів від роботи двигуна міського автобуса на елементи кузова та салону і визначити температурні поля біля мотовідсіку.

Виклад основного матеріалу дослідження

В Ansys Steady State Thermal вибрано параметри, які потім будемо використовувати для дослідження спрощенооднорідної стінки. Розглянемо односторонню стінку [7] товщиною δ , коефіцієнт теплопровідності якої сталий і становить λ . На поверхнях шару стінки підтримуються постійні температури t_{c1} та t_{c2} (рис. 1, 2).

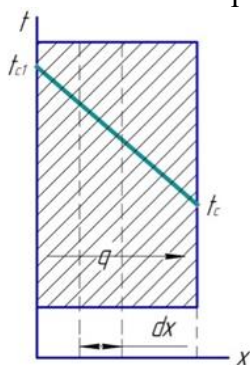


Рисунок 1 – Одношарова стінка

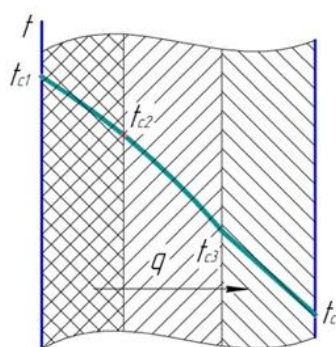


Рисунок 2 – Багатошарова стінка

Температура змінюється тільки в напрямку осі x . При цьому температурне поле є одновимірним, ізотермічні поверхні плоскі і розташовані перпендикулярно до осі x .

Виділивши площину товщиною dx всередині стінки на відстані x , обмежену двома ізотермічними поверхнями, відповідно до закону Фур'є, ми отримаємо залежності:

$$q = -\lambda \frac{dt}{dx} \text{ або } dt = -\frac{q}{\lambda} dx. \quad (1)$$

Знаючи діапазон температур у відповідних місцях, за допомогою 3-D моделі кузова

автобуса із задньомоторною компоновкою можна провести потрібний розрахунок за допомогою програмного середовища ANSYS-Fluent (рис. 3, 4) відповідно до вихідних даних, що наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Вихідні параметри для розрахунку

№	Параметр	Одиниця виміру	Значення
1	Температура двигуна	$^{\circ}\text{C}$	90
2	Конвекція зовнішньої поверхні (потік повітря)	$\text{W}/\text{m}^2\text{C}$	25
3	Конвекція поверхонь салону (статичне повітря)	$\text{W}/\text{m}^2\text{C}$	5

Конвекція зовнішніх поверхонь кузова в 5 разів вище, ніж внутрішня, для імітації повітряного потоку в реальних умовах експлуатації автобуса. Фізико-механічні властивості матеріалів відповідають відповідним у Ansys Engineering: сталь 20 для рами та елементів кузова: скло для вікон, панелі з вуглецевого волокна.

Для розрахунків в програмному середовищі було створено спрощену 3-D модель міського 12-метрового автобуса.

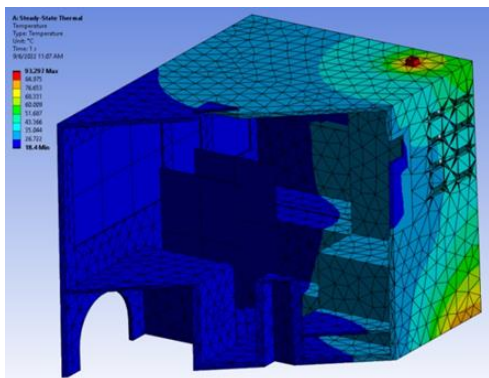


Рисунок 3 – Розподіл температур у задній частині автобуса (з середини салону)

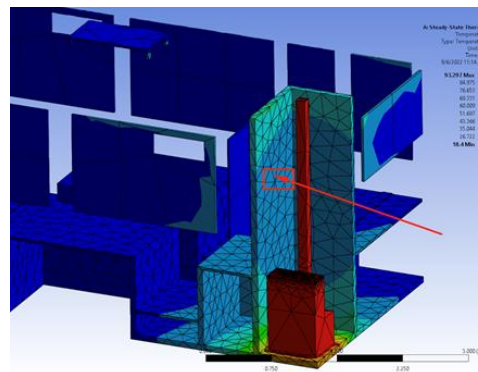


Рисунок 4 – Розподіл температур у мотовідсіку

Мета аналізу теплового випромінювання наступна: нам потрібно знати значення температури на вертикальній стінці (позначена область на рис. 4), яка розділяє секцію двигуна з салоном. Тому діапазон температур у зазначеному місці коливається в районі $30\text{-}50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Висновки

Тематика мікроклімату є сьогодні дуже актуальною, оскільки температурний стан в салоні автобуса забезпечує комфортні та безпечні перевезення пасажирів.

За допомогою комп'ютерного моделювання було визначено як впливає теплота, яка виділяється під час роботи двигуна автобуса, на моторний відсік та стінки кузова автобуса в задній частині автобуса. Проведені розрахунки показали, що перепад температур у досліджуваних місцях може знаходитися в діапазоні $30\text{-}50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Список літератури

1. Кравченко О.П., Чуйко С.П., “Дослідження теплового балансу салону автобуса у теплий період року”, *Вісник східноукраїнського національного університету ім. В.Далі*. № 3 (251), с. 101-106, 2019.
2. Şaban Ünal, “An Experimental Study on a Bus Air Conditioner to Determine its Conformity to Design and Comfort Conditions”, *Yildiz Technical University Press*, pp.1089-1101, 2017.
3. Mehmet Bilgili, Ediz Cardak, Arif Emre Aktas, “Thermodynamic Analysis of Bus Air Conditioner Working with Refrigerant R600a”, *European Mechanical Science*, №1(2), pp. 69-75, 2017.

4. С. Немий, М. Гинда, “Вплив конструктивних особливостей теплорозподільчих пристроїв на ефективність системи опалення автобусів”, *14-й міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові*, с. 84-85, 2019.

5. Edvin Eriksson Johansson, Maja Skärby, (2019). “Interior climate simulation of electric buses”, M. thesis, Dept. of Mech. Maritime Sciences Chalmers university of technology. Gothenburg, 60 p., 2019.

6. Л. Крайник, Ю. Гай, “Мікроклімат салону автобуса. Формування нормативної бази. Автобусобудування та пасажирські перевезення в Україні”, тези доповідей III-ої Всеукраїнської науково-практичної конференції, Львів, с. 14-15, 2018.

7. Wiesław Pudlik, “Wymiana i wzmienniki ciepła”, *Podręcznik dla studentów wydziałów mechanicznych specjalizujących się w technikach cieplnych i chłodniczych*, Gdańsk, Polska, 2012.

ВПРОВАДЖЕННЯ БЕЗПІЛОТНОГО ГРОМАДСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ

Едуард БУГЕРА¹, студент, Андрій ЛОБОДА¹, канд. техн. наук, доц.

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: пасажирські перевезення, безпілотні автобуси, безпілотний громадський автотранспорт

Вступ

Більшість міст світу намагаються уникнути проблем, що пов'язані зі зростанням населення, постійними заторами, погіршенням навколишнього середовища. Для цього необхідно зменшити викиди парникових газів і фундаментально змінити спосіб пересування громадян у годину пік. У наших силах запропонувати рішення, що допомогло б вирішити хоч частину з цих проблем:

По-перше, необхідно йти в ногу з часом і вкладати кошти в розвиток нових технологій та інфраструктури. В той час коли країни західної Європи, Америки, Азії активно тестують технології безпілотного автотранспорту, Україна досі користується пострадянськими тезами та їх нормативною базою – всі нові ініціативи, що треба було давно інтегрувати або оновити, спеціально гальмуються (через дорожнечу експериментів і тестів). Це є головною проблемою громадського транспорту в Україні, – все, що не приносить коштів бюджету міста, замінюється, скорочується, закривається; максимальна економія в будівництві, закупці, ремонті громадського транспорту та інфраструктури [7].

По-друге, Україна ставить у пріоритет ідею інтеграції з Європою, тому необхідно переходити на їхні стандарти. В ситуації, коли багато елементів інфраструктури, що напряду впливають на громадський транспорт, зруйновано (особливо в таких містах як Київ, Харків, Маріуполь), і в Україну по завершенню бойових дій буде направлено велику кількість коштів на розвиток, відбудову міст та інфраструктури, необхідно не просто користуватись сучасними технологіями, але й удосконалити їх на той рівень, щоб уже Україна могла експортувати свій досвід та розробки по світу. Необхідні експерименти в містах, що зачіпали б інтегрування безпілотного громадського транспорту в сфері необхідної мінімальної інфраструктури для запуску таких маршрутів, їхнього законодавчого опису, облаштування заводів, що б будували електробуси та їхні комплектуючі. На цьому поки зупинимося [11, 14].

Спостереження показують, що сьогодні створення безпілотних транспортних засобів набирає стрімких обертів за умов серйозних змагань провідних світових автомобільних концернів у боротьбі за майбутні ринки збуту. Незважаючи на те, що в умовах конкуренції таких всесвітньо відомих автогігантів, як Volvo, Mercedes, Audi, Tesla, BMW, Ford, Google, Yandex, General Motors, Volkswagen та інших виробників, переважна частина таких

складових, як бортові комп'ютери, програмне забезпечення, відеокамери, лідари, радары, сенсори, засоби GPS та інше обладнання є комерційною таємницею в умовах ринкової економіки, просування та успішність прориву і легалізації безпілотників не викликає сумніву [11-14].

Мета роботи

Загалом проблема полягає в тому, що такий транспорт, як трамвай вдається переобладнати на безпілотну основу, і питань щодо забезпечення його безпеки майже не виникає. Але з безпілотними автобусами й мікроавтобусами є дуже багато нюансів, на які треба окремо звертати увагу [3]. Тому метою даної роботи є огляд та аналіз систем і технологій для реалізації завдань «розумного міста» з застосуванням безпілотного громадського автотранспорту.

Виклад основного матеріалу дослідження

В ЄС та США проблеми виникають на законодавчому рівні, оскільки на сьогодні важко узгодити всі бюрократичні процеси без вдало інтегрованих прикладів. Обов'язково необхідно розробляти документи, що б поширювалися на всю країну (штат) і спиралися на встановлені норми ЄС (чи США). Виникає ситуація, коли окремо взяте місто, в якому складаються умови, що б дозволяли впровадити безпілотний автотранспорт, не може собі це дозволити через недосконалість існуючого законодавства [2, 5, 11, 13].

В Азії, наприклад, дуже важко запускати такі маршрути через недосконалість інфраструктури. Різке зростання кількості автомобілів, що провокує збільшення заторів та постійні порушення ПДР, значно ускладнює ситуацію на дорогах. Тому деякі маршрути Сінгапуру, Пекіну й Гонконгу виділили окрему смугу руху для громадського транспорту та впровадили безоплатний проїзд (це лише назва, насправді люди купляють один проїзний на місяць, що дозволяє курсувати вибраними маршрутами), що в результаті зменшило потік машин у години пік [6, 7].

В ОАЕ технологія безпілотного громадського транспорту буде частково інтегрована до 2035 року. Пов'язано це з дефіцитом компаній, які займаються розробкою програм, що б дозволяли курсувати безпілотному автотранспорту, й завдяки тому, що тести даного типу технології, в регіоні, розпочалися доволі пізно – після 2018 року. Ще однією проблемою країни є те, що безпілотний автотранспорт розробляється виключно для туристичних маршрутів [4, 11].

У теорії, розумне місто, в яке буде інтегрований безпілотний громадський електротранспорт, це панацея від основних проблем великих міст, що стосуються громадського транспорту [9].

• Покращення екології

Транспортний сектор відповідальний за майже чверть викидів парникових газів, тому необхідно стимулювати перехід громадян на електромобілі. Для цього необхідно покращувати інфраструктуру: облаштування місць для зарядок, збільшення кількості автосервісів, що ремонтували б електротранспорт [1, 4].

• Зменшення кількості ДТП

Смертність на дорогах – показник, який хочуть звести до мінімуму величезна кількість інженерів. Для безпілотного транспорту необхідно перебудувати не лише смугу для громадського транспорту (яка в наш час використовується людьми не за призначенням – просто перетворюється на паркінг), але й усе дорожнє полотно, що допоможе покращити видимість і забезпечити безпеку на потенційно небезпечних ділянках руху. Та й взагалі, автоматизований транспорт вважається більш безпечним видом транспорту завдяки саме виключенню людського фактору [9, 12].

• Збільшення туристичних маршрутів

Безпілотний транспорт сам по собі досі є диковинкою, яку варто побачити, але якщо пустити транспорт мальовничими туристичними маршрутами, це стимулюватиме збільшення туристів не лише з регіонів України, але й з-за кордону [13].

• Зменшення заторів

Якщо держава поставить у пріоритет розвиток саме громадського транспорту – це

гарантовано зменшить кількість заторів. При правильному підході, наприклад, зменшення цін на громадський транспорт у години пік, пропаганда переваг громадського транспорту, будівництво паркувальних майданчиків за містом, від яких ходять автобуси в різні частини міста, збільшення кількості штрафів за неналежну парковку в центрі міста. Так, люди, які мешкають за Києвом, могли б доїхати до парковки, пересісти на громадський транспорт, швидко доїхати спеціально відведеною смугою громадського транспорту до роботи і так само швидко повернутися додому. В часи, коли доступні каршерінг, оренда велосипедів і самокатів на кожному кроці в місті, проїзд у громадському транспорті оплачують просто валідуванням картки, люди швидко зрозуміють чому надати перевагу – всьому вищепереліченому чи багаточасовим заторам кожного дня [9, 10].

Якщо всі ці методи будуть заохочуватися державою, це стимулюватиме громадян частіше надавати перевагу громадському транспорту.

- Діджиталізація проїзду

Максимальна простота в користуванні громадським транспортом і збільшення функціоналу, дозволеного для використання громадянами (такого як вибір маршруту з точністю прибуття автобусу до хвилини, затримка автобусу на зупинці через програму Smart Сіті, автоматичне розгортання рампи для інвалідів, все в тій же програмі), дозволить вже Україні продавати свої знання в інші країни. Smart City – майбутнє, до якого необхідно прагнути [8, 11, 13].

Конструктивні особливості автопілотів наведені на рис.1. [4, 7, 8, 11].



Рисунок 1 – Конструктивні елементи, якими мають бути оснащені електробуси з автопілотом

Автономний автомобіль повинен знати з точністю до сантиметрів, де саме він знаходиться і що далі на дорозі поза зоною поточної фізичної видимості. У картографічній компанії Here відзначають, що карти високої точності – фундаментальний елемент на додаток до сенсорів і камер для того, щоб безпілотний автомобіль міг орієнтуватися в його оточенні [5, 8].

Карти повинні відображати і місце розташування автомобіля, і дозволити йому знати, що знаходиться далі, за поворотом, чого не можуть забезпечити камери та сенсори. Тоді автомобіль зможе вибудовувати не реактивну, а проактивну стратегію керування, говорить Алекс Манган (Alex Mangan), керівник продуктового маркетингу Here [5, 8].

Для тестування своїх безпілотних автомобілів Google, наприклад, попередньо сам

будує детальні 3D-карти на пілотних маршрутах, що враховують навіть невеликі особливості доріг. Для збору даних, на основі яких будуватиметься карта, співробітники компанії попередньо спеціально їздять дорогами. У випадку з тестовими маршрутами це посилене завдання, проте, коли потрібно створити карти для доріг завдовжки мільйони кілометрів, вона виглядає складно реалізованою. Особливо з урахуванням того, що одного разу створені карти необхідно підтримувати та оновлювати – картина на дорогах може змінюватися дуже часто [4, 8].

Спростити створення точних карт для автомобілів може співпраця з автовиробниками: їхні машини, оснащені сенсорами і радарми, можуть «ділитися» інформацією, що отримується з доріг, з розробниками картографічних сервісів. За рахунок цього карти могли б оновлюватись буквально в режимі реального часу (рис. 2) [4, 8, 10].

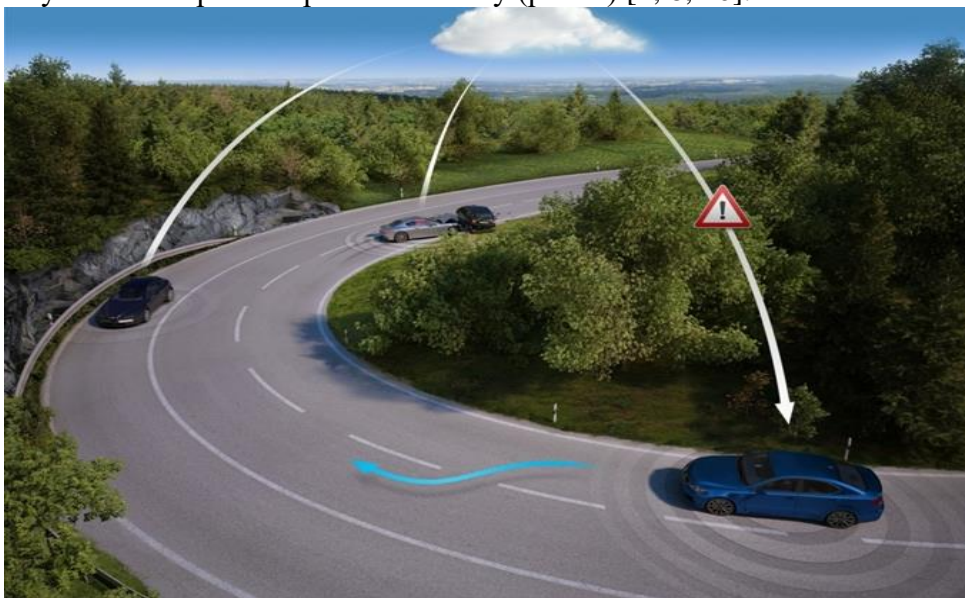


Рисунок 2 – Передача інформації між автомобілями

Висновок

Якщо зосередитися на підготовці інфраструктури для розумних міст, то це дасть безмежний простір для подальшого розвитку різноманітних ідей. Перспективи безпілотного громадського транспорту полягають у тому, що за глобального поширення таких технологій, як 5G, бездротова зарядка прокладена в окремій смузі міста (або смузі громадського транспорту), «транспортна соціальна мережа» та багато інших новинок в сфері ІТ зможуть з легкістю інтегруватися в новостворену сучасну систему транспорту. Адже ні для кого не секрет, що глобальна тенденція автоматизації та інтеграції штучного інтелекту в усі сфери діяльності людини рано чи пізно буде впливати і на громадський транспорт в тому числі.

Список літератури

1. Моральна дилема може загальмувати безпілотні автомобілі. – Режим доступу: <https://www.sciencenews.org/article/moral-dilemma-could-put-brakes-driverless-cars>

2. Опитування показує, що американці вважають себе чудовими водіями – звички розповідають іншу історію. – Режим доступу:

<https://www.prnewswire.com/news-releases/new-allstate-survey-shows-americans-think-they-are-great-drivers---habits-tell-a-different-story-126563103.html>

3. Автомобільна етика: безпілотні автомобілі повинні надавати пріоритет захисту людського життя, а не знищенню тварин або власності. – Режим доступу: https://www.theregister.com/2017/08/24/driverless_cars_ethics_laws_germany/

4. Hackers Could Use Connected Cars to Gridlock Whole Cities. – Режим доступу: <https://rh.gatech.edu/news/623759/hackers-could-use-connected-cars-gridlock-whole-cities>

5. Заохочення стійкого впровадження автономних транспортних засобів для громадського транспорту в Бельгії: сприйняття громадянами, бізнес-моделі та політичні аспекти. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/2/921/htm>
6. Штучний інтелект під капотом. Компанія Volvo Buses представила автобус без водія в Азії. – Режим доступу: <https://www.sustainable-bus.com/news/artificial-intelligence-under-the-bonnet-volvo-buses-unveiled-the-first-driverless-bus-in-singapore/>
7. Автономні автобуси в громадському транспорті, майбутнє без водіїв? – Режим доступу: <https://www.sustainable-bus.com/its/autonomous-bus-public-transport-driverless/>
8. Euro NCAP запускає систему оцінювання водіння автопілотів. – Режим доступу: <https://www.euroncap.com/en/press-media/press-releases/euro-ncap-launches-assisted-driving-grading/>
9. When Should Your Driverless Car From Google Be Allowed To Kill You? – Режим доступу: <https://www.forbes.com/sites/timworstall/2014/06/18/when-should-your-driverless-car-from-google-be-allowed-to-kill-you/?sh=70aed51cfa5b>
10. Етика автономних автомобілів. – Режим доступу: <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2013/10/the-ethics-of-autonomous-cars/280360/>
11. What If Your Autonomous Car Keeps Routing You Past Krispy Kreme? – Режим доступу: <https://finance.yahoo.com/news/autonomous-car-keeps-routing-past-130800241.html?guccounter=1>
12. ФБР попереджає, що безпілотні автомобілі можуть використовуватися як "смертельна зброя". – Режим доступу: <https://www.theguardian.com/technology/2014/jul/16/google-fbi-driverless-cars-leathal-weapons-autonomous>
13. Чи змусять безпілотні автомобілі вибирати між життям і роботою? – Режим доступу: <https://www.forbes.com/sites/chunkamui/2013/12/19/will-the-google-car-force-a-choice-between-lives-and-jobs/?ss=future-tech&sh=4344eb143995>
14. Подайте до суду на мою машину, а не на мене: відповідальність за аварії з участю автономних транспортних засобів. – Режим доступу: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2352108

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ МАЩЕННЯ МОТОРНИХ ОЛИВ ДЛЯ ДИЗЕЛІВ ПРЯМОГО ВПОРСКУВАННЯ

Олександр МІЛАНЕНКО¹, канд. техн. наук, доц., Андрій БОБРО¹, аспірант (PhD студент)

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: дизельний двигун, моторна олива, пряме впорскування

Вступ

На сьогодні ситуація суттєво змінилася: кожен виробник готовий запропонувати вам на вибір кілька варіантів дизельних двигунів, виготовлених за технологією майбутнього. Написи CDi, TDi, HDi, SDi приховують за собою альтернативу, яка більш перспективна порівняно з бензиновими двигунами. Отже, ці написи позначають використання прямого впорскування палива в камеру згоряння (англ. Direct Injection), що забезпечує оптимальний ККД.

Найважливішим компонентом дизеля, що визначає надійність та ефективність його роботи, є система живлення паливом. Основна її функція – подача строго певної кількості

пального у заданий момент та з необхідним тиском за певною програмою, що дозволяє зараз сучасна електроніка. Тому за високого тиску палива та вимог до точності роблять таку паливну систему дизеля складною та дорогою, але високоефективною.

Метою роботи є дослідження спеціальних модифікаторів тертя, що додаються в моторні оливи, в рамках визначення їхніх протизношувальних і антифрикційних властивостей для змащування вузлів тертя сучасних дизельних двигунів прямого впорскування для попередження низько-швидкісного попереднього запалювання.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для отримання необхідних результатів використовувалися результати попередніх досліджень [1-7].

Технологія впорскування порівняно молода. За її основу було взято систему подачі палива Common Rail, розроблену компанією BOSCH у 1993 році. Принцип роботи системи полягає в тому, що 2 форсунки, з'єднані єдиним каналом, нагнітають паливо-повітряну суміш під високим тиском. Однією з перших цю систему стали використовувати компанія Daimler-Benz, позначивши свої двигуни аббревіатурою CDI. Почавши з дизеля Mercedes-Benz A-class, аналогічними двигунами оснастили B, C, S, E-class, а також позашляховики серії -ML. Факти говорять самі за себе. Mercedes-Benz класу C220 з дизельним двигуном -CDI з робочим об'ємом 2151 см³ та потужністю 125 к.с., з механічною коробкою передач споживає в середньому 6,1 л дизельного палива на 100 км. Така низька витрата палива при ємності бака 62 літри дозволило автомобілю проходити до тисячі кілометрів без дозаправки!

Сучасні дизельні двигуни прямого впорскування із системою подачі палива Common Rail мають покращену паливну ефективність та збільшення потужності з урахуванням зменшеного об'єму двигуна. Але збільшення потужності двигуна призводить до підвищення чутливості до попереднього низько-швидкісного запалювання (Low Speed Pre-Ignition – LSPI).

LSPI – явище, характерне для сучасних дизельних двигунів прямого впорскування, в яких за середніх навантажень і середніх обертів відбувається самозаймання паливо-повітряної суміші на середині такту стиснення. Ефект пов'язаний з потраплянням у камеру згоряння найдрібніших частинок моторної оливи, що може викликати стукіт двигуна, а у важких випадках – катастрофічні ушкодження двигуна. У 2018 році в рамках Європейської класифікації ACEA 2016 була розроблена спеціальна категорія SN+ на моторну оливу для турбованих двигунів, обладнаних прямим впорскуванням палива. Такі оливи запобігають попередньому низько-швидкістному запалюванню суміші в циліндрі (LSPI).

Оскільки в Україні ще не велися і не ведуться спеціальні випробування на відповідність категорії SN+ згідно з ACEA-2016 щодо створення моторних олив даної категорії, пропонується розглянути методіку спеціальних триботехнічних досліджень на трибометрі CSM Instruments SA (Швейцарія). Згідно із запропонованою методикою, на трибометрі були встановлені кращі протизношувальні і антифрикційні властивості спеціальних беззолних ZnFree трибопакетів для змащування дизелів прямого впорскування моторними оливами, які відповідають категорії SN+ згідно з ACEA-2016, а вони, як відомо, мають понижений клас в'язкості на рівні 0W-20, 0W-30, 5W-20 або 5W-30.

Для дослідження триботехнічних властивостей моторних олива категорії SN+ проведено комплексні лабораторні випробування на трибометрі CSM Instruments SA, при цьому, були використані наступні зразки:

зразок №1 – I-40A – нейтральна базова олива мінерального походження;

зразок №2 – I-40A + 0,6 % модифікатора тертя на основі дітіофосфату цинку (ДФЦ);

зразок №3 – I-40A + 0,05 % беззолного (Zn-Free) модифікатора тертя на основі фосфідно-сульфідних сполук для запобігання LSPI.

В якості досліджуваного матеріалу було обрано кульку діаметром $D = 6$ мм зі сталі 304. Температура дослідження $t = 20^{\circ}\text{C}$ та 70°C . Вертикальне навантаження = 59,03 Н. Вологість повітря – 75 %. Кількість надходження елементів зношування (об'ємний знос) визначалася за різницею (ΔH) середніх значень. Антифрикційні властивості (коефіцієнт тертя) визначалися за числовим значенням f . Експеримент проводився з метою визначення об'ємного зносу та

коефіцієнту тертя залежно від пробігу впродовж 7500 м. Для оптимальної достовірності отриманих результатів було зроблено 7 паралельних вимірювань. За середніми значеннями проводилася відповідна вибірка результатів.

Для комплексного підвищення триботехнічних властивостей моторних олива категорії SN+ використовуються модифікатори тертя для покращення протизношувальних і антифрикційних властивостей, характерних для дизельних двигунів прямого впорскування.

1. Визначення протизношувальних характеристик модифікаторів тертя

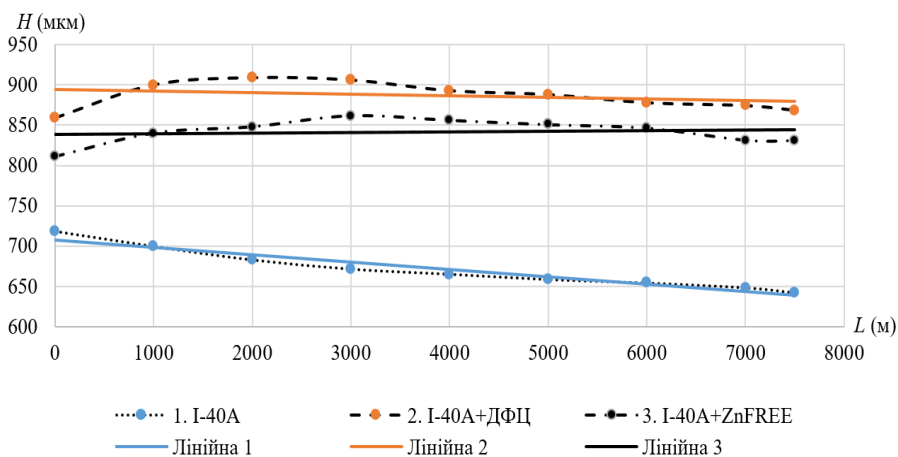


Рисунок 1 – Залежність об'ємного зносу від пробігу при $t = 20^{\circ}\text{C}$ для досліджуваних зразків

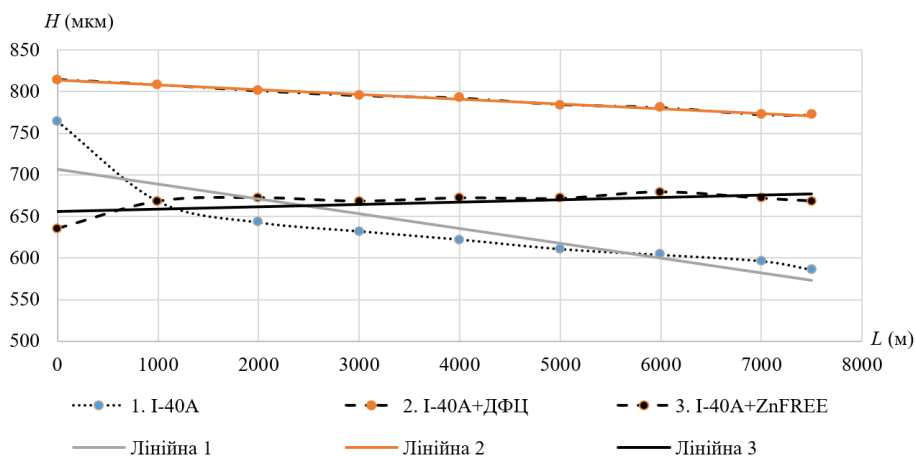


Рисунок 2 – Залежність об'ємного зносу від пробігу при $t = 70^{\circ}\text{C}$ для досліджуваних зразків

Із трьох зразків найбільша інтенсивність надходження елементів зношування (об'ємний знос) при локальному нагріві оливи до 70°C характерна для базової оливи I-40A без присадок (рис. 2, крива 1). За локального нагріву до 70°C інтенсивність надходження елементів зношування значно збільшується порівняно з температурою при 20°C , що пояснюється відсутністю захисних плівок у базовій оливі I-40A.

Крива 3 має більш пологі характеристику надходження елементів зношування порівняно з кривою 2, що пояснює кращі протизношувальні властивості беззолної присадки, що не містить цинк, в умовах локального нагріву до 70°C (рис. 2).

Результати дослідження є важливими, оскільки органічні сполуки на основі сульфідів та фосфідів проявляють кращі протизношувальні властивості як при $t = 20^{\circ}\text{C}$, так і при локальному нагріві оливи до 70°C (рис. 1-2, крива 3), незважаючи на те, що дані присадки містять мінімальну кількість фосфору й сірки, не містять металовмісні сполуки, і тому можуть бути рекомендовані для змащування вузлів ЦПГ ДВЗ прямого впорскування з метою запобігання LSPI.

2. Визначення антифрикційних характеристик модифікаторів тертя

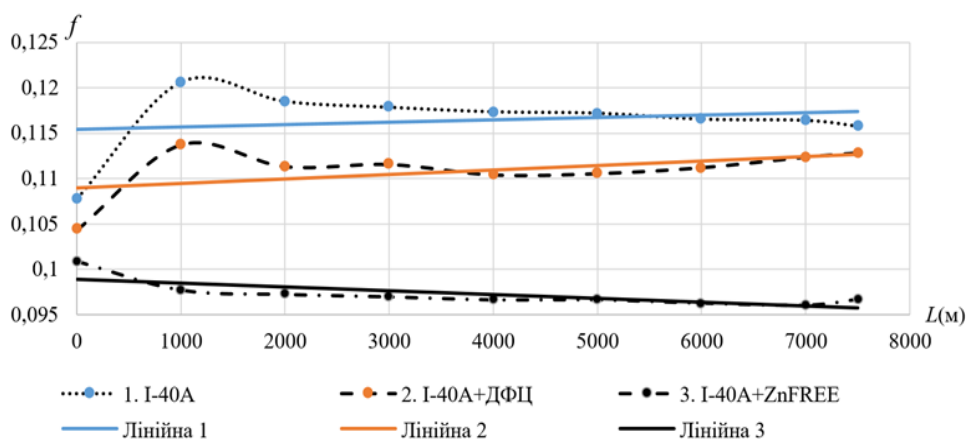


Рисунок 3 – Залежність коефіцієнту тертя від пробігу при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ для досліджуваних зразків

Із трьох зразків найбільший початковий коефіцієнт тертя характерний для базової оливи I-40A без присадок (рис. 3, крива 1) та зразка 2 з ДФЦ (рис. 3, крива 2). Тобто, антифрикційні властивості зразка 3 (рис. 3, крива 3) має найменший початковий коефіцієнт тертя, що пояснює кращі антифрикційні властивості при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

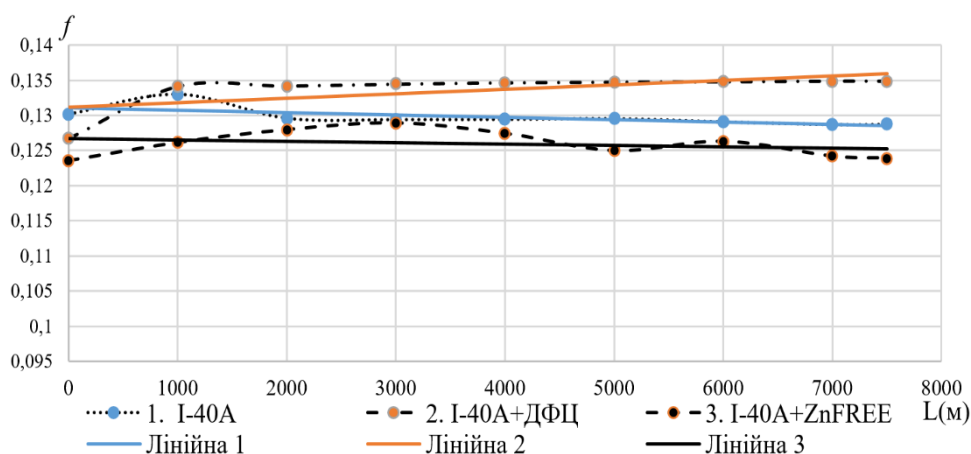


Рисунок 4 – Залежність коефіцієнту тертя від пробігу при $t = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ для досліджуваних зразків

Із трьох зразків найбільший початковий коефіцієнт тертя характерний для базової оливи I-40A без присадок та з присадкою ДФЦ (рис. 4, криві 1 і 2) при локальному нагріві оливи до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Мінімальний початковий коефіцієнт тертя фіксується для зразку 3 (рис. 4, крива 3), який містить беззольний (Zn-Free) модифікатор тертя, що пояснюється кращими антифрикційними властивостями.

У подальшому, при локальному нагріві оливи до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ впродовж всього часу пробігу, спостерігається стабілізація антифрикційних властивостей для всіх зразків. Головним чинником стабілізації коефіцієнту тертя для всіх зразків при локальному нагріві оливи до $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ впродовж всього часу пробігу є створення за таких умов оптимальної еласто-гідродинамічної плівки, яка позитивно впливає на антифрикційні властивості.

Висновки

Отже, встановлені кращі протизношувальні й антифрикційні властивості зразка 3, що містить сульфідно-фосфідні сполуки та не містить металоорганічні сполуки (цинк), дають можливість розробляти за запропонованою методикою спеціальні моторні оливи категорії SN+ з кращими триботехнічними характеристиками для запобігання попереднього низько-

швидкісного запалювання LSPI для сучасних дизельних двигунів, оснащених системою прямого впорскування палива.

Список літератури

1. Підвищення надійності транспортних засобів шляхом застосування модифікаторів тертя / М.Ф. Дмитриченко, О.А. Міланенко, О.М. Білякович, А.М. Савчук, Ю.О. Туриця. – К.: НТУ. – 2017. – 104 с.
2. Триботехнічні характеристики мастильних матеріалів в умовах експлуатації машин і механізмів / Дмитриченко М.Ф., Білякович О.М., Савчук А.М., Міланенко О.А., Туриця Ю.О. – К.: НТУ. – 2016. – 124 с.
3. Dmitrichenko, N.F., Bilyakovich, O.N., Savchuk, A.N., Milanenko, A.A., Turitsya, Y.A. (2018). The Effect of Rheological Parameters on the Tribotechnical Characteristics of Modified I-40A Oil. *Journal of Friction and Wear*, 39(2), pp. 164-168.
4. Dmitrichenko, N.F., Milanenko, A.A., Hluchonets, A.A., Minyaylo, K.N. (2017). A technique for forecasting the durability of rolling bearings and the optimum choice of lubricants under flood-lubrication and oil-starvation conditions. *Journal of Friction and Wear*, 38(2), pp. 126-131.
5. Dmitrichenko N.F., Savchuk A.N., Milanenko O.A., Turitsya Yu.O. (2016). Method of determining the lubricating and antifriction characteristics of oils based on estimating their rheological characteristics under nonstationary conditions of lubrication. *Journal of Friction and Wear*, 37(1), pp. 146-150.
6. Dmitrichenko, N.F., Milanenko, A.A., Savchuk, A.N., Bilyakovich, O.N., Turitsa, Y.A., Pavlovskiy M.V. (2016). Improving the efficiency of lubricants by introducing friction modifiers for tracked vehicles under stationary conditions of friction. *Journal of Friction and Wear*, 37(2), pp. 441-447.
7. Дмитриченко М.Ф., Міланенко О.А., Туриця Ю.О., Міняйло К.М. Науковий твір «Методика визначення оптимальної клонцентрації наномодифікатора в універсальних моторно-трансмісійних оливах» (Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 64565 дата реєстрації 21.03.2016).

ДОСЛІДЖЕННЯ ОЦІНКИ ВАГОМОСТІ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПОКАЗНИКИ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ АВТОМОБІЛЯ БТР-70

Олександр ДИКИХ¹, аспірант (PhD студент)

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: автомобіль, трансмісія, тягово-швидкісні властивості, паливна економічність

Вступ

При проектуванні або модернізації автомобіля йому надають певних властивостей, які називають потенційними. Такі функціональні властивості забезпечують автомобілю можливість виконувати функції, визначені його транспортним призначенням.

Система «двигун-трансмісія» визначає ступінь пристосованості автомобіля до найбільш ефективного його використання, тобто ступінь реалізації його потенційних властивостей у конкретних умовах експлуатації. Останнім часом ця проблема все частіше розглядається під кутом зору тягово-швидкісних властивостей, паливної економічності і екологічної безпеки.

Мета роботи

Дослідження оцінки вагомості факторів, що впливають на показники тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобіля БТР-70, при визначенні передаточних відношень коробки передач за різними законами і методиками.

Виклад основного матеріалу дослідження.

При виборі критеріїв для оцінки передаточних відношень трансмісії або закону вибору цих відношень необхідно добиватися того, щоб абсолютні значення критеріїв були одного порядку, бо в противному випадку один із критеріїв може перевищити всі останні, а це, в свою чергу, не забезпечить оптимальних показників тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобіля. У роботі [1] під час аналізу впливу передаточних відношень трансмісії на показники тягово-швидкісних властивостей було запропоновано порівнювати кожний показник з еталоном, у якості якого розглядався кращий з усіх можливих варіантів, прийнятих до аналізу. Завдяки цьому забезпечується вимога до показників, щоб вони були одного порядку. При визначенні показників паливної економічності, щоб вони були одного порядку, їх можна віднести до одного кілометра. Тоді для оцінки тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобіля приймемо наступні критерії:

K_1 – відносний час розгону до $V = 90$ км/год; K_2 – відносний шлях розгону до $V = 90$ км/год, м; K_3 – відносний час розгону на четвертій передачі, с; K_4 – відносний шлях розгону на четвертій передачі, м; K_5 – відносна середня швидкість, м/с; K_6 – відносне max. прискорення при розгоні, м/с²; K_7 – відносний max. динамічний фактор на четвертій передачі; K_8 – відносна усталена швидкість на затяжних підйомах (3 %), м/с; K_9 – відносна довжина динамічно долаємого підйому (3 %), м; Q_1 – контрольна витрата, л/км; Q_2 – витрата палива в процесі розгону до максимальної швидкості руху, л/км; Q_3 – середня кілометрова витрата палива на заданому маршруті, л, за таких параметрів закону розподілу: $m_\psi = 0,022$; $\sigma_\psi = 0,012$; Q_4 – середня кілометрова витрата палива на заданому маршруті, л, за таких параметрів закону розподілу: $m_\psi = 0,12$; $\sigma_\psi = 0,02$.

Такий вибір показників тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності обумовлений тим, що всі вони, крім середньої швидкості руху і середньої витрати палива на заданому маршруті, можуть бути отримані шляхом розв'язання диференціального рівняння руху автомобіля і рівняння витрати палива.

Зауважимо, що вибрані критерії не є обов'язковими при модернізації різних автомобілів, і залежно від цілей, які ставить перед собою дослідник, і умов експлуатації ці критерії можуть змінюватися. Проте, за таких обраних критеріїв, як показує аналіз, критерії $K_5 - K_9$ повинні досягати свого максимального значення, а критерії $K_1, K_2, K_3, K_4, Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$ – свого мінімального значення. Кожний із перелічених критеріїв є функцією передаточних відношень коробки передач, тобто $K_i = f_i(u_{k1}, u_{k2}, \dots, u_{kn})$ і $Q_i = f_2(u_{k1}, u_{k2}, \dots, u_{kn})$, таблиця 1. У даній таблиці відсутні значення максимального динамічного фактору, максимального долаємого підйому, максимальної швидкості руху, бо вони однакові для автомобіля з усіма можливими коробками передач (передаточні відношення першої і п'ятої передач для всіх законів і методик однакові).

Таблиця 1– Показники тягово-швидкісних властивостей автомобіля

№ п/п	Назва показника	Відносне значення показника						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Час розгону до $V = 90$ км/год, м	0,99	0,61	0,99	0,93	0,84	0,94	1,00
2	Шлях розгону до $V = 90$ км/год, м	0,99	0,71	0,99	0,92	0,83	0,93	1,00
3	Час розгону на четвертій передачі, с	0,87	0,95	0,41	0,40	1,00	0,94	0,60
4	Шлях розгону на четвертій передачі, м	0,89	0,95	0,33	0,32	1,00	0,68	0,46
5	Середня швидкість, м/с	0,75	0,66	0,97	1,00	0,96	0,96	1,00
6	Max. прискорення під час розгону, м/с ²	1,00	0,96	0,86	0,88	0,85	0,90	0,82

№ п/п	Назва показника	Відносне значення показника						
		1	2	3	4	5	6	7
7	Мах. динамічний фактор на четвертій передачі	0,611	1,000	0,515	0,473	0,649	0,724	0,522
8	Усталена швидкість на затяжних підйомах (3 %), м/с	0,81	0,49	1,00	0,99	0,74	0,68	0,91
9	Довжина динамічно доланого підйому (3 %), м	0,82	0,86	0,90	0,91	0,88	0,95	1,00

Примітка: 1 – геометрична прогресія, 2 – арифметична прогресія, 3 – динамічний ряд, 4 – гармонійний ряд, 5 – за мінімальною витратою палива, 6 – за мінімального шляху розгону, 7 – за методикою А.А.Токарева

У табл. 2 наведені критерії паливної економічності для автомобіля БТР-70 з коробкою передач, передаточні числа якої підібрані за різними законами і методиками, табл. 1.

Таблиця 2– Показники паливної економічності автомобіля

№ п/п	Назва показника	Відносне значення показника						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Контрольна витрата палива, л/км	0,99	0,61	0,99	0,93	0,84	0,94	1,00
2	Витрата палива при розгоні V=90 км/год, л	0,99	0,71	0,99	0,92	0,83	0,93	1,00
3	Витрата палива на маршруті, $m_v=0,022$; $\sigma_v=0,012$, л	0,87	0,95	0,41	0,40	1,00	0,94	0,60
4	Витрата палива на маршруті, $m_v=0,12$; $\sigma_v=0,02$	0,89	0,95	0,33	0,32	1,00	0,68	0,46

За результатами розрахунків обрані критерії для автомобіля БТР-70 з коробкою передач, передаточні числа якої підібрані за різними законами і методиками, таблиця 1. У даній таблиці відсутні значення максимального динамічного фактору, максимального доланого підйому, максимальної швидкості руху, бо вони однакові для автомобіля з усіма можливими коробками передач (передаточні відношення першої і п'ятої передачі для всіх законів і методик однакові).

Для оцінки вагомості факторів, що впливають на показники тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобіля БТР-70, було залучено восьмеро провідних спеціалістів у галузі автомобілебудування і експлуатації спеціальних автомобілів високої прохідності. Ступінь придатності спеціаліста до експертизи по анкетному опитуванню визначалася за коефіцієнтом компетентності [2]. Сформована робоча група експертів мала коефіцієнт компетентності на рівні $M = 0,705$, що свідчить про її достатній рівень для проведення такого виду робіт, а коефіцієнт конкордації склав $0,763$, що свідчить про високу узгодженість думок експертів.

На думку експертів вагові коефіцієнти критеріїв тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобіля склали: $K_1 = 0,05$; $K_2 = 0,05$; $K_3 = 0,05$; $K_4 = 0,05$; $K_5 = 0,12$; $K_6 = 0,05$; $K_7 = 0,10$; $K_8 = 0,08$; $K_9 = 0,05$; $Q_1 = 0,15$; $Q_2 = 0,05$; $Q_3 = 0,12$; $Q_4 = 0,08$.

Для автомобіля, що розглядається, найбільш важливими є такі критерії: із тягово-швидкісних – K_5 , K_7 , K_8 , а з паливної економічності – Q_1 і Q_3 .

Обрані критерії залежать як від передаточного відношення однієї передачі, так і всього діапазону передаточних чисел того чи іншого ряду. Критерії тягово-швидкісних властивостей K_i та паливної економічності Q_i є основою для багатокритеріальної оптимізації ряду передаточних чисел трансмісії автомобіля.

Якби всі критерії K_i і Q_i залежали б тільки від передаточного відношення однієї передачі, то передаточне число кожної передачі слід було б шукати як число, яке задовольняє комплексному показнику, що враховує мінімуми функцій K_1 , K_2 , Q_1 , Q_2 , Q_3 , $Q_4 = f_1(u_{ki})$ і максимуми функцій K_3 , K_4 , K_5 , K_6 , K_7 , K_8 , $K_9 = f_2(u_{ki})$ з урахуванням вагомості кожного

з критеріїв. Це був би одномірний, добре вивчений пошук, який дозволив би визначити чи то оптимальні передаточні числа ряду, чи то закон, який найбільш повно відображає вимоги до передаточних відношень коробки передач. Проте, для реального автомобіля і реальних умов експлуатації показники як тягово-швидкісних властивостей, так і паливної економічності залежать не тільки від одного конкретного передаточного відношення ряду, а й від суміжних.

Висновки

1. Запропоновані критерії для оцінки впливу передаточних відношень коробки передач на показники тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності при модернізації автомобіля БТР-70.

2. Визначено узагальнюючий критерій оптимальності – цільову функцію. За отриманими значення цільової функції для всіх варіантів визначення передаточних чисел коробки передач встановлено, що кращі показники тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності забезпечуються за умови вибору передаточних чисел коробки передач за скорегованим законом геометричної прогресії і за мінімальною витратою палива.

Список літератури

1. Сахно В.П. До вибору типа автомобіля-тягача для автопоїзда великої вантажопідйомності / В.П. Сахно, В.М. Поляков, І.С. Мурований, С.М. Шарай // Вісник машинобудування та транспорту: науковий журнал / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет – Вінниця: ВНТУ, № 2(10), 2019. – С. 120-125.

2. Савостін-Косяк Д.О. Оцінка технічного стану міських автобусів за показником витрати палива: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.20 / Національний транспортний університет. – К., 2019. – 20 с.

ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МЕХАНІЗМУ КОРЕГУВАННЯ КУТІВ ВСТАНОВЛЕННЯ КЕРОВАНИХ КОЛІС ПЕРЕДНЬОПРИВІДНОГО АВТОМОБІЛЯ КАТЕГОРІЇ М1

Юрій ГАЛАЙДА¹, голова циклової комісії професійних дисциплін спеціальності
274 «Автомобільний транспорт»

¹Відокремлений структурний підрозділ «Бердянський машинобудівний фаховий коледж»
Національного університету «Запорізька політехніка» (Україна)

Ключові слова: кут сходження, бічна сила, пасивне регулювання, дорожні умови, режим руху

Вступ

Процес контактної взаємодії колеса з опорною поверхнею істотно впливає на керованість, стійкість, тягово-швидкісні властивості автомобіля, паливну економічність та довговічність шин. Таким чином, ефективність колісних машин, загалом, залежить від вибору раціональних параметрів елементів конструкції керуючого колісного модуля.

Покращення активної безпеки сучасних автотранспортних засобів досягається шляхом подальшого розвитку конструкції керуючого колісного модуля. Безпека руху визначається активною і пасивною безпекою автомобілів, дорожньою інфраструктурою і водієм. Що стосується автомобіля, то його конструкція повинна насамперед задовольняти вимогам активної безпеки, що знижує вірогідність виникнення ДТП. За останнє десятиліття, завдяки широкому застосуванню автоматичних систем, що роблять автомобіль адаптивним до умов експлуатації, сталося певне підвищення рівня активної безпеки сучасних автомобілів, проте резерви в цьому напрямі ще досить великі.

Передусім ці невикористані резерви ховаються в шасі автомобіля, тобто у його ходовій частині, трансмісії і механізмах управління, оскільки параметри саме цих складових визначають поведінку автомобіля в тій або іншій дорожній ситуації і значною мірою

визначають його активну безпеку. Активна безпека характеризується такими експлуатаційними властивостями автомобіля, як його стійкість, керованість і гальмівна динамічність.

Мета роботи

Покращення стійкості руху, експлуатаційних показників передньопривідних легкових автомобілів категорії М1 шляхом впровадження системи автоматичного корегування оптимального значення кутів збіжності керованих коліс автомобіля з електромеханічним приводом, що дозволить комплексно покращити стійкість руху автомобіля в режимах прискорення і гальмування при поліпшенні (чи збереженні) динамічності руху.

Результати дослідження

Насамперед виникає необхідність вирішити питання щодо можливості застосування системи автоматичного корегування кутів встановлення керованих коліс та визначення структурної схеми керування сходженням керованих коліс передньопривідного автомобіля.

Отже, в роботі визначено:

об'єкт дослідження – зміна кутів сходження коліс передньопривідного автомобіля категорії М1 залежно від режимів руху та експлуатаційних факторів;

предмет дослідження – вплив зовнішніх параметрів і конструктивних параметрів автомобіля на зміну кутів збіжності коліс під час руху автомобіля на стійкість і керованість автомобіля паливну економічність та знос шин за різних режимів експлуатації.

Літературний огляд за темою дослідження показав, що достатня для проведення аналізу кількість наукових праць присвячена кутам встановлення керованих коліс, а саме: їх впливу на стабілізацію коліс, опір руху автомобіля, знос шин, витрату палива і на інші експлуатаційні властивості.

Питанню дослідження кутів встановлення коліс транспортних засобів присвячені роботи вітчизняних та зарубіжних вчених. Серед проаналізованих робіт праці В.І. Рассохи, В.О. Іларіонова, А.С. Літвінова, Р.В. Ротенберга, Б.С. Фалькевича, Я.М. Певзнера, Ю.А. Єчеїстова, Г.А. Гаспарянца, Г.А. Смірнова, Є.В. Кленнікова та інших науковців.

Проведений огляд останніх наукових досліджень та результати дорожніх випробувань, виконаних спільно з ПАТ «ЗАЗ», дозволили з'ясувати характер зміни кутів сходження коліс під час руху автомобіля.

Головною складністю впровадження системи активного корегування кутів встановлення керованих коліс є відсутність розробленого процесу регулювання кутів сходження керованих коліс та працездатних механізмів регулювання кутів сходження під час руху автомобіля. Таким чином, на підставі аналізу досліджень впливу кутів установки керованих коліс можна зробити висновок, що ці кути найбільш суттєвий вплив роблять на наступні експлуатаційні показники: стійкість під час руху; керованість; витрати палива; знос шин.

Найбільший вплив на знос шин робить кут збіжності керованих коліс, що викликає необхідність стабілізації величини цього параметра і своєчасного його корегування під час руху автомобіля. З частотою зміни кута збіжності коліс інтенсивність зносу шин зростає в 10-15 разів. Зростає також знос деталей підвіски і рульового управління. Розрахунки і експериментальні дослідження показують, що приведення нормативів до значень, що відповідають мінімуму енергетичних витрат, дозволить отримати економію палива від 4 до 6 % на кожну машину.

Головною складністю впровадження системи активного корегування кутів встановлення керованих коліс є відсутність розробленого процесу корегування кутів сходження керованих коліс та працездатних механізмів стабілізування кутів сходження під час руху автомобіля.

Оскільки вплив зовнішніх факторів на зміну кута сходження є суттєвим, конструкторами були запропоновані кінематичні схеми підвісок автомобіля, які надають можливість компенсувати зменшення кута сходження під час гальмування та при відпрацюванні зазорів у деталях рульового керування. Деякі конструкції передбачають застосування додаткових шарнірів у підвісці, що надають можливість доводити колеса під

час гальмування. Загалом, за рекомендаціями В.І. Рассохи [1] та Є.В. Бондаренка [2], такі методи об'єднано в пасивні методи регулювання кутів сходження коліс під час зміни режиму руху (рис. 1, 2).

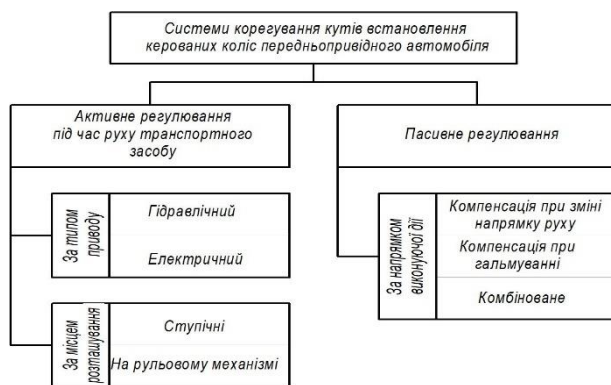


Рисунок 1 – Системи корегування кутами встановлення керованих коліс



Рисунок 2 – Фактори, що впливають на динамічні кути встановлення керованих коліс під час руху транспортного засобу

Активні методи компенсації кута сходження керованих коліс на теперішній час не знайшли широкого застосування в серійному автомобілебудуванні, але протягом останнього десятиліття був розроблений ряд пристроїв, які здійснюють контроль і регулювання сходженням керованих коліс автомобіля під час руху: А.Н. Зиковим і В.Н. Зиковим (а.с.453604), Н.М. Кисліциним і Ю.В. Максимовим (а.с.477331), М.В. Морозовим, А.А. Жірновим і Ф.М. Судаком (а.с.652463, 746242, 927614); В.І. Рязанцевим і А.М. Жуковим, В.А. Бонжаренко та В.І. Рассоха (патент Росії 2333470).

Розглядаючи процес корегування кутів встановлення керованих коліс під час руху транспортного засобу як процес керування, отримуємо структурну схему процесу корегування кутів встановлення керованих коліс під час руху (рис. 3).

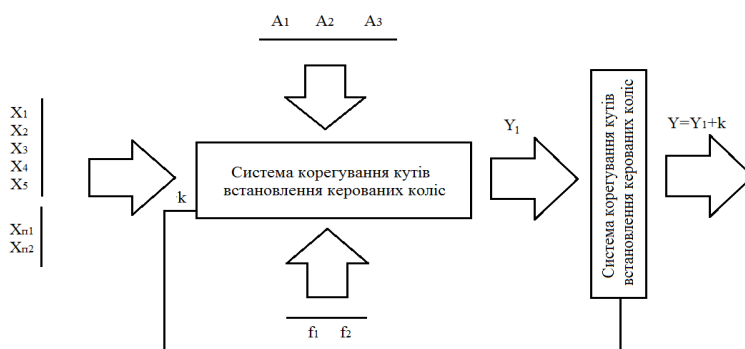


Рисунок 3 – Структурна схема коригування величини кутів встановлення керованих коліс

Кількість факторів, що впливають на величину динамічного кута сходження, достатньо висока, і головною метою дослідження дійсно є визначення найбільш впливових факторів та

засобів їх контролю під час руху автомобіля.

Вектор параметрів, що можуть змінюватись, складається з факторів, які можна регулювати: X_1 – статична величина сходження керованих коліс; X_2 – тиск у шинах; X_3 – нормальна реакція на керуючі колеса; X_4 – швидкість руху автомобіля.

Нерегульовані фактори: $X_{п1}$ – зазори в рульовому приводі; $X_{п2}$ – деформація елементів рульового приводу.

Вектор внутрішніх параметрів системи, що не залежить від режиму руху: A_1 – конструктивні особливості рульового керування автомобіля; A_2 – конструктивні особливості шин.

Вектор збурюючих дій включає до свого складу наступні фактори: f_1 – дорожні умови; f_2 – кліматичні умови експлуатації.

Для наведеної системи показником, що характеризує якість роботи системи корегування кутів встановлення керованих коліс, є бічна сила, але її визначення в умовах експлуатації для автомобілів категорії М1 є достатньо складним завданням.

Динамічна модель електромеханічного приводу механізму корегування кутів встановлення керованих коліс автомобіля

Якість роботи електромеханічного приводу залежить від точності позиціювання виконавчих органів. Враховуючи те, що Pm залежить від величини лінійного переміщення клину, постає питання визначення її функціональної залежності від обертового моменту двигуна.

Для побудови функціональної залежності приймаємо наступні припущення:

- тертя в підшипниках опор гвинта та «гайки-гвинта» є лінійним;
- не враховуються гіроскопічні сили та сили інерції кулько-гвинтової передачі (КГП);
- жорсткість гвинта та гайки незмінні;
- не враховуються маси кульок під час визначення моменту інерції механізму;
- тертя на опорному важелі є лінійною величиною.

Лінійне переміщення рульової тяги здійснюється за рахунок перетворення обертового руху в поступальний, кулько-гвинтовою передачею.

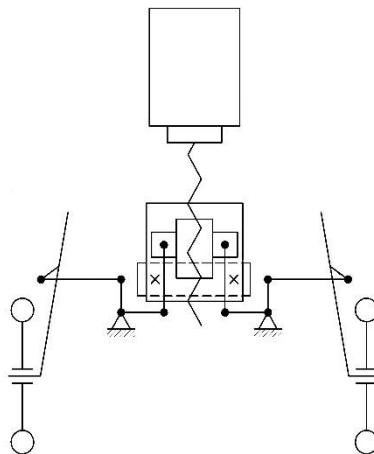


Рисунок 4 – Функціональна схема механізму корегування кутів встановлення керованих коліс

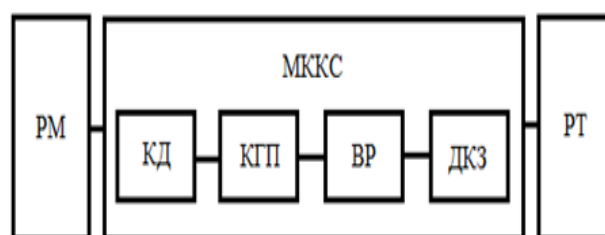


Рисунок 5 – Структурна схема системи коригування кутів сходження з електромеханічним приводом: РМ – рульовий механізм, МККС – механізм коригування кутів сходження, РТ – рульові тяги



Рисунок 6 – П'ятифазовий двигун з вбудованим гальмом моделі А41К-М599



Рисунок 7 – Кулько-гвинтова передача Bosch Rexroth AG FEM-E-B 12x2Rx1.2-4-1-1-T7-R-21K060-01K060-70-0-1

Моделювання механізму корегування кутів встановлення керованих коліс автомобіля

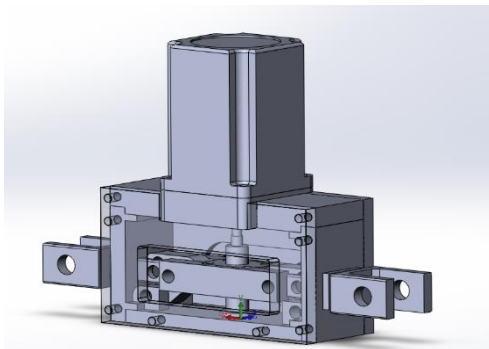


Рисунок 8 – Просторова модель механізму корегування кутів встановлення керованих коліс



Рисунок 9 – Модель механізму корегування кутів встановлення керованих коліс

Функціональна схема корегування кутів встановлення керованих коліс

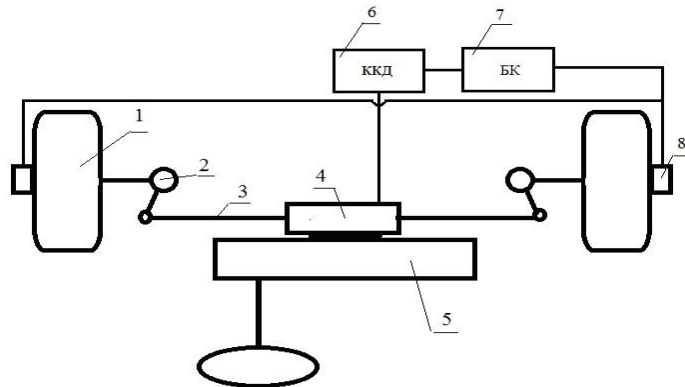


Рисунок 10 – Блок-схема САКС автомобіля:

- 1 – автомобільне колесо; 2 – шарнір повороту керованого колеса; 3 – поперечна півтяга; 4 – датчик переміщення напівтяги; 5 – джерело енергії; 6 – виконавчий механізм; 7 – блок управління; 8 – датчик бічної сили на колесі

Висновки

Спираючись на досвід та розробки світових брендів у галузі машинобудування, вважаю доцільним запровадити систему корегування кутів встановлення керованих коліс з електромеханічним приводом. Визначення величини корегування проводити комбінованим способом, використовуючи як напрацьовані дані для наведеного автомобіля, так і результати вимірювань під час експлуатації.

Проведений аналіз стану питання щодо можливості впровадження механізмів корегування кутів встановлення керованих коліс передньопривідних автомобілів.

Запропоновано структурну схему керування сходженням керованих коліс передньопривідного автомобіля.

Запропоновано та розроблено конструктивну схему механізму корегування кутів встановлення керованих коліс.

Список літератури

1. Рассоха В.И. Система активного регулирования схождения: место, задачи и реализация в проблеме ресурсосбережения автомобильных шин. Вестник Оренбургского государственного университета. 2009. № 2. С. 154-159.

2. Бондаренко Е.В., Рассоха В.И., Исайчев В.Т. Система автоматического регулирования схождения управляемых колес автотранспортных средств в движении.

ГРАФІЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ЛІНІЇ ВІДБІЮ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГІДРАВЛІЧНОГО АМОРТИЗАТОРА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ЧАСТОК STATIC CONTROL

Вадим КУБІЧ¹, канд. техн. наук, доц., Максим БЕЗПАЛЬКО¹, студент,
МИКИТА БЕЗПАЛЬКО¹, студент, Максим РАПОТА², менеджер з продажів автомобілів

¹Національний університет «Запорізька політехніка» (Україна)

²ТОВ «Авто-Р», м. Дніпро

Ключові слова: хід відбою, швидкість переміщення, гідравлічна рідина, температура, сила опору, сила струму, концентрація, магнітно-активна суміш

Вступ

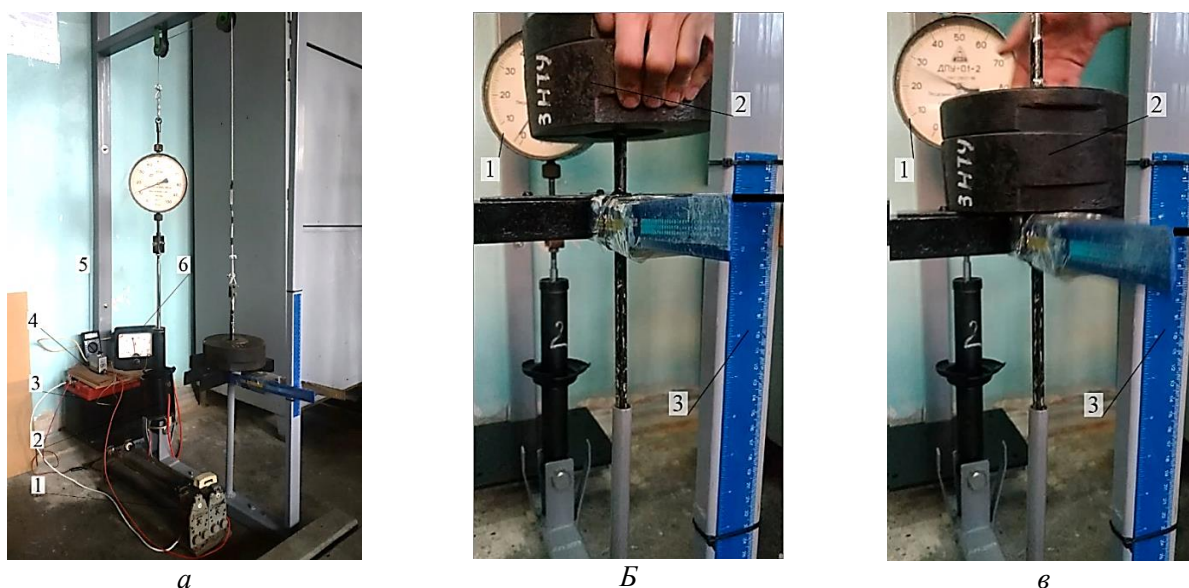
Використання ефекту демпфування в машинах різного призначення досить різноманітне. Наприклад, у підвісках автомобілів використовуються різні типи амортизаторів, в яких робочим середовищем, що забезпечує створення умов опору руху активного елемента, наприклад поршня, є гідравлічна рідина або газ, що з визначеною інтенсивністю перетикає через калібровані отвори. Вплив на жорсткість амортизатора конструктивно або не здійснюється – класичні амортизатори з відповідними налаштуваннями під типи автомобілів, або здійснюється за рахунок примусового керуванням реологічним станом рідини чи геометричними розмірами перетин, через які рухається рідина. Також є амортизатори, в яких використана властивість деяких рідин підвищувати в'язкість в електромагнітному полі. У даному випадку мова йде про застосування магнітореологічних рідин [1], наприклад, у конструкції амортизаторів GM Delphi Magnetic Ride Control Shock. Ці спеціальні рідини представляють особливий інтерес. Але їхня вартість дуже велика, тому в якості її альтернативи можуть бути використані звичайні амортизаторні рідини – суміш турбінної і трансформаторної оливи 1:1, АЖ-12Т, МГП-10, І-40А (20А) з додаванням магнітно-активних часток. При цьому, останні у стані рівномірного розповсюдження за об'ємом рідини під впливом магнітного поля здатні впливати на її опір перетіканню через калібровані отвори клапанів амортизаторів. При цьому, можливо створити умови повного блокування демпфера коливань [2]. Позначений напрям, на нашу думку, вважається актуальним, оскільки розглянуті раніше деякі аспекти [3] та отримані первинні закономірності [4] мають право на подальший розвиток. Так, у роботі [4] проводились експериментальні дослідження впливу магнітного поля, створеного від постійного струму на в'язкісний стан гідравлічної рідини АЖ-12Т та індустріальної оливи І-40А з додаванням дрібнодисперсних магнітних часток, які застосовуються у картриджі лазерних принтерів – static control, з наступним масовим вмістом: 2,4 %; 4,7 %; 9,1 %; 13 %.

Мета роботи – визначення тенденцій впливу магнітного поля, при управлінні його

величиною, на зміну характеристики гідравлічного амортизатора на ході відбою при застосуванні у ньому амортизаторної рідини АЖ-12Т з концентраціями магнітно-активних часток static control $C_{мч}=2,4\%$ та $C_{мч}=13\%$. При цьому, обмеженість повноти проведення досліджень обумовлена, по-перше, відсутністю можливостей використання стандартизованого обладнання для діагностики автомобільних амортизаторів, по-друге, визначенням доцільності наступного розвитку позначеного наукового напрямку.

Виклад основного матеріалу дослідження

З метою отримання цілісної картини впливу магнітного поля за модельованою силою струму та температурою робочих процесів на характер лінії відбою характеристики амортизатора виконано наступне. На підставі даних, які отримано в результаті моделювання роботи гідравлічного амортизатора автомобіля ЗАЗ-1105, були побудовані графічні залежності виду $P_0 = f(V)$. При цьому моделювались плавні та різкі ходи переміщення штоку з поршнем на ході відбою, а в порожнечу амортизатора замість рідини АЖ-12Т заливалася рідина АЖ-12Т з додаванням магнітно-активних часток static control. Концентрація часток становила $C_{мч} = 2,4 \%$ та $C_{мч} = 13 \%$. Лабораторне експериментальне обладнання для проведення дослідів наведено на рис. 1.

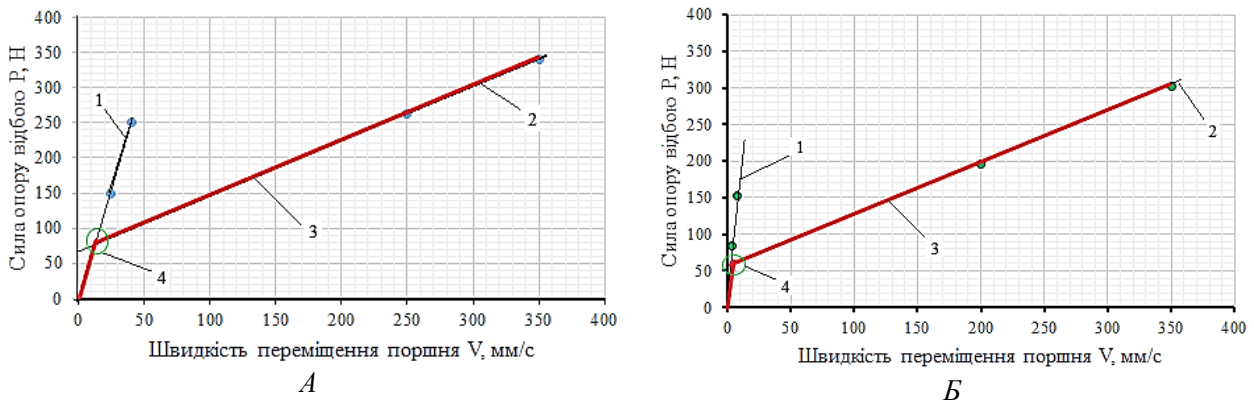


a – електрообладнання для створення магнітного поля: 1 – реостат; 2 – обмотка збудження статора; 3 – акумуляторна батарея; 4 – вимикач; 5 – мультиметр; 6 – амперметр; *б, в* – операції з визначення швидкості переміщення поршня та сили опору при моделюванні різкого ходу відбою:

1 – динамометр; 2 – вантаж; 3 – лінійка

Рисунок 1 – Експериментальне обладнання імітаційно-випробувального стенду

На полі координат $P_0 = f(V)$ мали місце явно виражені групи лінії змін сили опору переміщенню поршня залежно від модельованої швидкості руху поршня зі штоком. Ці лінії не перетиналися, оскільки за фізичним імітуванням сили опору та швидкості переміщення визначалися масами вантажів. Перші з них були наближені до осі ОУ з дуже великим кутом нахилу (мали швидкості переміщення), інші були зосереджені значно праворуч зі значно меншим кутом нахилу (більші швидкості переміщення). Таким чином, вирисовувались фрагменти ліній, що за своїм сенсом розглядаються складовими лінії відбою характеристики відбою гідравлічного амортизатора. З використанням методу зворотної екстраполяції побудовані графічні залежності, які наведені на рис. 2, 4, 5.



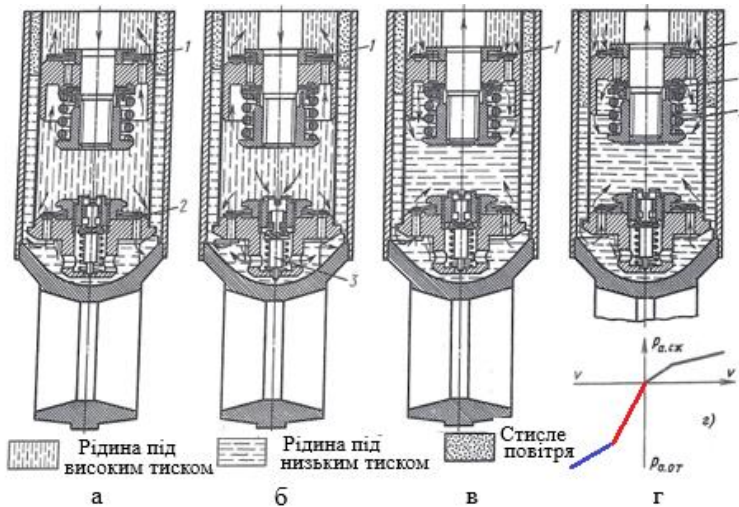
$a - C_{мч}=2,4\%$; $b - C_{мч}=13\%$; 1 – при плавному ході; 2 – при різкому ході;
3 – екстрапольована лінія; 4 – зміна повноти перетікання суміші

Рисунок 2 – Характеристика відбою амортизатора без впливу магнітного поля при $T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$

Побудування здійснювалось у програмі Paint 2D. Для цього з ліній графіків, які наведено на рисунках 2, 4, 5, довільно обирались по дві координати та будувались лінії 1 та 2. Надалі ці лінії продовжувались назад: лінія 1 до початку координат, лінія 2 до перетину з лінією 1.

Аналіз отриманих даних вказує на наступне.

Відсутність застосування впливу магнітного поля, тобто відсутність керування реологічним станом магнітно-активної суміші за температури $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ визначає прояв цілісної лінії 3 характеристики відбою (рис. 2 а, б). При цьому спостерігається зона 4 зміни повноти перетікання суміші залежно від швидкості руху поршня, тобто теоретично відкриваються розвантажувальні отвори під диском 4 (рис. 3).



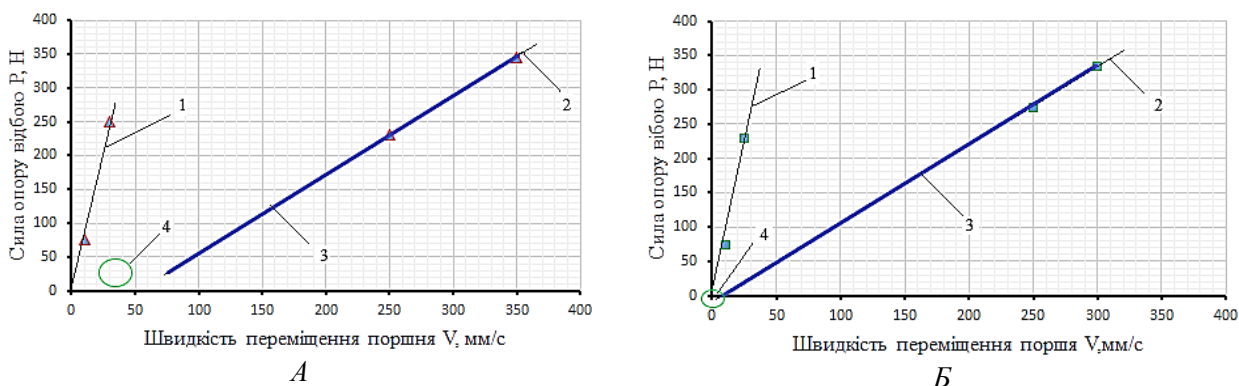
a – плавне стискання; b – різке стискання; v – плавний відбій (віддача); g – різкий відбій (віддача);

1 – перепускний клапан стискання; 2 – калібрований отвір;
3 – розвантажувальний клапан стискання; 4 – диск; 5 – пружина
Рисунок 3 – Робочий процес і характеристика амортизатора

Однак швидкість руху поршня, за якої це здійснюється, зменшується з 17 мм/с до 8 мм/с зі збільшенням сили струму з 20 А до 30 А . Це підтверджує зменшення текучості магнітно-активної суміші зі збільшенням концентрації часток. Має місце явне збільшення опору переміщення поршня тільки за плавного ходу. При різкому ході швидкості зміни сили опору для досліджуваних сумішей приблизно дорівнюють одна одній. Так, при швидкості переміщення поршня 200 мм/с сили опору становлять 200 Н і 220 Н , що перебуває в межах похибки обчислень.

Зменшення температури робочих процесів до $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ і керування реологічним станом магнітно-активної рідини з $C_{мч} = 2,4\%$ обумовлює відсутність зони 4 (рис. 4). Тобто процес додаткового повного відкриття розвантажувальних отворів відсутній, і опір переміщенню

поршня визначається як варіант судження, більшою кількістю угруповань скупчених одна біля одної магнітних часток та опір їхньому переміщенню крізь загущену амортизаторну рідину.

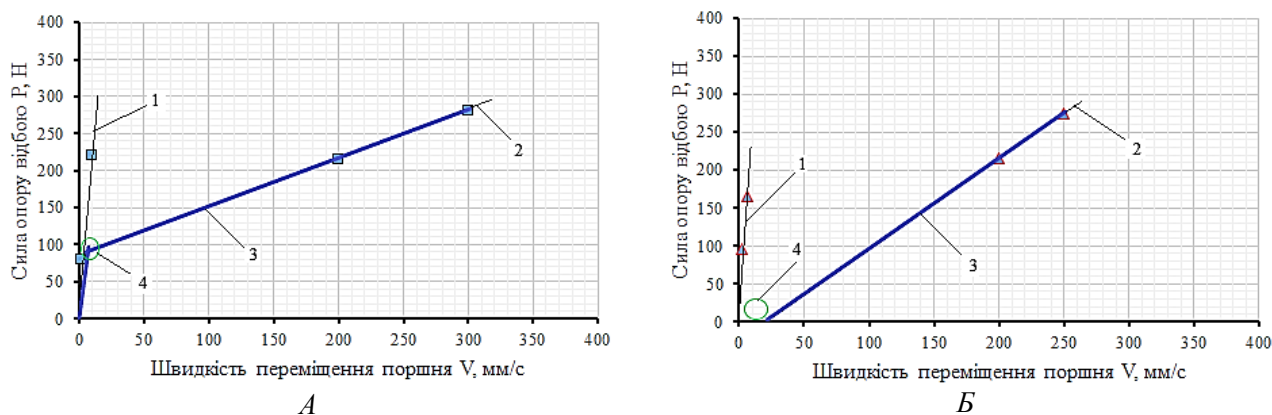


$a - I=20 \text{ A}$; $b - I=30 \text{ A}$; 1 – при плавному ході; 2 – при різкому ході; 3 – екстрапольована лінія; 4 – зміна повноти перетікання суміші

Рисунок 4 – Характеристика відбою амортизатора з $C_{мч}=2,4\%$ з магнітним полем при $T=14^\circ\text{C}$

У цих умовах при різкому ході швидкості зміни сили опору для досліджуваних сумішей приблизно дорівнюють одна одній. Так, за швидкості переміщення поршня 100 мм/с сили опору становлять 55 Н і 50 Н, що знаходиться в межах похибки обчислень. Те саме має місце і за плавного ходу.

Керування реологічним станом магнітно-активної рідини з $C_{мч} = 13\%$ за температури 40°C обумовлює відсутність зони 4 при силі струму у 30 А (рис. 5). Тобто має місце робочий процес, описаний для магнітно-активної рідини з $C_{мч} = 2,4\%$ за температури 14°C .



$a - I=20\text{A}$; $b - I=30\text{A}$; 1 – при плавному ході; 2 – при різкому ході; 3 – екстрапольована лінія; 4 – зміна повноти перетікання суміші

Рисунок 5 – Характеристика відбою амортизатора з $C_{мч} = 13\%$ з магнітним полем при $T = 40^\circ\text{C}$

Проте при магнітному полі, яке створюється силою струму у 20 А, має місце цілісна лінія 3 характеристики відбою (рис. 5а). При цьому, порівняно з лінією, яку наведено на рис. 2б, тобто без впливу магнітного поля, визначилось наступне. При плавному ході швидкість зміни опору руху поршня майже не змінилась. При різкому переміщенні поршня має місце незначний приріст швидкості збільшення сили опору, якій дорівнює 15 %, що трохи більше похибки.

Висновки

Отримані результати дозволили визначити тенденції впливу магнітного поля на зміну реологічного стану суміші рідини АЖ-12 з магнітно-активними частками, і як наслідок, на значення сили опору при моделюванні ходу відбою. Визначено, що температурний стан та сила струму суттєво впливають на цілісність лінії характеристики відбою у діапазоні модельованої швидкості переміщення поршня, тобто від 0 до 350 мм/с. При цьому, мають місце умови і режими протікання процесів, за якими рух поршня блокується реологічним

станом суміші. Це вказує на те, що для початку здійснення робочих процесів необхідні більш динамічні рухи приєднаних мас для створення в порожнечі амортизатора тиску, за якого відкриються розвантажувальні калібровані отвори. Виявлені особливості прояву сили опору можуть бути використані під час вирішення прикладних завдань, а також знайти застосування у системах підресорених мас об'єктів машинобудування.

Список літератури

1. Магнитореологические жидкости: технологии создания и применение: монография / Е.С. Беляев [и др.]; под ред. А.С. Плехова. – Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2017. 94 с.
2. Магнитные эффекты в газожидкостных системах с магнитной жидкостью / В.М. Полунин, П.А. Ряполов, К.С. Рябцев, А.А. Моцар // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2017. Т. 7, № 4 (25). С. 138-145.
3. Рапота М.О. Деякі аспекти вдосконалення адаптивної підвіски автомобіля категорії М1 / Рапота М.О., Кубіч В.І. // «Тиждень науки-2018» – щоріч. наук.-практ. конф., 16-20 квітня 2018 р.: зб. тез допов., Т.1. Запоріжжя, 2018. ЗНТУ. С. 117-118.
4. Рапота М.О. Визначення впливу магнітного поля на в'язкісний стан рідин для гідравлічних систем/ М.О. Рапота, В.І. Кубіч // Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту ІХ міжн. наук.-практ. конф., 6-7 грудня 2018. ДІ НУ «ОМА». м. Ізмаїл. С. 195-197.

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ НА МАНЕВРЕНІСТЬ І СТІЙКІСТЬ РУХУ АВТОПОЇЗДА З ПРИЧЕПОМ КАТЕГОРІЇ О1

Ірина ЧОВЧА¹, аспірант (PhD студент)

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: автопоїзд, причіп, маневреність, стійкість, зміщення, категорія, траєкторія, габаритна смуга руху

Вступ

Розвиток малого і середнього бізнесу в Україні призвів до збільшення потреби в причепах, що використовуються в зчипці з легковими автомобілями, оскільки багажний відсік легкового автомобіля має певні обмеження за вантажністю та об'ємом. Використання багажників на даху автомобіля теж не задовольняє певних потреб.

Для того щоб підвищити експлуатаційні властивості легкового автомобіля, промисловість випускає різного типу причепа, які мають свою будову та класифікацію.

Це, перш за все, причепа категорій О1 і О2. До причепів категорії О1 відносять, як правило, одновісні причепа загальною масою до 0,75 т, а до причепів категорії О2 – одно- і двовісні причепа з центрально розташованими осями загальною масою від 0,75 до 3,5 т.

Використання одновісних і двовісних причепів з центрально розташованими осями (що зводяться до одновісних) автомобілями категорії М1, перш за все, пов'язано з необхідністю їхніх власників у постійних перевезеннях різних вантажів, у тому числі і негабаритних невеликої маси, або ж у перевезенні катерів, човнів, квадроциклів, снігоходів та іншої техніки. Окремий вид причепів для легкових автомобілів складають житлові трейлери, туристичні причепа та спеціальні причепа, що використовуються для роздрібно торгівлі (комерційні причепа).

Практика експлуатації автопоїздів показує, що причіпні ланки автопоїздів погіршують характеристики стійкості як тягового автомобіля, так і автопоїзда порівняно з аналогічними характеристиками одиночного автомобіля.

Для зазначених причепів категорії О1, що експлуатуються, як правило, аматорами,

раціональні параметри щодо швидкісного режиму, навантаження на тяговий автомобіль і причіп, а також розміщення вантажу у вантажній платформі не завжди виконуються.

Мета роботи

У ряді експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів (АТЗ) за тенденції збільшення швидкостей руху найважливішими показниками якості, що зберігається на будь-яких режимах, є стійкість і керованість [1]. Вибір конструктивних параметрів АТЗ, що забезпечують саме ці властивості, підвищує активну безпеку експлуатації і знижує вірогідність дорожньо-транспортних пригод (ДТП) на транспортних операціях. Стійкість і керованість АТЗ в сукупності повинні забезпечити упевненість водія в реалізації режиму руху, що задається, виключити мимовільне виникнення небезпечного відхилення від нього і зберегти можливість швидкого коректування з подальшою стабілізацією того ж режиму. Керування АТЗ з недостатньою стійкістю ускладнюється, оскільки автопоїзд «рискає» або ухилиється вбік. Для підтримки необхідного напрямку руху необхідне постійне коректування цього напрямку [2].

Шкідлива і надмірна стійкість, оскільки обмежуються маневрені можливості АТЗ, зменшується чутливість рульового управління, а також притупляється так зване "відчуття дороги", що також приводить до підвищеної напруженості уваги водія. Цілком очевидно, що підвищення ефективності роботи автопоїздів шляхом збільшення швидкості руху не повинно завдавати шкоди безпеці руху [3]. Тому дослідження маневреності і стійкості руху автопоїздів з причепами категорії О1 є актуальною задачею.

Виклад основного матеріалу дослідження

У роботі [4] показано, що практично всі параметри автомобіля і причіпних ланок впливають на маневреність і стійкість руху автопоїзда. Цей вплив пов'язаний з геометричними параметрами й положенням центру мас автомобіля і причепа, характеристиками шин, числом осей причепа і розміщенням їх по базі, прийнятою схемою системи управління автопоїзда.

Під час дослідження стійкості руху автопоїзда розглядають, як правило, плоскопаралельний рух його ланок, де основним оціночним показником стійкості руху автопоїзда є критична швидкість прямолінійного руху. При цьому вважають, що нормальні реакції опорної поверхні на колеса правого і лівого борту однакові.

Критична швидкість прямолінійного руху, як і швидкість появи коливальної нестійкості, залежать від кута повороту керованих коліс тягового автомобіля, компоновальних і масових параметрів як тягового автомобіля, так і причепа, а також коефіцієнтів опору відведення коліс тягового автомобіля і причепа [4].

Запишемо у загальному вигляді рівняння, що визначає собою критичну швидкість [5]:

$$v_{\text{ед}} = f(m, m_2, a, L, c_0, c_\phi, c, L_2, k_1, k_2, k_3). \quad (1)$$

За формулою (1) можливо провести аналіз рівномірного прямолінійного руху, а саме – визначити величину швидкості прямолінійного руху автопоїзда за умови коливальної нестійкості і виявити характер впливу різних факторів.

Як приклад, у таблиці 1 наведені значення коренів характеристичного рівняння за вихідних даних, притаманних номінальному навантаженню автомобіля і максимального навантаження причепа, розташуванню центра мас причепа на поздовжній осі і в центрі мас вантажної платформи. За цієї умови критична швидкість складає близько 36 м/с (129,6 км/год). При зміщенні центру мас вантажу по поздовжній осі на 0,5 м критична швидкість зменшується до 27,8 м/с (100,1 км/год). При цьому приймалося, що маса тягового автомобіля залишається незмінною з водієм, одним пасажиром і масою вантажу 50 кг, а маса причепа змінювалася в межах від максимально допустимої (750 кг) до маси спорядженого причепа (200) кг.

Таблиця 1 – Корені характеристичного рівняння

m/c	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
35,0	-2.1529473	-7.78625743	-0.0063740487-3.07708746*I	-.0063740487+3.07708746*I
35,5	-1.2460927	-7.49754861	-0.004309854-3.108271945*I	-0.004309854+3.10827194*I
36,0	-0.8756911	-7.23344156	0.005314523-3.614524332*I	0.005314523+3.614524332*I

Аналіз розрахунків показує, що при виникненні збурення за швидкості до 35,0 м/с характер зміни бічної та кутової швидкостей тягового автомобіля під час перехідного процесу згасаючий. За тих же умов при зростанні швидкості до 35,5 м/с характер зміни бічної та кутової швидкостей також згасаючий, але мають місце коливання. При збільшенні швидкості до 36,0 м/с коливання параметрів руху будуть розбіжними, що призведе до втрати стійкості і неможливості подальшого руху. Цей рух слід вважати нестійким, його слід уникати.

На рис. 1 наведена залежність критичної швидкості руху автопоїзда від кута повороту керованих коліс тягового автомобіля, з якої слідує, що зі збільшенням цього кута критична швидкість прогресивно зменшується, що слід враховувати під час експлуатації автопоїзда.

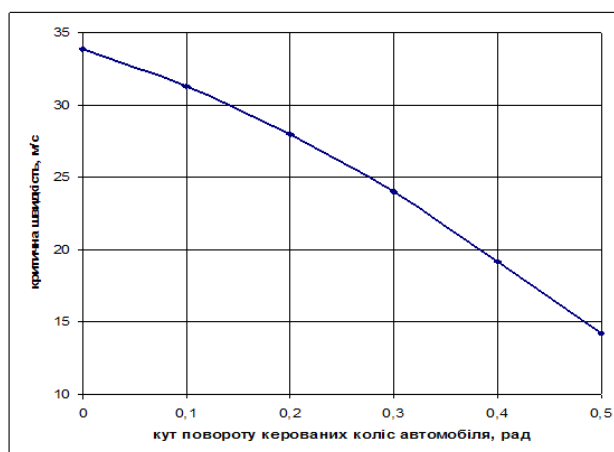


Рисунок 1 – Залежність критичної швидкості автопоїзда від кута повороту керованих коліс тягового автомобіля

Порівняння розрахункових схем автопоїзда [5] за різного навантаження на тягово-зчпний пристрій і різного значення відносного коефіцієнта опору бічному відведенню коліс причепа при об'їзді перешкоди можна виконати за допомогою коефіцієнта посилення бічного прискорення напівпричепа (рис. 2).

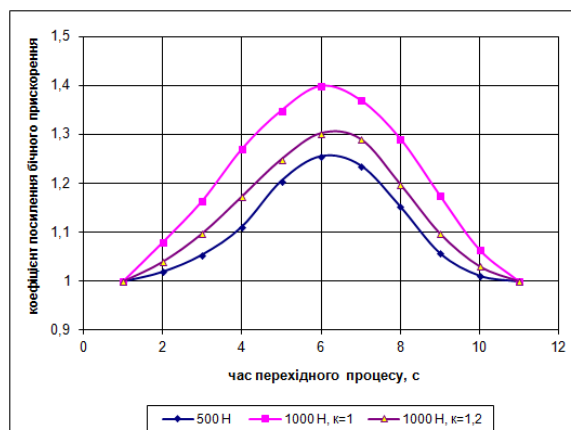


Рисунок 2 – Коефіцієнт посилення бічного прискорення напівпричепа у часі перехідного процесу за швидкості автопоїзда 10 м/с

Як слідує з наведеного графіка, коефіцієнт посилення бічного прискорення залежить від навантаження на тягово-зчіпний пристрій і відносного коефіцієнта опору бічному відведенню коліс причепа. Максимальне значення цього коефіцієнта за навантаження на тягово-зчіпний пристрій в межах 1000 Н і значення відносного коефіцієнта опору бічному відведенню коліс причепа $k = 1,0$ майже на 10,3 % перевищує його значення за навантаження 500 Н, тобто збільшення навантаження на тягово-зчіпний пристрій призводить до зменшення швидкості виконання будь-яких маневрів автопоїзда. Проте при збільшенні значення відносного коефіцієнта опору бічному відведенню коліс причепа до $k = 1,2$ коефіцієнт посилення бічного прискорення збільшується тільки на 3,7 %, тобто збільшенням коефіцієнта опору бічному відведенню коліс причепа (наприклад, за рахунок збільшення тиску повітря в шинах його коліс) можна суттєво поліпшити показники стійкості руху автопоїзда.

Розглянемо стійкість автопоїзда у разі зміщення центру мас вантажу в кузові причепа. При цьому змінювалося положення центру мас причепа:

- у поздовжній площині від 0 (центр мас знаходиться на поздовжній осі причепа) до його зміщення вперед і назад на відстань 0,75 м;
- у поперечній площині від 0 (навантаження на ліве і праве колесо однакове) до 0,5 м (навантаження на ліве і праве колеса різне).

На рис. 3 наведені результати розрахунку критичної швидкості руху для всіх варіантів розрахунку.

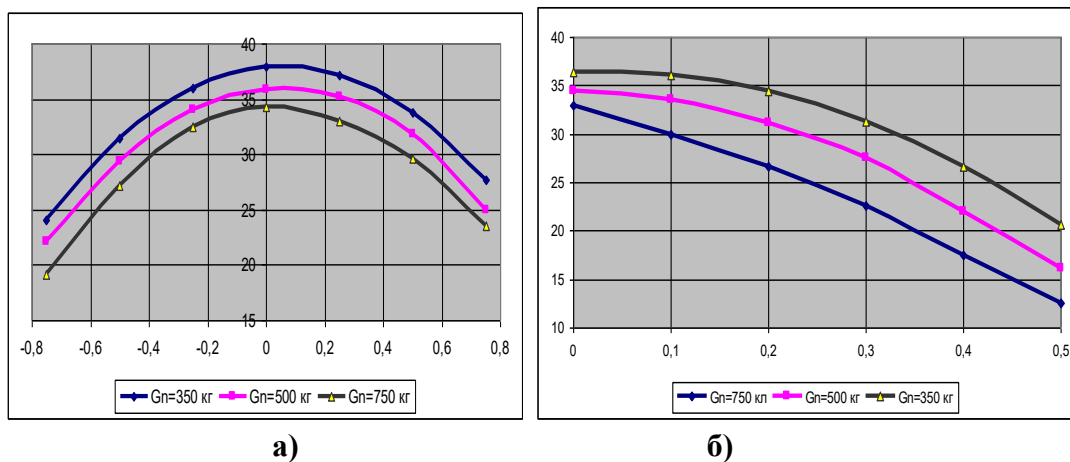


Рисунок 3 – Залежність критичної швидкості руху автопоїзда від навантаження причепа і розташування центру мас на поздовжній осі (а) і поперечній осі (б)

Аналіз розрахунків показує, що зміщення центру мас причепа як в поздовжній, так і поперечній площині призводить до зменшення критичної швидкості, причому більш суттєве зменшення має місце при поперечному зміщенні центру мас. Це необхідно враховувати при завантаженні причепа.

Завантажувати причіп необхідно рівномірно по всій площі підлоги вантажного причепа або фургона, а поодинокі вантажі повинні бути розташовані і закріплені над віссю або спареними осями. Завантаження причепа, що викликає зміщення його центру мас вперед або назад за осі коліс причепа, є неприпустимим. Зсув центру ваги причепа вперед збільшує навантаження на зчіпну кулю і викликає ослаблення зчеплення передніх коліс з дорогою. Якщо навантаження на зчіпну кулю незначне, причіп буде розгойдуватися у вертикальній площині. Його коливання будуть піднімати задню частину автомобіля, погіршуючи зчеплення задніх коліс з дорогою, що може призвести до заносу на слизькій чи мокрій дорозі і на поворотах, також, збільшення навантаження на тягово-зчіпний пристрій призводить до зменшення швидкості виконання будь-яких маневрів автопоїзда.

На рис. 4 наведені результати розрахунку нормальних реакцій опорної поверхні на осі тягового автомобіля і причепа за різного навантаження на тягово-зчіпний пристрій, з якого слідує, що навантаження на осі автомобіля змінюються пропорційно навантаженню на

тягово-зчіпний пристрій.

Нормальні реакції опорної поверхні на колеса осей автопоїзда можуть змінюватися під час руху автопоїзда і змінювати корегуючі коефіцієнти при визначенні бічної сили на осях автопоїзда. Ці зміни обумовлені режимом руху автопоїзда, нерівностями на дорозі й типом підвіски коліс як автомобіля-тягача, так і причепа.

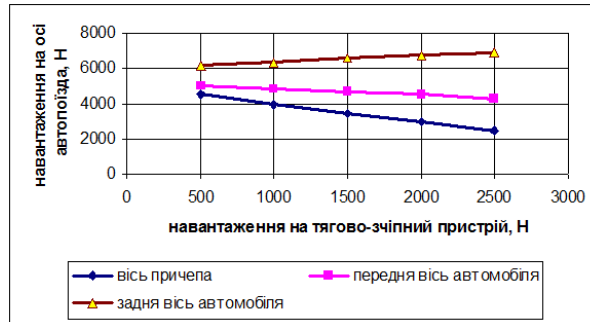
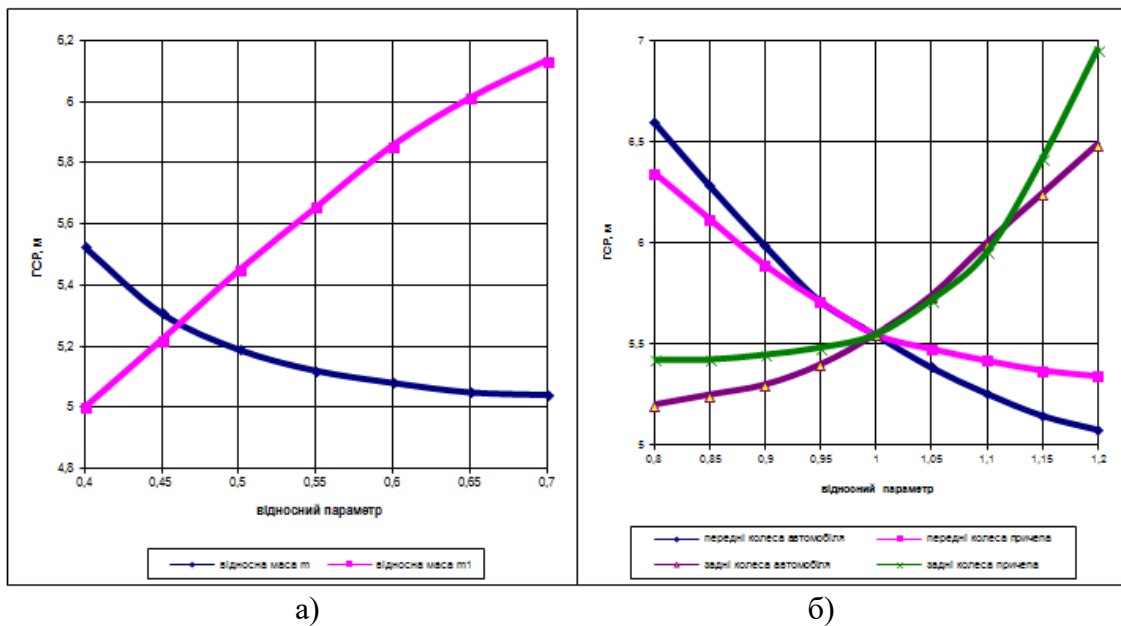
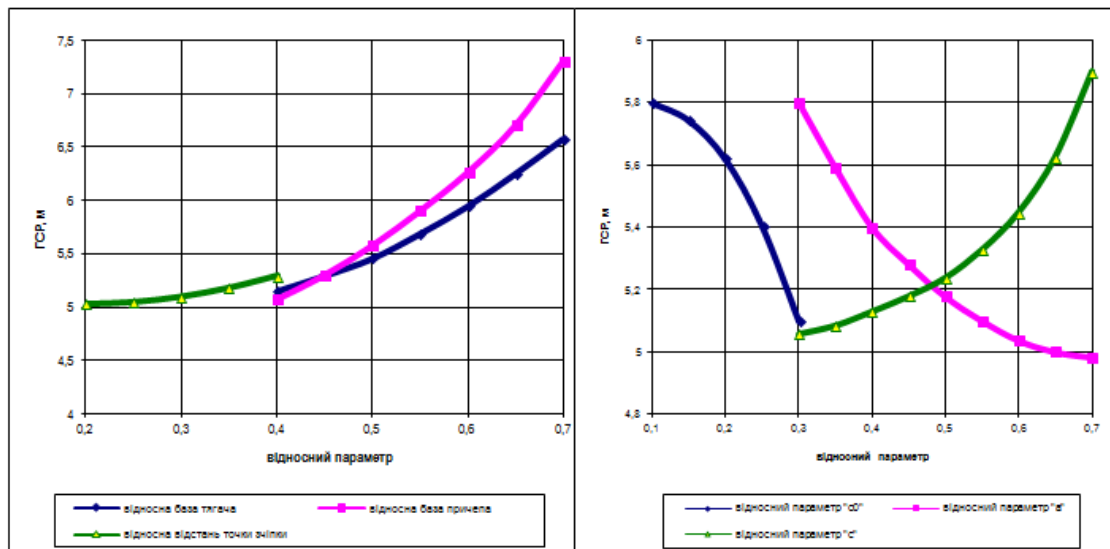


Рисунок 4 – Нормальні реакції опорної поверхні на колеса осей автопоїзда залежно від навантаження на тягово-зчіпний пристрій

Одним із основних оціночних критеріїв маневреності АТЗ є габаритна смуга руху (ГСР).

На рис. 5 наведені залежності ГСР від відносних масових і компоновальних параметрів автопоїзда і коефіцієнтів опору відведення коліс автомобіля і причепа.





в) г)
 Рисунок 5 – Залежність ГСР автопоїзда від відносних параметрів:
 а) відносна маса автомобіля і причепа;
 б) відносний коефіцієнт опору відведення коліс автомобіля і причепа;
 в), г) відносних конформувальних параметрів автомобіля і причепа

Аналіз наведених графіків дозволяє зробити наступні висновки:

- ГСР автопоїзда за номінальних значень усіх параметрів склала 5,52 м;
- збільшення маси причепа призводить до збільшення ГСР автопоїзда і зменшення критичної швидкості руху і навпаки – зменшення маси тягача призводить до зменшення ГСР і збільшення критичної швидкості автопоїзда;
- збільшення всіх відносних геометричних параметрів тягача і причепа, окрім розташування точки зчипки на тягачі і координати «а» призводить до збільшення ГСР автопоїзда;
- збільшення коефіцієнта опору відведення передніх коліс тягача і причепа призводить до зменшення ГСР автопоїзда і навпаки – збільшення кутів відведення задніх коліс автомобіля і причепа призводить до збільшення ГСР автопоїзда;
- збільшення бази тягача і причепа, як і збільшення відстані від центра мас причепа до точки зчипки з тягачем, призводить до збільшення критичної швидкості руху, у той час як інші відносні геометричні параметри автопоїзда призводять до її зменшення.

Зважаючи на взаємозв'язок між коефіцієнтом опору відведення, критичною швидкістю руху і тиском повітря в шині, в процесі експлуатації автопоїзда необхідно підтримувати такий тиск, щоб за обраного навантаження на колеса осей автопоїзда коефіцієнт опору бічному відведенню коліс передньої осі тягового автомобіля був меншим, ніж коліс його задньої осі, а тиск у шинах коліс причепа був максимальним, виходячи із взаємозв'язку між допустимим навантаженням на шину і тиском повітря в ній. Це буде сприяти підвищенню критичної швидкості автопоїзда.

Висновки

Показники маневреності і стійкості руху автопоїзда залежать від конформувальної схеми, масових і конструктивних параметрів, які по-різному впливають на їхнє чисельне значення.

Список літератури

1. Сахно В.П. та ін. Шарнірно-зчленовані автобуси. Маневреність та стійкість: [монографія] // В.П. Сахно, В.М. Поляков, С.М. Шарай, І.С. Мурований, О.Є. Омельницький. – Луцьк: ІВВ Луцького НТУ, 2021. – 288 с.
2. Сахно В.П. Визначення параметрів стійкості автопоїзда з причепом категорії O2 / В.П. Сахно, В.В. Стельмашук, Р.В. Пазін // Systemy i srodki transportu samochodowego.

Wybrane zagadnienia. – Monografia nr 15, Seria: Transport. – Rzeszow, 2018 – С. 93-102.

3. Сахно В.П. Вплив положення центру мас причепа категорії О1 на стійкість руху автопоїзда / В.П. Сахно, С.М. Шарай, І.С. Мурований, І.В. Човча // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцький НТУ, 2020. – № 1(16). – С. 150-158.

4. Сахно В.П. Вплив навантаження на тягово-зчіпний пристрій на стійкість руху автопоїзда категорії М1 у перехідних режимах руху / В.П. Сахно, Р.М. Кузнєцов, В.В. Стельмашук, Л.С. Козачук // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2015. – № 1(3). – С. 148-157.

ПИТАННЯ ВІДПОВІДНОСТІ СКЛАДОВИХ ЧАСТИН КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ВИМОГАМ БЕЗПЕКИ

Сергій ГУТАРЕВИЧ¹, канд. техн. наук, доц., Дмитро ФОМНИХ², студент

¹ДП «ДержавтотрансНДІпроект», Національний транспортний університет (Україна)

²Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: частини колісних транспортних засобів, відповідність, безпечність

Вступ

Убезпечення дорожнього руху є надзвичайно актуальною проблемою як національного, так і міжнародного характеру. Смертність, травматизм та економічні збитки внаслідок дорожніх транспортних пригод є не тільки серйозною проблемою глобальної охорони здоров'я, а й чинником, що різко негативно впливає на соціально-економічний прогрес і досягнення країнами поставлених цілей сталого розвитку.

Однією з причин високої аварійності на автомобільному транспорті є незадовільний технічний стан колісних транспортних засобів (КТЗ), зокрема, і через застосування при їх технічному обслуговуванні та ремонті складових частин (далі – частин), технічні характеристики яких не забезпечують безпечну експлуатацію транспортних засобів. Тому проблема недопуску до ринку невідповідних частин є актуальною на сьогодні. На сьогодні найбільш дієвим механізмом забезпечення недопуску до ринку неякісної продукції є оцінювання відповідності.

Мета роботи – аналіз існуючих технічних вимог до частин КТЗ, які застосовуються при оцінюванні відповідності цієї продукції.

Виклад основного матеріалу дослідження

Ринок автомобільних частин, які використовуються під час виробництва автомобіля, гарантійного сервісного обслуговування та пост-гарантійного сервісного обслуговування розділяється на сегменти з відповідними назвами:

- OEM (Original Equipment Manufacturer) Parts;
- OES (Original Equipment Supplier) Parts;
- Aftermarket Parts.

На сьогодні вимоги до безпечності та функціональності частин КТЗ встановлені в 85 Правилах ООН [1], які є додатками до Угоди про прийняття єдиних технічних приписів для колісних транспортних засобів, предметів обладнання та частин, які можуть бути встановлені та/або використані на колісних транспортних засобах, і про умови взаємного визнання офіційних затверджень, виданих на основі цих приписів Договірні Сторони, що застосовують Правила ООН [2].

Складові частини, що належать OEM Parts та OES Parts, виготовляються згідно з технічними вимогами виробників транспортних засобів та вимогами Правил ООН.

Згідно з чинним законодавством України, всі дилери, що продають автомобілі на території відповідних країн, повинні забезпечити їхнє технічне обслуговування та

забезпечення запасними частинами впродовж 10 років після продажу автомобіля так званими запасними частинами для OES Market. Оскільки гарантійні зобов'язання виробника, як правило, обмежуються певним пробігом автомобіля (в більшості випадків 100 000 км) або кількістю років експлуатації (в більшості випадків 5 років), а середній вік автомобілів в Україні складає 18 років, то автомобільні власники після закінчення гарантії починають використовувати послуги неавторизованих станцій технічного обслуговування та купувати запасні частини з так званого Aftermarket-сегменту ринку автозапчастин. Дуже часто запасні частини сегменту Aftermarket не відповідають у повній мірі технічним характеристикам оригінальних частин, які були встановлені на автомобіль під час його виробництва. Здебільшого, ці частини лише за своїми розмірами за призначенням можуть бути встановлені на той чи інший транспортний засіб, що в результаті приводить до погіршення експлуатаційних характеристик КТЗ та, відповідно, до зниження рівня його безпечності.

Частина Правил ООН регламентує вимоги виключно до змінних частин КТЗ, які встановлюються при їх технічному обслуговуванні та ремонті (гальмівні колодки, диски, барабани, системи випуску відпрацьованих газів, каталітичні нейтралізатори), проте їхній перелік є досить обмежений і не включає таких важливих з точки зору безпеки руху частин, як елементи підвіски та рульового приводу, гальмівні шланги, тощо.

Актуальність встановлення вимог до складових частин КТЗ, які реалізуються в Україні, продиктовано особливостями експлуатації транспортних засобів та застосування частин КТЗ в Україні:

- застаріла порівняно з іншими країнами вікова структура парку транспортних засобів в Україні потребує застосування під час технічного обслуговування та ремонту суттєво більшої номенклатури частин, які носять критичний характер для безпечності транспортних засобів на відміну від країн з меншим середнім терміном експлуатації КТЗ, де в основному заміні в обов'язковому порядку підлягають витратні частини (фільтри, ремені ГРМ, гальмівні колодки);

- низька якість автомобільних доріг, що висуває додаткові вимоги до надійності та функціональності елементів підвіски та рульового керування, тощо;

- більшість частин КТЗ в Україні придбаваються власниками транспортних засобів через торгівельну мережу, а встановлення на автомобіль відбувається або ними самостійно, або господарюючими суб'єктами, які не несуть за придбані власником частини будь-якої відповідальності. В країнах Європейського Союзу переважна більшість частин реалізуються через авторизований автосервіс, де надавачі послуг зі встановлення частин несуть комплексну відповідальність перед замовниками за якість частин та якість монтажних робіт;

- через невисоку купівельну спроможність населення на ринку частин КТЗ України порівняно з країнами Європейського Союзу значно більшу частину займає фальсифікована продукція неналежної якості.

Висновки

Встановлення технічних вимог до найбільш важливих з точки зору безпеки дорожнього руху частин КТЗ та оцінювання відповідності частин цим вимогам є на сьогодні актуальним завданням, вирішення якого дозволить значно підвищити рівень безпечності транспортних засобів, що експлуатуються.

Список літератури

1. UN Regulation No. 0-163 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://unece.org/un-regulations-addenda-1958-agreement>

2. Agreement concerning the Adoption of Harmonized Technical United Nations Regulations for Wheeled Vehicles, Equipment and Parts which can be Fitted and/or be Used on Wheeled Vehicles and the Conditions for Reciprocal Recognition of Approvals Granted on the Basis of these United Nations Regulations (Revision 3) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs.html>.

ВИЗНАЧЕННЯ ВАГОВОГО СТАБІЛІЗУЮЧОГО МОМЕНТУ ЗАСОБАМИ PTC CREO PARAMETRIC

Сергій ЧЕРНЕНКО¹, канд. техн. наук, доц., Олексій МУРАШКО¹, аспірант (PhD студент),
Олексій БУГАЙОВ¹, аспірант (PhD студент)

¹Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського (Україна)

Ключові слова: ваговий стабілізуючий момент, тривимірний модель, Creo Parametric

Вступ

Сили, що діють на автомобіль, прагнуть відхилити керовані колеса від положення прямолінійного руху. Керовані колеса повинні зберігати положення, що відповідає прямолінійному руху, і повертатися в нього з будь-якого іншого положення. Ця здатність називається стабілізацією керованих коліс і забезпечується нахилами шворня в поперечній і поздовжній площинах та пружними властивостями пневматичної шини. За гарної стабілізації автомобіль зберігає прямолінійний напрямок руху без впливу водія, зменшується його утомлюваність. Головним чином стабілізація керованих коліс забезпечується дією вагового стабілізуючого моменту, який викликаний вагою автомобіля, що припадає на керовані колеса та комбінованим нахилом шворня. Величину та напрямок дії вагового стабілізуючого моменту необхідно знати для визначення загального моменту опору повороту керованих коліс, що, в свою чергу, необхідно для поліпшення експлуатаційних властивостей автомобіля, таких як легкість керування, керованість та стійкість, стабілізація керованих коліс, довговічність шин.

Результати досліджень вагового стабілізуючого моменту наведено в роботах [1-3]. У них розглянуто методику визначення вказаного моменту як від поперечного, так і від комбінованого нахилу шворня, отримано аналітичні залежності, які повною мірою підтверджуються експериментальними даними. Разом з цим, для експериментальних досліджень необхідно мати спеціальний стенд або автомобіль, який обладнаний вимірювальною апаратурою. Це потребує матеріальних коштів, іноді досить значних. Тому для економії матеріальних витрат, часу та трудових витрат для дослідження робочих процесів колісного керуючого модуля доцільно застосовувати метод тривимірного комп'ютерного моделювання.

Мета роботи

Метою роботи є удосконалення методики розрахунку вагового стабілізуючого моменту за допомогою тривимірних технологій, зокрема засобами PTC Creo Parametric.

Виклад основного матеріалу дослідження

На сьогодні найбільш перспективним методом досліджень робочих процесів у механічних системах є метод тривимірного моделювання. Ця технологія дозволяє максимально повно і реалістично показати роботу складного механізму, проаналізувати кінематичні та динамічні властивості, характеристики міцності за мінімальних витрат. У роботі розроблено алгоритм та проведено дослідження вагового стабілізуючого моменту засобами PTC Creo Parametric. PTC Creo – набір програмних рішень, раніше відомих як Pro / ENGINEER і Wildfire, інноваційна САПР система, що увібрала в себе багаторічний досвід і технологічні напрацювання [4].

Для визначення та аналізу вагового стабілізуючого моменту була створена тривимірний комп'ютерна модель колісного керуючого модуля на прикладі великовантажного автомобіля КрАЗ-6322. Створення моделі відбувалося за такими етапами: проектування каркасної збірки, створення додаткових конструктивних елементів для виконання аналізу, налаштування алгоритму дослідження вагового стабілізуючого моменту у додатку «Механізм», надання моделі твердотільного вигляду. На рис 1-3 наведені відповідно твердотільна модель поворотного механізму, деталі, що входять до загальної збірки, та готова тривимірний модель керованого моста автомобіля КрАЗ-6322.

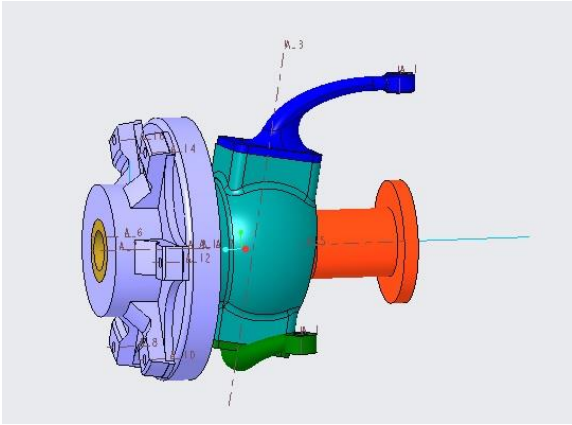


Рисунок 1 – Твердотільна модель поворотного механізму

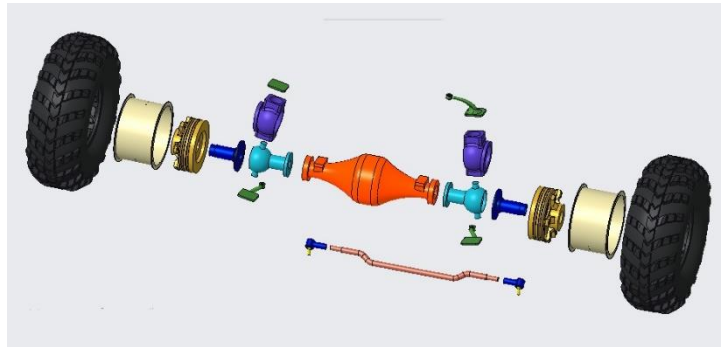


Рисунок 2 – Деталі для виконання збірки моделі моста КрАЗ-6322

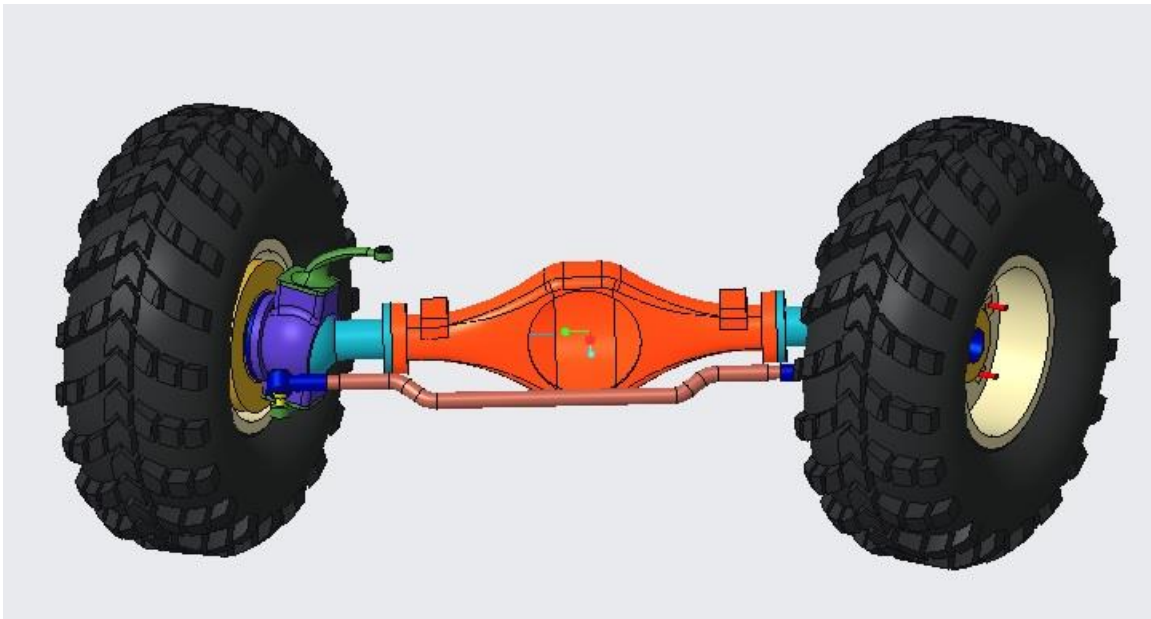


Рисунок 3 – Тривимірна модель моста КрАЗ-6322

За допомогою додатку «Механізм» у програмі було проведено вимірювання поточного кута розвалу та вагового стабілізуючого моменту на створеній моделі у повному діапазоні кутів повороту. Вимірювання проводилися в програмі PTC Creo за допомогою каркасної збірки механізму повороту, до якої прикладалося зусилля, ідентичне рівнодіючій нормальній реакції опорної поверхні.

На рис. 4 наведено результати досліджень за допомогою Creo Parametric, розрахункові залежності та експериментальні дані [5] значення вагового стабілізуючого моменту за комбінованого нахилу шворня залежно від кута повороту колеса. З аналізу рис. 4 видно, що результати експериментальних досліджень за допомогою Creo Parametric та розрахункові дані практично збігаються. Середня різниця між значеннями вагового стабілізуючого моменту при кутах повороту колеса ліворуч та праворуч дорівнює 3,5 %.

Таке співпадіння експериментальних та розрахункових даних підтверджує достовірність побудованої моделі та алгоритму розрахунку у додатку «Механізм» програми Creo Parametric для визначення вагового стабілізуючого моменту.

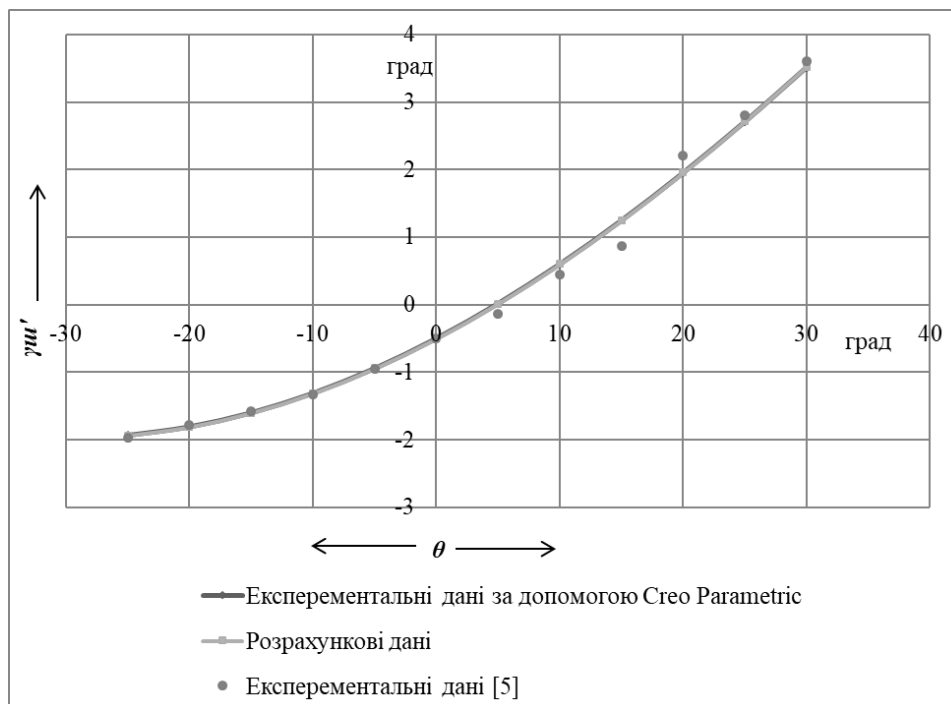


Рисунок 4 – Залежність вагового стабілізуючого моменту від кута повороту колеса

Висновки

Створено каркасні та тривимірні моделі деталей поворотного механізму автомобіля КрАЗ-6320 та керованого моста в цілому за допомогою програмного забезпечення РТС Creo Parametric. Розроблено методи аналізу поточного кута розвалу та вагового стабілізуючого моменту при повороті колеса. Описаний алгоритм розрахунку вагового стабілізуючого моменту автомобіля КрАЗ-6320 та отримані дані комп'ютерного моделювання, які свідчать про достовірність створеної тривимірної моделі.

Список літератури

1. А.П. Солтус, С.М. Черненко. Определение весового стабилизирующего момента от комбинированного наклона шкворня. Автомобильный транспорт: Сб. науч. трудов ХНАДУ. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – Вып.12. – С. 23-26.
2. А.П. Солтус, С.М. Черненко «О функциональной взаимосвязи углов поворота цапфы и управляемого колеса автомобиля», Вісник Кременчуцького державного політ. у-ту: Наукові праці КДПУ, Вип. 6/2002 (17), с. 63-65. 2002.
3. Солтус А.П., Редчиц В.В. Экспериментальное определение весовых стабилизирующих моментов // Экспресс-информ. Конструкции автомобилей. – 1976. – № 4. – С. 5-8.
4. Про продукт РТС Creo Parametric. URL: <https://www.irisoft.ru/products/creo/ptc-creo-parametric/> (дата звернення 13.10.2020).
5. Черненко С. М. Підвищення стійкості колісного керуючого модуля проти коливань, викликані гідравлічним підсилювачем рульового управління автомобіля.: дисс. ... канд. техн. наук. – Київ, 2005. – 144 с.

ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЗБАЛАНСОВАНОГО ПІДХІДУ ДО УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМ ШУМОМ

Світлана МАРУНИЧ¹, аспірант (PhD студент)

¹Державна авіаційна служба України, Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: транспортний шум, автомобільний транспорт, збалансований підхід до управління шумом, зовнішнє середовище, людиноцентрична модель

Вступ

Шумове забруднення тісно пов'язане з міським середовищем. Серед основних джерел забруднення – автомобільний трафік, звуки залізниці, літаків та важкої промисловості. За прогнозами в майбутньому рівень шуму в містах лише зростатиме.

За даними Європейської агенції довкілля (ЕАА), 2 0% мешканців європейських країн стикаються з постійним гучним шумом дорожнього руху, що може завдати шкоди їхньому здоров'ю.

У ВООЗ офіційно вважають, що тривалий шум може викликати проблеми зі здоров'ям. У дослідженні ЕАА стверджують, що шумове забруднення викликає 12 % передчасних смертей в Європі. За підрахунками, 22 мільйони людей страждають від "хронічної дратівливості", 6,5 мільйони людей – від хронічних порушень сну.

Доведено, що проблема шумового забруднення особливо є актуальною для вузьких магістральних вулиць зі старою забудовою в центральних районах сучасних міст. За відсутності постійного контролю шумового забруднення в міських екосистемах, створюється ряд загроз для здоров'я міських мешканців. Важливим та актуальним є систематичне дослідження рівнів шуму, що дає змогу поглиблювати знання про сучасне середовище життєдіяльності людини та його небезпечні фактори. Серед можливих рішень проблеми пропонується: зменшення швидкості руху та впровадження м'якших, менш гучних дорожніх покриттів, перехід на велосипедний транспорт ходьбу пішки та використання електромобілів.

Отже, проблема шумового забруднення в сучасному світі виходить за межі локального характеру і потребує застосування комплексного та збалансованого підходу.

Мета роботи

Запропонувати комплексний збалансований підхід до управління шумовим навантаженням як основу людиноцентричної моделі розвитку міст, спрямовану на зменшення рівня негативного впливу шуму.

Виклад основного матеріалу дослідження

В Україні для забезпечення розвитку сталої національної транспортної політики прийнято Національну транспортну стратегію України на період до 2030 року [1]. Її метою є створення інтегрованого до світової транспортної мережі безпечно функціонуючого та ефективного транспортного комплексу України, задоволення потреб населення у перевезеннях та покращення умов ведення бізнесу для забезпечення конкурентоспроможності та ефективності національної економіки [2].

Впровадження Стратегії передбачає виконання завдань за такими напрямками:

- конкурентоспроможна та ефективна транспортна система;
- інноваційний розвиток транспортної галузі та глобальні інвестиційні проекти;
- безпечний для суспільства, екологічно чистий та енергоефективний транспорт;
- безперешкодна мобільність та міжрегіональна інтеграція. Сучасний процес урбанізації супроводжується зростанням рівня автомобілізації. Концентрація значної кількості транспортних засобів на порівняно обмеженій території міста призводить до домінуючого впливу автотранспорту на екологічний стан зовнішнього середовища.

Транспортний шум – другий за впливом екологічний чинник після забруднення повітря, який Всесвітня організація охорони здоров'я визначила як негативний для здоров'я людей [3].

Автомобільний транспорт – один із основних джерел забруднення атмосферного

повітря в містах, а його рух створює шум із різним рівнем навантаження на урбанізовані території [4].

Шум – будь-який небажаний звук, що сприймається негативно в силу того, що він заважає слуховому сприйняттю, переробці, передачі (речова комунікація) корисної інформації, порушує сон та відпочинок і тим самим завдає шкоди здоров'ю людини і знижує її працездатність [3].

Шум підвищеного рівня несприятливо діє на організм людини. Ступінь цієї дії залежить від характеристики шуму та індивідуальних особливостей людини. Шум діє не тільки на органи слуху, але й на нервову систему, спричиняє підвищення кров'яного тиску, ослаблення уваги, приводить до зниження продуктивності праці і підвищення рівня травматизму. Шум впливає на зоровий і вестибулярний апарати, знижує стійкість ясного бачення й рефлекторної діяльності, що часто стає причиною нещасних випадків і травм. Шум діє на психіку, пригнічуючи її, сприяє значній витраті нервової енергії. Шум заважає нормальному відпочинку й відновленню сил, порушує сон. А систематичне недосипання й безсоння, у свою чергу, ведуть до важких нервових розладів [3].

Тривалий вплив шуму дорожнього руху підвищує ризик смерті та ризик серцево-судинних захворювань у населення.

Адаптація організму до шуму практично неможлива, тому регулювання й обмеження шумового забруднення від транспорту є одним із найважливіших завдань сталого розвитку сучасних міст.

За останні 30 років у всіх великих містах шум збільшився в середньому на 12-15 дБ, а суб'єктивна гучність виросла в 3-4 рази. Крім того, у сучасних міських районах зі значним рухом транспорту рівень шуму наближається до небезпечної межі – 80 дБ [5].

Проведений аналіз шумового забруднення в сучасному місті обумовлює доцільність використання комплексного збалансованого підходу для зниження негативного впливу на довкілля.

Збалансований підхід до врегулювання проблеми впливу транспортної діяльності на довкілля налічує п'ять складових та потребує ретельної оцінки всіх можливих варіантів рішення проблеми, а саме:

- 1) зменшення шкідливого впливу від джерел його утворення;
- 2) планування територій об'єктів транспортної системи з урахуванням раціонального використання земельних ділянок;
- 3) впровадження технічних заходів для послаблення навантаження на довкілля;
- 4) використання експлуатаційних обмежень, в найбільш економічно вигідний спосіб;
- 5) дотримання нормативних зобов'язань існуючих угод, чинного законодавства та запроваджених стратегій.

Ефективному застосуванню елементів збалансованого підходу управління негативного впливу транспортної діяльності на зовнішнє середовище сприятиме наступне:

- затвердження єдиної системи показників для оцінки впливу шумового навантаження на зовнішнє середовище;
- приведення величин показників шуму до значень, які відповідають вимогам сьогодення;
- запровадження система моніторингу транспортного шуму;
- впровадження організаційних, експлуатаційних, будівельно-планувальних та будівельно-архітектурних, технічних, компенсаційних, економіко-соціальних заходів щодо зниження рівня параметричного забруднення;
- доступність інформації про стан навколишнього середовища для всіх зацікавлених сторін;
- посилення міжвідомчої співпраці та об'єднання зусиль задля збереження довкілля.

Для прикладу можна навести перелік заходів для зменшення негативного впливу шумового забруднення на зовнішнє середовище:

- заходи, що сприяють удосконаленню системи організації дорожнього руху (проектні особливості дорожньої мережі з урахуванням технічних характеристик транспортних

засобів);

– регулювання нормативами, технічними, обмеженнями та іншими нормативно-правовими документами (перегляд нормативів, їхня актуалізація, встановлення більш жорстких вимог);

– заходи щодо зменшення розповсюдження забруднюючих речовин (захисні екрани, зелені насадження тощо);

– постійний моніторинг стану транспортного шуму (придорожнього середовища), контроль ситуації, розробка попереджувальних заходів.

Запропоновані заходи є прикладами варіантів рішення проблеми шумового навантаження транспорту на довкілля.

Висновки

Проведені дослідження доводять, що проблема шумового забруднення в сучасному світі виходить за межі локального характеру і потребує застосування збалансованого підходу з комплексними заходами.

У процесі впровадження комплексного збалансованого підходу, рекомендується брати за основу людиноцентричну модель розвитку міст, спрямовану на зменшення рівня негативного впливу шуму, в основі якої закладено механізм економічного розвитку суспільства екологічно-вигідним шляхом.

Вибір заходів захисту від негативного впливу транспортної діяльності на зовнішнє середовище залежить від набору параметрів, якими в певний момент часу характеризується транспортна система. Як результат було визначено, що управлінню несприятливого впливу транспортної діяльності на довкілля сприяють комплексні заходи - технічного, організаційного, правового та соціального характеру.

Список літератури

1. Транспортна складова Угоди про асоціацію: стан виконання і перспективи. Доповідь УС ПГС, грудень 2019 року. – Режим доступу: https://www.civic-synergy.org.ua/wp-content/uploads/2020/03/Web_Dopovid_Transportna_2020.pdf.

2. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#n13>

3. Environmental noise in Europe - 2020. European Environment Agency, 2020. 10 Opp. URL: <https://doi:10.2800/686249>

4. Гринчишин Н., Жоріна О. Шумове забруднення магістральних вулиць міста: Зб. Наукових праць XVII Міжнар. наук.-практ. конференції молодих вчених – Львів: ЛДУ БЖД, 2022. – 376 с.

5. Державні санітарні норми допустимих рівнів шуму в приміщеннях житлових та громадських будинків і на території житлової забудови: Наказ МОЗ України від 22.02.2019 № 463. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0281-19#Text>

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ SCR ЯК ОДНОГО ЗІ СПОСОБІВ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ NO_x ВІД АВТОМОБІЛІВ

Людмила СТАРИНЕЦЬ¹, аспірант (PhD студент)

¹Державна авіаційна служба України, Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: викиди NO_x, система SCR, автомобільний транспорт, AdBlue, навколишнє середовище

Вступ

Автомобіль є одним із найпоширеніших видів сучасної техніки. Їхня кількість у світі невпинно зростає. Пояснюється це тим, що дуже стрімко зростає чисельність населення на

планеті і так само стрімко зростає потреба в переміщенні пасажирів та вантажів. На сьогоднішній основним джерелом енергії на автомобілі є двигуни внутрішнього згорання. Проте разом з позитивними якостями цих енергетичних установок, вони мають суттєві недоліки, на подолання яких і спрямована сучасна наука. Йдеться про зменшення споживання палив нафтового походження, обмеження обсягів атмосферного повітря, що залучається до процесів окислення вуглеводневого палива в циліндрах двигуна внутрішнього згорання, та зменшення викидів шкідливих речовин, що забруднюють повітря в безпосередній близькості від помешкання людей. Серед великої кількості заходів, спрямованих на вирішення названих негараздів, певно обов'язково будуть знайдені такі рішення, що зроблять автомобільний транспорт безпечним, але треба зважати на те, що існуючий на сьогодні парк автомобілів з ДВЗ буде знаходитись в експлуатації ще досить тривалий час [1].

Мета роботи

Запропонувати один зі способів зменшення негативного впливу автомобіля на навколишнє середовище (використання системи SCR), зокрема викидів NO_x .

Виклад основного матеріалу дослідження

В Україні транспортна мережа доволі густа, кількість та активність автотранспорту в містах великі, й шкоду докільню він завдає дуже відчутну. Основні причини цього – застарілі конструкції двигунів, використовуване паливо (бензин, а не газ чи інші, менш токсичні речовини) та погана організація руху, особливо в містах, на перехрестях. У відпрацьованих газах (ВГ), що їх викидають наші автомобілі, виявлено близько 280 різних шкідливих речовин, серед яких особливу небезпеку становлять канцерогенні бенз(а)пірени, оксиди азоту, свинець, ртуть, альдегіди, оксиди вуглецю й сірки, сажа, вуглеводні [2].

На сьогодні викиди забруднювальних речовин автомобільним транспортом у середньому за рік становлять близько 5,5 млн тонн, це близько 39 % усього обсягу шкідливих викидів в Україні. Основна частка забруднень припадає на великі міста. У деяких з них відсоток забруднення повітря ВГ часом досягає 70-90 % загального рівня забруднень. Однією з серйозних проблем є те, що більш як 20 % автотранспортних засобів експлуатується в Україні з перевищенням встановлених нормативів умісту шкідливих речовин у ВГ [3].

Щоб боротися із проблемою забруднення атмосфери автомобілями та знижувати викиди оксидів азоту, інженери ускладнили дизельний двигун, а деякі вже дійшли до межі можливостей обмежувати утворення оксидів азоту в циліндрі двигуна. Запроваджується система селективної каталітичної нейтралізації (SCR).

Щоб досягти максимального ефекту нейтралізації протягом усього терміну служби системи, потрібно в першу чергу дотримуватися правил експлуатації і вимог європейського стандарту DIN 70070. При недотриманні цих правил, може статися незворотній процес, такий як відмова активних центрів або блокування пор. Систему SCR можна відключати для більш ефективної роботи автомобіля. Щоб технологія функціонувала безвідмовно, потрібно: слідкувати та підтримувати чистоту реагенту сечовини від будь-яких сторонніх речовин; робоча рідина (сечовина) не повинна піддаватися стороннім або надмірним фізичним впливам.

У технології SCR використовується AdBlue – спеціальний рідкий реагент, який являє собою водний розчин, що складається з 32,5 % сечовини високої чистоти, 67,5% демінералізованої води високого ступеня очищення і невеликої кількості вуглекислого газу. Вступаючи в хімічну реакцію з оксидами азоту в відпрацьованих газах, AdBlue перетворює їх у чистий азот і воду. Слід зазначити, що мова йде тільки про рідини, вироблені з суворим дотриманням технології і на які наявна ліцензія VDA. Застосування в системі SCR розчину сечовини, виготовленого самостійно, з неочищених компонентів, може привести до виходу системи з ладу. Навіть якщо цього не станеться, реакція очищення буде протікати неправильно, а тому неефективно.

Дизельні двигуни можуть працювати зі збідненою сумішшю співвідношення повітря-паливо, щоб забезпечити повне згорання сажі та запобігти виснаженню незгорілого палива. Надлишок повітря обов'язково призводить до утворення NO_x , від азоту в повітрі, які є

шкідливими забруднювачами. SCR використовується для зменшення кількості NO_x , який викидається в атмосферу. DEF з окремого резервуара впорскується у вихлопну трубу. У каталізаторі SCR NO_x за допомогою аміаку перетворюються у воду та азот, котрі менше забруднюють навколишнє середовище. Потім вода і азот викидаються в атмосферу через вихлоп [4].

Кількість впорскування DEF у вихлопні гази залежить від конкретної системи післяочистки, але зазвичай становить 2-6 % від обсягу споживання дизельного палива. Такий низький рівень дозування забезпечує тривалі інтервали заправки рідини та мінімізує розмір ємності (та мінімальні зміни в устаткуванні автомобіля). Електронний блок керування регулює додавання рідини відповідно до таких параметрів, як робоча температура та швидкість обертання двигуна.

AdBlue -засіб для зниження викидів оксидів азоту дизельних двигунів застосовується в якості додаткової робочої рідини в системах зниження токсичності дизельних двигунів, оснащених селективними каталітичними перетворювачами, при цьому використовується технологія селективної каталітичної нейтралізації SCR.

Якість AdBlue регулюється положеннями європейського стандарту ISO 22241-1/2/3.

Реагент AdBlue знижує концентрацію небезпечних оксидів азоту в вихлопних газах, що необхідно для досягнення екологічних нормативів Євро-4, Євро-5 і Євро-6 щодо викиду шкідливих речовин.

Технологія SCR з використанням реагенту AdBlue має ряд переваг над іншими системами:

- 1) вона нешкідлива для людей і тварин;
- 2) не горить;
- 3) не є токсичною;
- 4) у ній відсутній ризик вибуху;
- 5) безпечна для навколишнього середовища;
- 6) економічно витрачається;
- 7) не розширюється, як вода, тому бак для AdBlue не може лопнути при тривалому промерзанні реагенту;
- 8) повністю відповідає стандартам вимогам, визначеним стандартами ISO 22241 та DIN 70070;
- 9) забезпечує надійну роботу системи селективної каталітичної нейтралізації відпрацьованих газів;
- 10) дозволяє знизити експлуатаційні витрати;
- 11) зберігає свої властивості у разі замороження.

Маючи так багато переваг, у системи є чи немало недоліків:

- 1) рідина AdBlue легко вступає в реакцію з різними речовинами і матеріалами;
- 2) дуже чутлива до металів: цинк, алюміній, мідь, чавун, латунь. При контакті з цими металами утворюються солі, які у випадку потрапляння в каталізатор можуть вивести його з ладу. Ці метали використовуються під час виробництва деяких матеріалів, які застосовуються в різному устаткуванні. Саме тому рекомендується використовувати тільки устаткування, схвалене для роботи з AdBlue;

3) всі матеріали, що контактують з AdBlue, не повинні містити сторонніх домішок, таких як оливи, паливо, інші мастильні матеріали, розчинники, пил та інші хімічні або природні речовини, щоб уникнути забруднення AdBlue;

- 4) ємності для зберігання повинні бути оригінального виконання і щільно закритими; мінімальний термін зберігання 1 рік (12 місяців);
- 5) температура зберігання від мінус 11 до плюс 30 градусів;
- 6) необхідно оберігати від попадання прямого сонячного світла [5].

Висновки

Отже, забруднення атмосфери відпрацьованими газами – актуальне явище в будь-якому більш-менш великому населеному пункті. Спільно з продуктами діяльності промислових підприємств, які обслуговують зростаючі потреби людей, шкідливі викиди знижують якість

повітря і роблять його небезпечним для здоров'я людини. Крім того, перенасичення атмосфери різними хімічними речовинами веде до знищення тисяч видів рослин і тварин, часткового порушення озонового шару, глобального потепління та інших катаклізмів планетарного масштабу.

Запобігти або загальмувати згубні для навколишнього середовища наслідки науково-технічного прогресу можна за допомогою новітніх технологій. Однією з найбільш перспективних розробок у сфері захисту навколишнього середовища стала система SCR, створена німецькими вченими. Ця технологія дозволяє на 90 % очистити відпрацьовані гази дизельних двигунів від шкідливих оксидів. Сьогодні системою SCR оснащені практично всі вантажні автомобілі в Європі. Завдяки цьому транспортні засоби відповідають екологічним нормам Євро-4 і Євро-5.

Список літератури

1. Навчальні матеріали онлайн. Способи зниження токсичності відпрацьованих газів. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pidruchniki.com/>.
2. Джигерей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: навч. посіб. 4 вид., випр. – К.: Знання, КОО, 2006. – 319 с.
3. Навчальні матеріали онлайн. Шляхи зменшення шкідливості викидів автомобільного транспорту. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pidruchniki.com/>.
4. Технологія SCR – очищення вихлопних газів. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://noxy.com.ua/info/>.
5. Розчин сечовини «AdBlue». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tizinox.com.ua/>.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОЕФІЦІЕНТУ ЖОРСТКОСТІ ПРУЖНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПІДВІСКИ ГІБРИДИЗОВАНОГО ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

Ольга ХОДОС¹, ст. викл., Олена ЛАГОШНА¹, ас., Микола ЄРІСОВ¹, ас.

¹НТУ «Дніпровська політехніка» (Україна)

Ключові слова: гібридизований легковий автомобіль, коефіцієнт жорсткості, пружні елементи, підвіска

Вступ

Споживання значної кількості паливно-енергетичних ресурсів, в тому числі й на транспорті, призводить до подорожчання нафтопродуктів, а також негативно впливає на стан загальної екологічної обстановки. За сучасного насичення великих міст автотранспортом все більше уваги, під час вирішення даної проблеми, приділяється застосуванню енергозберігаючих технологій, зниженню викидів шкідливих речовин автотранспортом у навколишнє середовище. Тому пріоритетним завданням під час проектування міських автомобілів є поліпшення їхніх паливно-економічних показників.

Мета роботи

Реалізація методики для визначення характеру впливу змінного коефіцієнту жорсткості пружних елементів залежної задньої підвіски на вертикальні та поперечно-кутові коливання піддресованої та непіддресованої мас автомобіля.

Виклад основного матеріалу дослідження

Аналіз тенденцій розвитку сучасних автомобілів показує, що найбільш перспективним напрямом у вирішенні енергетичної та екологічної проблеми на транспорті є застосування комбінованих силових установок на автомобілях, які забезпечують поліпшення енергетичних показників і зниження викидів парникових газів.

Аналіз найпопулярніших моделей легкових автомобілів, проданих в Україні, та автомобілів, які належать населенню, показав, що найбільш поширені легкові автомобілі з

двигунами внутрішнього згоряння. Ідея переобладнання серійного автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння в напівгібридний є актуальною і затребуваною [1].

Для переобладнання легкового автомобіля в гібридний необхідно додати до його конструкції мотор-колеса, контролер, систему керування електроприводом, елементи живлення.



Рисунок 1 – Загальний вид автомобіля, який переобладнують, та компоненти:
1 – мотор-колесо; 2 – перетворювач; 3 – акумуляторна батарея; 4 – контролер

Для можливості проведення переобладнання була розроблена принципова схема розташування елементів, згідно з якою на автомобілі була змонтована задня підвіска з мотор-колесами, перетворювач, акумуляторна батарея, контролер.

Таке переобладнання призведе до зміни масових параметрів автомобіля, що, в свою чергу, вплине на параметри плавності ходу, стійкості та керованості. Отже, розробка ефективного методу дослідження, який би дозволив визначити параметри задньої підвіски автомобіля з напівгібридною силовою установкою, при цьому враховуючи вертикальні та поперечно-кутові коливання підресореної маси кузова автомобіля, є необхідним та важливим.

Розрахунки параметрів підвіски автомобіля виконують виходячи з забезпечення необхідних норм плавності ходу за умов вертикальних коливань кузова. Проте, норми плавності ходу також передбачають обмеження поперечних і поздовжніх прискорень.

Збільшення жорсткості підвіски автомобіля призводить до зростання поперечних прискорень кузова, і як наслідок, до зниження плавності ходу. Таким чином, під час розрахунку параметрів підвіски автомобіля необхідно враховувати не лише вертикальні коливання, а й поперечно-кутові коливання підресореної маси [2].

Методика розрахунку параметрів задньої підвіски автомобіля з урахуванням вертикальних і поперечно-кутових коливань кузова розглянуто на прикладі серійного автомобіля ЗАЗ «Сенс», який було переобладнано в напівгібридний шляхом встановлення мотор-колес, контролерів і системи керування електроприводом з синхронізацією із дросельної заслінки, а також елементів живлення.

Одними з основних компонентів підвіски є пружини, які забезпечують необхідну висоту кузова над дорожнім полотном, а також впливають на вантажопідйомність і керованість машини. Багато факторів (розміри, форма, кількість витків, тощо) впливають на пружність пружин.

Після встановлення мотор-колеса, контролерів, системи керування електроприводом з

синхронізацією із дросельної заслінки, елементів живлення, через збільшення ваги задньої підвіски, з'являється необхідність у пружинах іншої жорсткості.

Для дослідження жорсткості пружин від деформації були вибрані пружини з постійним діаметром прута та зі змінним діаметром прута. Коефіцієнт жорсткості пружини не є сталою величиною і змінюється залежно від стискання пружини.

Дослідження жорсткості пружини виконували за допомогою ручного пресу, підлогових ваг і вимірювальної лінійки (сила тиску вимірювалася в кілограмах на сантиметр). Під час дослідження на ваги укладали дерев'яний брусок (товщиною не менше 12 мм), площа якого більше площі торця пружини, а зверху на нього встановлювали саму пружину. Верхній торець пружини накривали другим бруском дерева і вимірювали довжину елемента. Використовуючи прес, пружину стискали до конкретного значення (наприклад, 40 мм) і записували покази ваг, тим самим визначаючи жорсткість пружини.

Оптимальний рівень жорсткості встановлюється шляхом проведення тестувань у різних умовах руху, а ідеальне зусилля пружини відповідає величині, що попереджає надмірний крен кузова.

В результаті експериментів були отримані найменше та найбільше значення коефіцієнту жорсткості для пружин з постійним та зі змінним діаметром прута.

Висновки

Ця методика дозволяє визначити характер впливу змінного коефіцієнту жорсткості пружинних елементів залежної задньої підвіски на вертикальні та поперечно-кутові коливання підресореної та непідресореної мас автомобіля.

Список літератури

1. Hasser H. (2014). Vehicle Dynamics Conversion into Power (Dynapower): AASRI Conference on Power and Energy Systems, pp 32-37.
2. Семенов Н. В., Ролле В. Е. Расчет параметров подвески автомобиля с учетом поперечно-угловых колебаний кузова / Н. В. Семенов, В. Е. Ролле // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. – 2011.

ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ КЕРУВАННЯ РОЗВАНТАЖЕННЯМ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АВТОМОБІЛЯ

Микола ПІДГОРНИЙ¹, канд. техн. наук, доц., Володимир БОЙКО¹, канд. техн. наук, Олександр ЛУК'ЯНЧЕНКО¹, канд. техн. наук, доц.

¹ Черкаський державний технологічний університет (Україна)

Ключові слова: системний підхід, електропостачання, розвантаження енергосистеми, оптимальне керування, запас потужності

Вступ

Сучасний розвиток транспортних засобів формує нові умови в створенні електрообладнання [1], такі як необхідність підвищення енергоефективності систем електропостачання. Інновація та конкуренція виробників зазначених засобів вимагають більш точного визначення споживаної та згенерованої електроенергії. Зокрема, проблема підвищення рівня достовірності визначення електричного навантаження автотранспортних засобів вимагає новітнього підходу до його створення з урахуванням режимів роботи, нелінійності характеристик систем споживання автомобіля та генерування ними електромагнітних завад [2].

Ефективність вирішення поставлених завдань управління дозволяє виділити з множини оптимальних (або близьких до них) стратегій управління підсистемами автомобіля, на основі яких можна побудувати послідовності оптимального управління і отримати оцінки ефективності функціонування енергетичної системи автомобіля за методологією [3].

Вирішення проблеми управління розвантаженням системи електропостачання автомобіля, впроваджується новий підхід до автоматичного усунення дефіциту потужності, а також впливає з цього цільова функція завдання управління розвантаженням системи електропостачання автомобіля.

Актуальність роботи полягає у формуванні наукового підходу до вирішення завдань управління розвантаженням системи електропостачання автомобіля, що дає можливість вибудувати послідовність оптимального управління електропостачанням споживачів автотранспортних засобів.

Мета роботи

Умови експлуатації електрообладнання автотранспортних засобів визначають як сукупність кліматичних та механічних чинників, що впливають на режими основного електрообладнання [2]. Тому метою дослідження є забезпечення ефективності вирішення завдань управління розвантаженням системи електропостачання автомобіля на основі розробки практичної реалізації методів і математичних моделей. Вона визнана провідними світовими виробниками електричних складових автомобілів та належить до числа важливих завдань і є частиною проблеми підвищення енергоефективності електротранспортних засобів [1].

Виклад основного матеріалу дослідження

Аналіз літературних першоджерел визначення втрат електроенергії вітчизняних та закордонних авторів показав, що моделювання додаткових втрат електроенергії при порушенні якості напруги з урахуванням режимів роботи нелінійного навантаження є малодослідженим питанням в електрообладнанні автотранспортних засобів, тому за максимальних навантажень на енергосистему автомобіля через кінцеву потужність генератора можливі перевантаження в енергосистемі, викликані дефіцитом потужності.

Окрім того, в електричних машинах змінного струму, що застосовуються в автотранспортних засобах, виникають магнітні поля, що обертаються з синхронною швидкістю в напрямку обертання ротора і з подвійною синхронною швидкістю – у протилежному. В результаті виникає гальмівний електромагнітний момент, а також додатковий нагрів активних частин машини, головним чином ротора, за рахунок струмів подвійної частоти. Режими електроспоживання, як відомо, є результатом підсумовування значної кількості складових, наслідком яких виявляється нормальний розподіл цих випадкових процесів, який є основою можливості й ефективності вживання загальних математичних процедур під час вирішення завдань статистичного аналізу і прогнозування режимів електроспоживання.

У нашому дослідженні ліквідація дефіциту потужності системи електропостачання автомобіля може здійснюватися двома шляхами:

1. Включення резервних блоків живлення (автомобільний акумулятор).
2. Відключення частини працюючих споживачів електроенергії.

Якщо перший спосіб розвантаження енергосистеми не призводить до зміни ефективності функціонування автомобіля, то другий, використання в найбільш енергонавантажених режимах роботи енергосистеми автомобіля (резервної ємності немає), вимагає відключення працюючих підсистем, що призводить до зміни ефективності функціонування транспортного засобу. Основним завданням у даному випадку є вибір множини споживачів, які відключаються, це забезпечує покриття дефіциту потужності в енергосистемі при мінімальному зниженні ефективності функціонування автомобіля.

Постановку проблеми управління розвантаженням енергосистеми пропонується почати з класифікації споживачів, які за ступенем значущості будуть розділені на групи:

1. Споживачі, які забезпечують безаварійну роботу автомобіля. Відключення споживачів цієї групи під час перевантажень енергосистеми неприпустимі.
2. Споживачі, які забезпечують безпосереднє досягнення цілей експлуатації автомобіля, відключення яких у випадку перевантажень в енергосистемі неприпустимо.
3. Споживачі, які забезпечують негайне досягнення цілей експлуатації автомобіля, відключення яких за нестачі потужності допустимо. При цьому за рахунок управління

автомобілем за субоптимальними стратегіями знижується ефективність його використання.

4. Інші споживачі, відключення яких за нестачі потужності в енергосистемі допустимо і не призводить до зниження ефективності функціонування автомобіля.

Пропонується розвантаження енергосистеми, яке здійснюється за такими принципами: до l -го, де $l = 1, \dots, L$, стаціонарний режим роботи автомобіля шляхом відключення споживачів третьої і четвертої груп створюється в енергосистемі запас потужності, що забезпечує безперерйну роботу споживачів першої і другої груп; необхідний запас ходу забезпечується відключенням споживачів третьої і четвертої груп; в першу чергу відключаються споживачі четвертої групи, і якщо цього недостатньо, то споживачі третьої групи, загальна потужність яких покриває дефіцит за мінімального зниження ефективності функціонування автомобіля; значення запасу потужності підбирається так, щоб можливе протягом l -го, де $l = 1, \dots, L$, режиму перевантаження не перевищувало за тривалістю часу $t_0 > 0$.

Розвантаження енергосистеми здійснюється автоматично, супроводжуючись сигналами тривоги. При цьому розглядається наступний підхід: якщо шляхом позначення $F_{1l}(W)$ функції розподілу потужності споживаної споживачами першої групи в l -м, де $l=1, \dots, L$ режимі циклу, W_c – потужність системи електропостачання, $W_{1l}(t)$ – потужність, споживана підсистемами першої групи, $W_{2l}(t)$ – потужність, споживана підсистемами другої групи, то буде визначена функція розподілу потужності $\varphi(W/W_c)$, та, що припадає на частку споживачів третьої і четвертої груп і описується співвідношенням:

$$\phi(W/W_c) = \sum_{l=1}^L P_l [1 - F_{1l}(W_c - W_{1l}(t) - W)]. \quad (1)$$

Вибір величини потужності системи електропостачання повинен визначатися якісною оцінкою впливу величини W_c на ефективність функціонування системи живлення автомобіля Q . Отримуємо $Q=Q(W_c)$. Це можливо за умови вирішення проблеми оптимального управління функціонуванням автомобіля, яка включає в себе W_c як обмеження [4].

Вибір цільової функції з застосуванням методології [3] та з метою керування автомобілем в екстремальних умовах, розглянемо вибір стратегій, які б забезпечували максимальну середню ефективність функціонування автомобіля в процесі його функціонування.

Цільова функція задачі повинна відображати множину зовнішніх умов функціонування об'єкта X в множину можливих значень показників його ефективності Q . Система обмежень електрозабезпечення автомобіля повинна враховувати: інтервали і характер зміни параметрів зовнішніх умов; передбачити характеристики підсистем транспортного засобу, які використовуються в процесі досягнення мети; характеристики цілі; набір можливих значень потужності W_c ; енергетичні потреби підсистем транспортного засобу. Вихідними даними задачі є значення, які входять у цільову функцію, обмеження і результати вирішення поставлених завдань.

Рішення проблеми оптимального керування енергопостачанням автомобіля в екстремальних умовах на ранніх етапах його створення пов'язане з неповнотою інформації про умови його функціонування, зі стохастичним характером зміни зовнішніх умов, відсутністю точної інформації про параметри підсистем автомобіля, які в електрообладнання автомобіля додасть власник транспортного засобу [3].

Результатом вирішення задачі, по аналогії з [5], крім множини рішень, буде отримане значення $Q(W_c)$ – максимальний середній показник ефективності енергосистеми автомобіля. Вирішуючи задачу за різних значень W_c , можна отримати відповідні значення величини $Q(W_c)$, і відповідні зміни показника її ефективності

$$\Delta Q(W_c) = \frac{Q(\infty) - Q(W_c)}{Q(\infty)} \quad (2)$$

У цьому випадку отримаємо граничні значення потужності, $W_1 \stackrel{D}{=} \{inf W_c : Q(W_c) = 1\}$, $W_2 \stackrel{D}{=} \{sup W_c : Q(W_c) = 1\}$. Ці значення відповідно визначають нижню і верхню межі

можливих значень потужності системи електропостачання автотранспортного засобу.

Висновок

У ході дослідження була вирішена задача контролю розвантаження системи електропостачання автомобіля і оптимального управління електропостачанням автомобіля в екстремальних умовах. Перспективи подальших досліджень вбачаються в дослідженні потужності споживачів електроенергії автотранспортних засобів.

Список літератури

1. G. Kosobudzki, M. Rogoza, O. Lysenko та Y. Papaika, "Frequency and Parametric Characteristics of Direct Current Pulse Conversion Filter of a Contactless Electric Locomotive", 14th Selected Issues of Electrical Engineering and Electronics (WZEE), Szczecin, Poland, 2018, doi.org/10.1109/wzee.2018.8748987.

2. A. Burke, M. Miller, H. Zhao, M. Radenbaugh та Z. Liu, "Ultracapacitors in micro-and mild hybrids with lead-acid batteries: Simulations and laboratory and in-vehicle testing", World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27), Barcelona, Spain, 2013. doi.org/10.1109/evs.2013.6914961.

3. А.А. Тимченко, Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів. – К.: Либідь, 2004. – 288 с.

4. А. Тимченко, М. Підгорний та В. Бойко, "Системний підхід до проектування систем активної безпеки автомобіля", у Системний аналіз та інформаційні технології, Київ, Україна, 26-30 трав. 2009. Київ: ННК «ІПСА» НТУУ «КПІ», 2009, с. 58-68.

5. A. Timbus, M. Liserre, R. Teodorescu, P. Rodriguez та F. Blaabjerg, "Evaluation of Current Controllers for Distributed Power Generation Systems", IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 24, № 3, pp. 654-664, 2009. doi.org/10.1109/tpel.2009.2012527.

РЕАЛІЗАЦІЯ ОЗДОБЛЮВАЛЬНО-ЗАЧИЩУВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ У ВІБРОВІДЦЕНТРОВІЙ УСТАНОВЦІ

Микола ПКУЛА¹, ст. викл.

¹Національний університет водного господарства та природокористування (Україна)

Ключові слова: оздоблювально-зачищувальна обробка, гранульовані середовища, інгредієнти робочого середовища, вібровідцентрова установка

Вступ

Темпи розвитку сучасних технологій машинобудівної галузі та ремонтного виробництва постійно вимагають пошуку нових способів і методів оздоблювально-зачищувальної обробки (ОЗО), які мають високу продуктивність і широкі технологічні можливості. Одним з ефективних шляхів вирішення цього завдання є проведення ОЗО деталей машин гранульованими середовищами в технологічних системах відцентрово-вібраційного типу, робоча камера яких здійснює складні рухи. Переваги таких технологічних систем полягають у розширенні діапазону змін результуючих векторів переміщень інгредієнтів (деталей і гранул) робочих середовищ, підвищення інтенсивності їх перемішування та переорієнтації. Це зумовлює перспективність їхнього застосування для підвищення продуктивності ОЗО.

Разом із тим існує ще чимало невирішених питань, що стримує практичне застосування ОЗО в гранульованих робочих середовищах. Зокрема, у роботах, присвячених дослідженням таких обробок деталей, нема єдиного підходу до опису кінематики руху гранульованих робочих середовищ та їхньої контактної взаємодії з оброблюваною деталлю, недостатньо теоретично обґрунтовано зв'язок якості та інтенсивності процесу з конструктивними параметрами установок, відсутні відповідні аналітичні залежності. Все це в комплексі і визначає актуальність досліджень у сфері вібраційних технологій ОЗО.

Метою роботи є встановлення закономірностей оздоблювально-зачищувальної обробки різнопрофільних деталей у вібровідцентровій установці.

Виклад основного матеріалу дослідження

Одним із ефективних шляхів вирішення виконання ОЗО деталей є використання технологічних систем з горизонтальною віссю обертання робочої камери чи її елементів. Робочий блок такої технологічної системи повинен реалізувати процес об'ємної ОЗО по всьому профілю деталі та дозволяти безперешкодний рух деталі через робочу зону.

До деталей, які обробляють на вібраційних установках, ставлять вимоги, зокрема:

- товщина основи облою по лінії рознімання ливарної форми на деталях, отриманих литтям під тиском, не повинна перевищувати 0,5 мм;

- максимальна висота задирок по контуру деталей, отриманих листовим штампуванням, не повинна перевищувати 30 % товщини листа, а товщина основи задирок – не більше 1,5 мм;

- глухі отвори та пази піддаються обробці тільки тоді, коли розмір гранул робочих середовищ не перевищує 0,3 діаметра отвору або ширини паза. При цьому глибина отворів діаметром до 10 мм не повинна бути більшою за діаметр отворів, діаметром 10...15 мм – не більше двох діаметрів. Глибина паза шириною до 10 мм має бути більше його ширини, паза 10...50 мм – трохи більше подвоєної його ширини.

Одним з конструктивних рішень технологічної системи для ОЗО різнопрофільних деталей [1] є установка, яка дозволяє забезпечити високоенергетичний процес обробки деталей у робочій зоні, створеній циліндричною вставкою та двома напівбарабанами, вільно встановленими на вставці. Напівбарабани обертаються у вставці, причому їх приводи забезпечують їхнє зустрічне обертання. А встановлення циліндричної вставки в карданному підвісі забезпечує її рух у формі конуса.

Переміщення маси робочого середовища в установці можна розділити на два етапи: рух у безпосередньому контакті зі стінками установки та рух у відриві від цих поверхонь.

Аналіз кінематики руху частинок оброблювального середовища, що прилягає до стінок установки, дозволяє отримати залежності абсолютної швидкості та прискорення частинок оброблювального середовища від геометричних параметрів вставки та кута її нахилу до осі обертання. Це початкові умови для визначення динамічних характеристик середовища, що дозволяє розглянути умови відривання їхніх частинок, коли елементи маси завантаження переходять у ковзний режим. При скочуванні верхні шари маси завантаження обертаються навколо своїх осей, втягуючи прилеглі шари частинок мас завантаження, і ті в результаті перекочуються відносно один одного. Крім цього, при скочуванні лавиною по нерівній поверхні нижчих шарів відбуваються мікроудари та ковзання часток мас завантаження.

Отже, деталі обробляються в процесі взаємного тертя, дряпання і мікроударів інгредієнтів робочого середовища. Інтенсивність перебігу цих процесів залежить від розмірів робочої зони, мас інгредієнтів гранульованого середовища, геометрії робочого об'єму і коефіцієнта його заповнення, швидкості обертання напівбарабанів та інших факторів.

Зміна інтенсивності впливу на оброблювану деталь обумовлена зміною кількості ковзних шарів середовища в процесі передачі енергії деталі від стінок вставки та напівбарабанів. Зміна кута нахилу вставки щодо осі її підвісу забезпечує додаткове поздовжнє переміщення маси оброблювального середовища і змінює загальний характер її руху. Маса робочого середовища може переміщатися між напівбарабанами (від периферії до центру і назад), здійснюючи циркуляційний рух і змінюючи при цьому щільність середовища в різних зонах робочого об'єму. Отож, інгредієнти робочого середовища здійснюють складний рух, що складається з поступального переміщення разом з елементарним шаром, та коливання з незначною амплітудою.

Як впливає із запропонованої моделі руху інгредієнтів маси завантаження в робочій зоні, шари робочого середовища в області карданного підвісу вставки мають малу швидкість руху. Тому поверхні деталі, що потрапляють у цю область, зазнають меншого впливу з боку гранул і, як наслідок, зазнають менш ефективної обробки. В умовах реальної обробки миттєві центри руху інгредієнтів робочого середовища не мають чітко фіксованого

положення, хаотично змінюючи його. Тому для практичних розрахунків товщину ковзного шару з достатнім ступенем ймовірності можна прийняти на рівні половини висоти маси завантаження в робочій зоні установки.

Зі сказаного слідує, що основними характеристиками, які визначають динамічний стан робочого середовища і, як наслідок, технологічний ефект обробки, є тиск середовища та швидкість її переміщення. Ці два фактори в сукупності визначають щільність енергетичного впливу потоку гранульованого середовища на поверхню деталі і ефективність обробки.

Висновки

1. На основі аналізу руху частинок робочого середовища у вібровідцентровій установці встановлено, що основними геометричними та кінематичними характеристиками, які визначають технологічний ефект обробки, є кут коливання циліндричної вставки відносно осі обертання та частота обертання напівбарабанів.

2. Надання деталі додаткового зустрічного обертання щодо напрямку руху потоку інгредієнтів робочого середовища додатково інтенсифікує процес обробки поверхонь за рахунок збільшення часу контактної взаємодії деталі і абразивних гранул.

3. Найбільший технологічний ефект ОЗО в установці досягається в умовах її завантаження в межах 60...70 % об'єму робочої зони і швидкості обертання напівбарабанів не більше 50...60 об/хв.

Список літератури

1. М.В. Пікула. Синтез нових схем вібраційно-відцентрових установок // Наукові нотатки. – Вип. 37. – Луцьк: ЛНТУ, 2012. – С. 266-271.

ДО ПИТАННЯ ПРО ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ УДОСКОНАЛЕННЯМ МАТЕРІАЛЬНО- ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ЇХ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Олексій ГОЛОВАЩЕНКО¹, аспірант (PhD студент)

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: автотранспортний засіб, технічна готовність, матеріально-технічне забезпечення, працездатність

Вступ

Постійний розвиток науки і техніки, застосування інформаційних технологій, автоматизація процесів експлуатації та управління автотранспортними засобами (АТЗ) потребують суттєвого удосконалення організаційних, технологічних та технічних заходів. Саме ці заходи здатні і повинні забезпечувати в життєвому циклі АТЗ його підтримку у працездатному стані.

Мета роботи

Формування загального підходу, методів і засобів підвищення технічної готовності автотранспортних засобів удосконаленням матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності на основі застосування засобів автоматизованої інформаційної підтримки процесу експлуатації з урахуванням рівня їх технічного стану [1].

Виклад основного матеріалу дослідження

Ефективність технічної експлуатації АТЗ характеризується ступенем технічної готовності рухомого складу до виконання перевезень при найменших затратах на експлуатацію.

Сучасний автотранспортний засіб і середовище його технічної і виробничої експлуатації являють собою систему «автотранспортний засіб – підприємство технічної експлуатації – інфраструктура транспорту», особливості якої можливо визначити наступним чином: в частині цільового призначення – керуюча (основним завданням системи є

управління технічним станом АТЗ); в частині кількості елементів, складових і компонентів – полісистема (до складу входить АТЗ, засоби інфраструктури і комплекс технічних пристроїв), багаторівнева (існує ієрархія взаємодії компонентів); в частині характеристик машинного компонента – системотехнічний комплекс (складна технічна система, в якій АТЗ, в процесі здійснення властивої йому виробничої і технічної експлуатації, взаємодіє не тільки з технічними пристроями, але і з інфраструктурою транспорту, інформаційними компонентами і технологічною базою підприємства технічної експлуатації); в частині взаємодії АТЗ, інфраструктури транспорту, підприємства технічної експлуатації забезпечується тип взаємодії – безперервна взаємодія (даний тип системи належить до найбільш складних).

Широка автоматизація виробничих процесів, пов'язаних з особливостями конструкції АТЗ, особливостями інфраструктури транспорту, має прояв у застосуванні складних систем та комплексів автоматизованого контролю та управління. Врахування особливостей та ведення технічної документації спонукає до пошуку альтернативних шляхів збору та узагальнення інформації для покращення контролю за раціональною організацією експлуатації транспортних засобів. Контроль і керування процесами експлуатації засобів автомобільного транспорту здійснюється, в тому числі, складовими і компонентами інтелектуальних транспортних систем.

Загальна ефективність досліджуваної системи поділяється на технічну і економічну. За вихідні показники або критерії яких прийнято: для першої – коефіцієнт технічної готовності, для другої – рівень зниження статей собівартості, що залежать від стану автомобіля. Тривалість експлуатаційного циклу залежить від планованого пробігу або напрацювання за цикл та середньодобового пробігу.

Зі збільшенням пробігу автомобіля з початку експлуатації (з його старінням) простої в ремонті зростають, а коефіцієнт технічної готовності зменшується. На час простою в ремонті впливають наступні фактори: умови експлуатації, рівень організації ТО і ремонту, кваліфікація персоналу тощо.

Саме одним із таких факторів є матеріально-технічне забезпечення, яке вирішує питання наявності на підприємстві автомобільного транспорту запасних частин та матеріалів, необхідних для проведення ТО і Р, таким чином зменшуючи кількість днів простою АТЗ в ремонті та зростання коефіцієнта технічної готовності як чинника підвищення показників ефективності технічної експлуатації.

Використання сучасних технологій експлуатації транспорту, в специфічних умовах застосування засобів автомобільного транспорту за призначенням, потребує розробки засобів і методів інформаційного забезпечення, в тому числі для отримання достовірної інформації про технічний стан транспортних засобів, компетентність працівників, а також контроль за ресурсами підприємства, своєчасністю і якістю проведення організаційно-технічних заходів з технічного обслуговування, діагностики та ремонту в швидкозмінних умовах експлуатації.

Одна з ознак підвищення технічної готовності АТЗ – грамотна організація виробничо-технічної бази для їхнього обслуговування і матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їхньої працездатності. В частині організації матеріально-технічного забезпечення можливо виділити найбільш значущі завдання: гарантія оптимальних запасів запасних частин та матеріалів, а також шляхів їх поповнення; поліпшення процесів замовлення, купівлі та поставки комплектуючих.

Якщо ці завдання виконуються незадовільно, то можуть виникати наступні проблеми: зайві простої АТЗ у ремонті, що ускладнюють функціонування виробничої зони та ведуть до необхідності пошуку все більших приміщень для зберігання АТЗ, які чекають на ремонт або обслуговування; збільшення черг на обслуговування; зростання потоку вимушених відмов в обслуговуванні, пов'язаних з нестачею запасних частин тощо. Одним із шляхів вирішення вказаних проблем є забезпечення постійно діючої інформаційної бази даних про технічний стан АТЗ в умовах експлуатації у поєднанні з аналізом забезпечення раціонального матеріально-технічного забезпечення для формування сталої працездатності АТЗ. Моніторинг параметрів технічного стану АТЗ в системі «автотранспортний засіб –

підприємство технічної експлуатації – інфраструктура транспорту» потребує створення єдиного інформаційного середовища та електронної бази даних в умовах експлуатації засобів автомобільного транспорту.

Для досягнення поставленої мети планується вирішення наступних завдань дослідження:

1. Здійснити аналіз сучасного стану в галузі технічної експлуатації АТЗ і обґрунтування шляхів забезпечення та підвищення їхньої технічної готовності й ефективності матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності.

2. Розробити структурну модель інформаційного забезпечення технічної готовності АТЗ в умовах експлуатації.

3. Розробити метод забезпечення технічної готовності АТЗ із застосуванням структурної моделі на основі інформаційного забезпечення процесів керування системою матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їхньої працездатності;

4. Розробити інформаційну і математичну модель управління системою матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення працездатності АТЗ та запропонувати критерій для визначення можливості забезпечення технічної готовності АТЗ.

5. Удосконалити метод отримання залежності коефіцієнта забезпечення технічної готовності АТЗ і керування системою матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їхньої працездатності для різних поєднань експлуатаційних факторів, обсягів робіт і обмежень, які виникають у конкретних умовах експлуатації.

Висновки

Вирішити показані проблеми дозволить створення науково обґрунтованої системи управління матеріально-технічним забезпеченням процесів відновлення працездатності АТЗ для підвищення їхньої технічної готовності. Тому дослідження, створені задля підвищення рівня технічної готовності автотранспортних засобів удосконаленням матеріально-технічного забезпечення процесів відновлення їх працездатності, є актуальними.

Список літератури

1. Gritsuk, I., Volkov, V., Mateichyk, V., Grytsuk, Y. et al., "Information Model of V2I System of the Vehicle Technical Condition Remote Monitoring and Control in Operation Conditions," SAE Technical Paper. 2018-01-0024, 2018.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ ЗАПАСНИХ ЧАСТИН АВТОСЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Микола КОШАРНИЙ¹, канд. техн. наук, доц., Вадим ШКРЕБКО¹, студент

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: системи управління запасами, запасні частини, запаси, модель, критерії ефективності

Вступ

Одним із найважливіших питань в організації технічного обслуговування й ремонту автомобілів є питання постачання їх запасними частинами. Це завдання може бути сформульовано так: будь-яка запасна частина повинна бути в певний період там, де вона необхідна. Однак, незважаючи на гадану простоту даного завдання, неможливо уявити всі ті труднощі, які виникають при його вирішенні, так ще й з обліком сучасних економічних аспектів формування ринкових відносин в Україні.

Складність завдання управління запасами складається у визначенні реального споживання й оптимального розподілу запасних частин. Вона визначається багатьма факторами, у першу чергу – особливостями запасних частин як продукту постачання і їхнім маркетингом, наявністю різноманітних форм власності і недостатньою вивченістю деяких теоретичних питань організації системи постачання в умовах ринкової економіки.

Найбільш розвиненими в теорії управління запасами є найпростіші випадки: один склад – один споживач. А тому питання управління стосовно системи загалом вивчені слабо. У кожному конкретному випадку потрібна розробка індивідуальної моделі управління запасами. Звідси випливає, що найбільш важливим є аналіз системи в цілому, тому що тільки такий підхід може дати відповіді на питання:

- які номенклатури деталей необхідно робити?
- де необхідно зберігати зроблене?
- як здійснювати взаємодію складів?

Через недосконалість управління постачанням ринку запасними частинами, з одного боку, зростають збитки споживачів у зв'язку з відсутністю окремих найменувань запасних частин, а з іншого боку – збільшуються запаси і в постачальників, і, частково, у споживачів. Таке становище погіршується відсутністю на сьогоднішні ефективних методів маркетингу в системі управління запасами.

Мета роботи

Метою даної роботи є розробка пропозицій щодо підвищення ефективності постачання запасних частин до підприємств автосервісу.

Виклад основного матеріалу дослідження

Основною проблемою в системі управління підприємством є неефективна (часто взагалі відсутня) система управлінського обліку, яка, даючи запізнілу, спотворену або занадто узагальнену інформацію, може легко підірвати зусилля компаній із чудовими розробками, виробництвом і маркетингом. Наслідком цієї проблеми є невикористання внаслідок відсутності системи управлінського обліку сучасних методів управління виробничими запасами.

Для вирішення цієї проблеми необхідно створити систему сучасного управлінського обліку, яка готувала б інформаційну базу для основних елементів управління витратами і собівартістю продукції промислового підприємства, якими є прогнозування і планування, нормування витрат, організація їхнього обліку і калькуляція собівартості продукції, аналіз, контроль і регулювання діяльності по ходу її здійснення.

Управління запасами полягає у вирішенні двох основних завдань:

- визначення розміру необхідного запасу, тобто норми запасу;
- створення системи контролю за фактичним розміром запасу і своєчасним його поповненням відповідно до встановленої норми.

Під час визначення норм запасів використовують три групи методів: евристичні, методи техніко-економічних розрахунків і економіко-математичні методи. Визначивши мінімальну кількість матеріальних ресурсів, яка має постійно перебувати на складі, менеджерам підприємства необхідно перейти до розробки системи контролю за станом запасів.

Контроль за станом запасів – це вивчення і регулювання рівня запасів продукції виробничо-технічного призначення і товарів народного вжитку з метою виявлення відхилень від норм запасів і вжиття оперативних заходів до ліквідації відхилень.

Необхідність контролю за станом запасів обумовлена підвищенням витрат у разі виходу фактичного розміру запасу за рамки, передбачені нормами запасу. Контроль за станом запасу може проводитися на основі даних обліку запасів, переписів матеріальних ресурсів, інвентаризацій або в міру необхідності.

Загалом можна виділити наступні системи контролю за станом запасів: із фіксованою періодичністю замовлення (рис. 1); з фіксованим розміром замовлення (рис. 2). Рештою систем є різновиди цих двох систем.

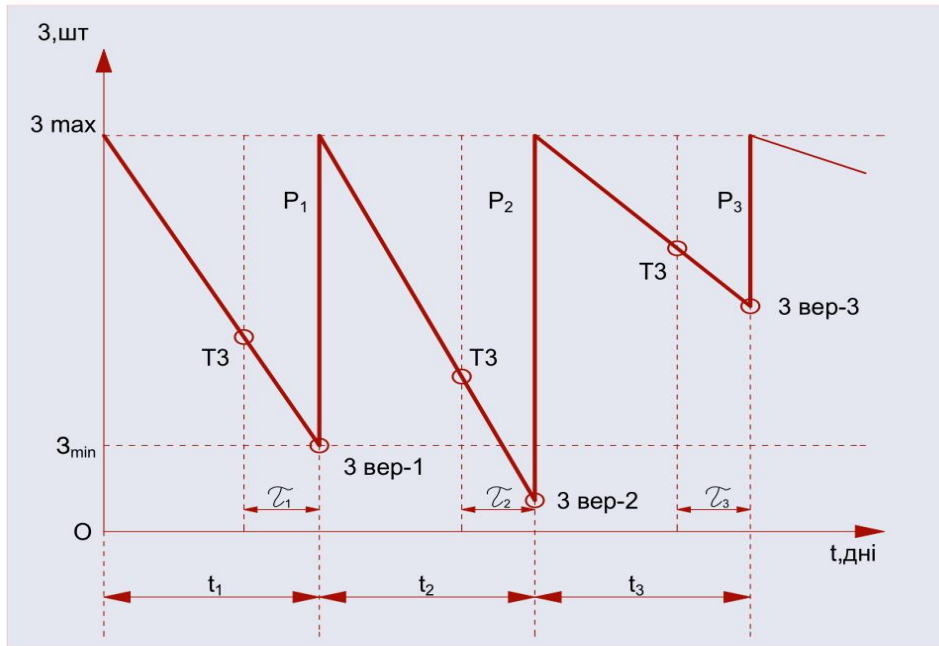


Рисунок 1 – Система контролю за станом запасів з фіксованою періодичністю замовлення:
 t – інтервал часу, через який повторюється замовлення (у нашому випадку – 3 дні), для даної системи
 величина постійна;

τ – час, необхідний на розміщення і виконання замовлення;

P_1, P_2, \dots, P_i – величина окремого, i -го замовлення;

T_3 – момент замовлення;

$Z_{\text{вер}}$ – імовірний розмір запасу;

$Z_{\text{макс}}$ – передбачений нормою максимальний запас;

$Z_{\text{мін}}$ – фактичний запас на момент перевірки

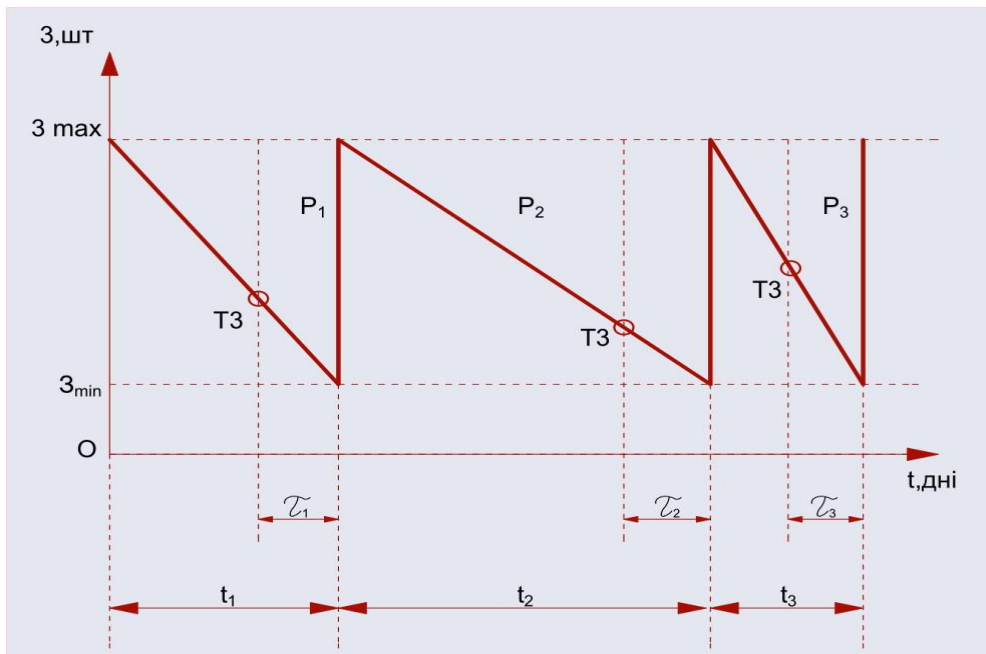


Рисунок 2 – Система контролю за станом запасів з фіксованим розміром замовлення:
 t_1, t_2, \dots, t_i – величина окремого i -го періоду часу, через який повторюється замовлення;

τ – час, необхідний на розміщення і виконання замовлення;

P – розмір замовлення, для даної системи контролю величина постійна;

T_3 – момент замовлення;

$Z_{\text{макс}}$ – передбачений нормою максимальний запас;

$Z_{\text{мін}}$ – фактичний запас на момент перевірки

Після того, як зроблений вибір системи поповнення запасів, необхідно кількісно визначити величину партії, що замовляється, а також інтервал часу, через який повторюється замовлення.

Оптимальний розмір партії товарів, що поставляються, і, відповідно, оптимальна частота завезення залежать від наступних|слідуючих| чинників|факторів|:

- обсяг попиту (обороту);
- витрати з доставки товарів;
- витрати зі зберігання запасу.

Як критерій оптимальності вибирають мінімум сукупних витрат з доставки і зберігання.

Отже, наведені вище основні системи контролю над запасами базуються на фіксації одного з двох параметрів (розміру замовлення або інтервалу часу між замовленнями). В умовах відсутності відхилень від запланованих показників і рівномірного споживання запасів, для яких розроблені основні системи, такий підхід є цілком достатнім.

Висновки

1. Ефективність і надійність функціонування автотранспортних систем значною мірою залежить від рівня забезпеченості їх запасними частинами.

2. Теоретично узагальнено і запропоновано напрями удосконалення управління запасами запасних частин в ланцюзі виробничо-збутова система – автотранспортна система на основі розробки оптимальних варіантів організації системи управління запасами.

3. Особливості запасних частин, як продукта постачання, вимагають диференційованого підходу до рішення завдань прогнозування і управління запасами автосервісних підприємств.

4. Визначені основні завдання та шляхами вдосконалення системи забезпечення запасними частинами автосервісних підприємств.

5. Запропоновано критерій оцінки ефективності функціонування системи постачання запасних частин до автосервісних підприємств. Як головний критерій оптимізації матеріально-технічного постачання пропонується застосовувати максимум прибутку.

Список літератури

1. Курніков І.П., Пустовойтенко С.В., Лобода А.В. Оптимальне управління запасами в умовах обмежень // Вісник: Зб. наук. пр. НТУ та ТАУ. Вип. 9. – Київ: НТУ, 2004.

2. Курніков І.П., Єременко І.Т. Управління запасами в автосервісі в умовах невизначеності попиту // Автошляховик України. – 2002. – № 1.

3. Савченко Л.В. Оптимальне управління запасами в умовах обмежень // Вісник: Зб. наук. пр. НТУ та ТАУ. Вип. 9. – Київ: НТУ, 2004.

4. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління. Підручник. – К.: Знання, 2004. – 478 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПОКРАЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ АВТОСЕРВІСУ

Микола КОШАРНИЙ¹, канд. техн. наук, доц., Богдан СІКУЛА¹, студент

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: конкуренція, конкурентоспроможність, підприємство автосервісу, ринок послуг, якість послуг

Вступ

Сучасний період економічного розвитку характеризується значним розширенням сфери послуг. Рівень розвитку сфери послуг зазвичай чітко відображає економічний потенціал. Її розширення є індикатором економічного зростання країни, бо збільшення значущості цієї

сфери є стимулом зростання реального сектору та попиту на продукцію. Проте збільшення кількості підприємств сфери послуг посилює конкуренцію між ними. А в умовах постійно зростаючих потреб споживачів забезпечення стійкої позиції на ринку та високого рівня конкурентоспроможності є невід'ємною умовою ефективної та прибуткової діяльності підприємства.

В основу побудови механізму створення та посилення конкурентоспроможності підприємства покладено спроможність його функціонування й розвитку в умовах сучасного висококонкурентного ринку, зокрема його здатність модернізуватися та створювати споживчі цінності, як основної передумови розвитку національної економіки.

Дослідженню проблем конкурентоспроможності приділено значну увагу в багатьох наукових працях [2, 3, 6, 8]. Проте однозначне загальноприйняте розуміння цього терміна та розроблення універсального методу його оцінювання залишається не визначеним. У ході соціально-економічних перетворень в Україні виникає необхідність науково-аналітичного переосмислення всіх проблем, категорій та понять, розроблення адекватних методик оцінювання конкурентоспроможності для подальшого визначення управлінських заходів щодо конкурентоспроможності. Отже, вагоме практичне значення та недостатня теоретичне вивчення питань оцінки конкурентоспроможності, особливо у сфері послуг на українському ринку, обумовили актуальність теми дослідження.

Мета роботи

Метою дослідження є розробка рекомендацій щодо визначення конкурентоспроможності автосервісних підприємств.

Виклад основного матеріалу дослідження

Суттєвим недоліком багатьох досліджень у сфері моделювання економічних систем є дещо поверхове врахування динамічних процесів. Дослідження ж їх поведінки доводять, що явища, які в них відбуваються, можуть мати не випадковий, а системний характер, який визначається детермінованими механізмами функціонування економіки та її підсистем, що робить неможливим здійснення їх повної ідентифікації і, у свою чергу, істотно знижує якість управління. Вивчення динаміки поведінки систем дозволяє не тільки визначити перспективи й можливі сценарії процесу розвитку досліджуваного об'єкта, але й розробити комплекс адаптивних впливів, виявити можливі резерви й скоригувати політику, яка реалізується в реальній системі.

Незважаючи на нагромаджений досвід застосування економіко-математичних моделей, економічна динаміка є новим напрямом досліджень. Значний внесок у її розвиток зробили як вітчизняні, так і закордонні математики, праці яких присвячено вивченню питання динаміки економічних систем. Однак найбільше відомих праць присвячено динаміці економічних систем, що належать до макрорівня. Водночас, розгляд показників функціонування економічних систем макрорівня дасть змогу їх адекватно описати. Це б дозволило розробити єдину концепцію управління динамічними економічними системами всіх рівнів.

Отже, необхідно впроваджувати економіко-математичну модель оцінювання конкурентоспроможності системи мікрорівня в умовах динаміки.

Різноманітність типів вияву економічної сутності динамічних процесів досить широка. Дослідження показують, що спочатку в динамічних системах спостерігається монотонне і асимптотичне сходження до динамічної рівноваги. Різка зміна впливу випадкових непрогнозованих факторів зовнішнього середовища призводить до загасаючих коливань і виникнення циклічності, біфуркацій і, зрештою, до аперіодичної непередбачуваної поведінки – хаосу [8]. Процеси, які відбуваються в сфері технічного обслуговування та ремонту в Україні на нинішньому етапі розвитку автосервісу, можна віднести до тих, що перебувають у зоні динамічної рівноваги. А тому моделювання такої ситуації не зумовлює особливих ускладнень навіть у разі використання статистичних методів.

До статистичних методів, що видрізняються особливою наглядністю, належать методи багатофакторного шкалювання. Їх розробляли та застосовували на практиці для дослідження складних явищ і процесів, що не підлягають безпосередньому опису чи моделюванню. В

основу багатфакторного шкалування покладено ідею про можливість переведення досліджуваних об'єктів у деякому теоретичному просторі, що адекватно відображує реальність.

Багатовимірне шкалування можна розглядати як альтернативу факторному аналізу, головна мета якого – скорочення кількості змінних (редукція даних) та визначення структури взаємозв'язків між змінними, тобто класифікація змінних.

На відміну від інших статистичних методів пошук координатного простору у багатфакторному шкалуванні ведеться не за значеннями самих ознак об'єктів, що його характеризують, а за даними, що містять відмінності або, навпаки, подібності цих об'єктів. Тобто безпосередньо про сам об'єкт, навіть за значеннями деякого набору ознак, не можна мати досить надійне або повне уявлення. Нечіткі уявлення про об'єкти можна конкретизуватися і у теоретичному просторі, де виявляють себе латентні ознаки, стає очевидно їхня дія на розташування об'єкта у просторі, відстані між об'єктами можна виміряти.

Саме візуалізація аналітичних результатів дозволяє досліджувати складні системи та обґрунтовано вести пошук оптимальних параметрів для об'єктів, що вивчаються, або висувати гіпотезу про необхідність конструювання нового зразка чи наступної заміни того або іншого об'єкта, що існує [9].

Для побудови моделі оцінювання конкурентоспроможності підприємств автосервісу будемо матрицю ідентифікацій (рис. 1). Рядки цієї матриці являють собою об'єкти дослідження – групи конкурентів на ринку автосервісних послуг (приватні підприємці; станції на базі колишніх автотранспортних підприємств та фірмові станції технічного обслуговування), а стовпці – чинники (ознаки), що мають вагомий вплив на попит.

	P1	P2	P3	P4
X1	a11	a12	a13	a14
X2	a21	a22	a23	a24
X3	a31	a32	a33	a34
X4	a41	a42	a43	a44

Рисунок 1 – Матриця ідентифікацій

Об'єкти позначимо через X_i , тобто перше сервісне підприємство буде X_1 , друге підприємство – X_2 , а третє та четверте – X_3 та X_4 . Ознаки позначимо через P_i , тобто фактор «якість» матиме позначення P_1 , фактор «ціна» – P_2 , фактор «час обслуговування» – P_3 , фактор «питомий дохід» – P_4 . Якість автосервісних підприємств конкуруючих груп оцінюватимемо за значенням інтегрального показника K :

$$K = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7 K_8 K_9 K_{10} K_{11}, \quad (1)$$

де K_1 – коефіцієнт збалансованості; K_2 – відповідність умовам праці; K_3 – коефіцієнт порівняння рівня кваліфікацій; K_4 – коефіцієнт відповідності умовам праці; K_5 – коефіцієнт якості організації праці; K_6 – коефіцієнт досконалості обладнання; K_7 – коефіцієнт готовності обладнання; K_8 – коефіцієнт використання робочого часу обладнання; K_9 – коефіцієнт готовності запасних частин; K_{10} – рівень механізації та автоматизації; K_{11} – рівень якості обслуговування споживачів.

Значення інтегрального показника якості незначно коливається в межах автосервісних підприємств близького виду, що пояснюється однаковими фінансовими можливостями щодо придбання та утримання обладнання певної категорії, а також близькістю кваліфікаційних рівнів персоналу.

Це дозволяє оцінити значення факторів для об'єктів спостереження, які отримують оптимальний результат у процесі моделюванні та які можна застосувати під час аналізу конкурентоспроможності підприємств автосервісу.

Саме таке завдання дозволяє розв'язати метод багатфакторного шкалування, за яким

створено модель оцінювання конкурентоспроможності підприємств автосервісу різної потужності відповідно до критеріїв, що враховують не тільки внутрішні фактори фірми, але й фактори зовнішнього середовища, попит на послуги підприємств автосервісу.

Висновки

1. Дослідження застосовуваних методів оцінювання конкурентоспроможності дозволило зробити висновки про обмеженість їхнього використання для оцінювання підприємств сфери послуг, зокрема підприємств автомобільного сервісу через вузьку спрямованість вибору факторів оцінювання в бік підприємств-конкурентів, а не споживачів.

2. Для розробки адекватної моделі оцінювання конкурентоспроможності підприємств автосервісу запропоновано використовувати інтегральний показник, що має уособлювати фактори, важливі для споживачів послуг при виборі місця обслуговування.

3. Конкурентоспроможність підприємства є інтегральним показником, до складових якого входять складові конкурентоспроможності товару та конкурентоспроможності підприємства, а саме: якість послуг, ціна послуг, час, що витрачається на отримання послуги, та відношення приросту прибутку підприємства до приросту обсягів ринку послуг з технічного обслуговування та ремонту.

4. Для оцінювання можливості підприємства до самовдосконалення пропонується використовувати показник питомого приросту обсягів послуг, наданих підприємством, що є відношенням приросту доходу підприємства до приросту обсягів ринку.

5. Серед статистичних методів, що вирізняються особливою наочністю, для побудови моделі оцінювання конкурентоспроможності обрано метод багатовимірного шкалування, який розроблено та застосовано на практиці для дослідження складних явищ і процесів, що не підлягають безпосередньому опису або моделюванню.

6. Застосування запропонованого методичного забезпечення дозволить автосервісним підприємствам вчасно реагувати на зміни на ринку та забезпечувати визначення і підвищення рівня конкурентоспроможності.

Список літератури

1. Козак Л.С., Гарачук Ю.О. Оцінка якості послуг // Управління проектами, системний аналіз і логістика / Наук. журн. – К.: НТУ, 2006. – Вип. 3. – С. 240-243.

2. Козак Л.С., Гарачук Ю.О. Проблема оцінки конкурентоспроможності автосервісних підприємств в ринкових умовах // Вісн. нац. трансп. ун-ту. – К.: НТУ, 2006. – Вип. 11. – С. 68-71.

3. Андрусенко С.І., Бугайчук О.С. Принципи та інструменти управління якістю: Навчальний посібник. – К.: НТУ, 2006. – 72 с.

4. Андрусенко С.І., Козак Л.С., Андрусенко В.С. Контроль якості та ефективності роботи підприємства. – Автошляховик України, 1997, № 3, с. 12-15.

5. Андрусенко С.І. Організація фірмового обслуговування автомобілів: Навчальний посібник. – К.: ІЗМН, 1996. – 216 с.

6. Буркинський Б.В. Конкурентоспособность продукции и предприятия / Б.В. Буркинський, Е.В. Лазарева, И.Н. Агеева, С.В. Брыкалина и др. – ИПРЭЭИ НАН Украины. – Одесса, 2002. – С. 18.

7. Близнюк С.В. Маркетинг в Україні: проблеми становлення та розвитку – К.: ІВЦ «Видавництво “Політехніка”», 2004. – 400 с.

8. Марков О.Д. Станции технического обслуживания автомобилей. – К.: Кондор, 2008. – 536 с.

9. Реген В. Управление конкурентоспособностью компании на основе самоорганизации // Экономика и управление. 2005. – № 1. – С. 95-98.

СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Андрій БУБЕЛА¹, д-р техн. наук, доц., Костянтин БІЛЬЧУК¹, аспірант (PhD студент)

¹Національний транспортний університет (Україна)

Ключові слова: транспортний засіб, оцінка, вартість, обчислюваний інтелект, машинне навчання

Вступ

Оцінка є висновком оцінювача, що ґрунтується на аналізі інформації та залежить від навичок, знань і досвіду оцінювача. Крім того, правильні методи аналізу даних є досить важливими для прийняття рішення під час оцінки об'єкта [1]. Першочергове значення для оцінювання має належний механізм визначення вартості транспортного засобу, що передбачає застосування відповідних методів та підходів.

У зв'язку з високою конкуренцією в галузі продажу транспортних засобів, як нових, так і тих, що були у вжитку, важливо визначити конкурентну та вигідну ціну, щоб мати можливість отримати певний прибуток. Оцінювання транспортних засобів є важливим як для юридичних осіб, щоб уникнути збитків, так і для фізичних осіб, які прийняли рішення про придбання нового або такого, що був у вжитку транспортного засобу за прийнятною ціною [2].

Мета роботи

Мета роботи полягає у зборі даних в режимі реального часу з веб-сайтів з продажу транспортних засобів і, як результат, надає можливість враховувати швидкі коливання на ринку.

Виклад основного матеріалу дослідження

З огляду на попередні дослідження в цій галузі, одним із головних питань є недоступність актуальних даних з метою прогнозування ціни оцінюваного транспортного засобу. Ринок транспортних засобів характеризується нестабільністю цін, які можуть змінюватися щодня.

Згідно з даними Королівського інституту дипломованих оцінювачів (the Royal Institute of Chartered Surveyors), оцінювання носить характер ймовірної транзакції. Безпосередньо заявка на оцінку прирівнюється до оголошення продажу об'єкта. Сам процес оцінювання рекомендується розглядати виключно з точки зору купівлі-продажу [1].

У США та інших країнах з розвинутою економікою переважна кількість транспортних засобів продається за допомогою лізингу [3]. По закінченню періоду лізингу більшість транспортних засобів повертаються, і відповідні установи мають точно оцінити такі транспортні засоби для перепродажу на аукціоні. З метою вирішення цієї задачі компанією Du et al була розроблена система ODAV (Optimal Distribution of Auction Vehicles) [3]. Ця система має можливість оцінки вартості введених транспортних засобів, використовуючи регресійну модель k -найближчих сусідів.

Деякими науковцями пропонується підхід з використанням штучних нейронних мереж (Artificial Neural Networks, ANN) для прогнозування вартості транспортних засобів [4]. Під час такого підходу розглядався пробіг транспортного засобу, передбачуваний термін використання та виробник. Така модель була створена для обробки нелінійних зв'язків, які ігнорувалися в простих моделях лінійної регресії. В підсумку можна констатувати, що за допомогою зазначеного підходу можна отримати достатньо точні прогнозовані вартості вживаних транспортних засобів.

У Німеччині застосовується ручний підхід під час оцінки транспортних засобів, що були у вжитку, який досить обмежений щодо врахування комплектності та укомплектованості транспортних засобів [5].

Стрімке збільшення кількості транспортних засобів та необхідність визначення реальної вартості таких транспортних засобів для різних цілей (страхування, продаж, купівля, бухгалтерський облік тощо) зростає кожного дня. Чинний ручний підхід до оцінки стає більш складним, трудомістким та малоефективним процесом. У зв'язку з цим існує певна ніша, де є можливість застосувати відповідне технологічне рішення для швидшої та

точної оцінки транспортних засобів.

Основна відмінність попередніх підходів від запропонованого методу полягає в тому, що запропонований підхід збирає і використовує дані транспортних засобів, подібних до оцінюваного транспортного засобу, що, в свою чергу, значно підвищує точність оцінювання та визначення реальної вартості.

Для автоматизації процесу оцінки транспортних засобів пропонується підхід з використанням обчислювального інтелекту (а computational intelligence approach), що передбачає динамічний збирання даних з веб-сайтів з продажу транспортних засобів та машинного навчання для визначення вартості транспортного засобу. Використання запропонованого підходу допоможе полегшити процес оцінки транспортного засобу та зробити оцінку більш об'єктивною.

Окрім безпосередньої оцінки транспортних засобів, підхід такого характеру також можна використовувати для:

- цілей бухгалтерського обліку в таких ситуаціях, як створення кінцевих рахунків у кінці фінансового року, розраховується залишкова вартість активів;
- визначення страхової суми під час страхування транспортного засобу;
- визначення суми, яку може отримати власник у випадку ДТП;
- допомоги у визначенні реальної ціни вживаних транспортних засобів під час операцій купівлі-продажу.

Запропоноване рішення є інструментом оцінювачів транспортних засобів та складається з веб-інтерфейсу для введення користувачем характеристик, комплектності та укомплектованості транспортного засобу, що оцінюється. Дані будуть перехресно перевірені за допомогою API (Application Programming Interface, Інтерфейс Прикладного Програмування), з базою даних марок та моделей транспортних засобів.

Дані транспортного засобу надсилаються у веб-сервіс, який запрограмовано для збирання реальних даних про транспортні засоби, подібних до транспортного засобу, що оцінюється. До даних транспортного засобу, що використовуються для аналізу, належать марка, модель, об'єм двигуна, тип палива, тип трансмісії, загальний пробіг (показання одометра), комплектація та рік випуску. Цей перелік було визначено шляхом вивчення попередніх досліджень, проведених у цій сфері, та пропонуються як такі, що впливають на вартість транспортного засобу.

Веб-сервіс збирає дані з кількох веб-сайтів, що містять інформацію про продаж транспортних засобів. Для знаходження транспортних засобів, подібних до оцінюваного транспортного засобу, веб-сервіс застосовує механізм фільтрації результатів.

Після завершення збору даних, зібрані з кількох веб-сайтів дані потрібно інтегрувати. Для цього має бути введений механізм інтеграції даних, заснований на правилах, який усуне дублювання транспортних засобів, а також переконується, що всі дані в єдиному форматі.

Основна обробка, яка буде проводитися – це фільтрація даних, яка проводиться для того, щоб визначити всі наявні дані про транспортний засіб і в кінцевому підсумку виключити невідповідні дані.

Після попередньої обробки отриманих даних модель машинного навчання буде динамічно оновлюватись. Для досягнення цього буде проведено аналіз та визначено, який саме алгоритм машинного навчання або комбінація алгоритмів забезпечить найвищу точність. Пропонується використовувати наступні алгоритми машинного навчання:

- Gradient Boosting Regression (GBR);
- Support Vector Machines (SVM);
- Naive Bayes Regression (NBR).

Для того, щоб оцінити точність кожного алгоритму або комбінації алгоритмів, дані будуть розділені на дві частини, де 70 % даних становитимуть дані для навчання, інші 30 % – для аналізу. Після того, як модель буде навчена з використанням даних для навчання, така система зможе визначити вартість транспортних засобів із використанням даних для аналізу.

Для визначення середньої абсолютної похибки (САП), що є коефіцієнтом точності моделі, використовується формула

$$\text{САП} = n^{-1} \sum_{x \in X} |y_x - z_x|, \quad (1)$$

де X – набір даних аналізу; y – прогнозована вартість; z – реальне вартість; n – кількість даних, що використовуються для аналізу.

Висновки

Під час проведеної роботи було проаналізовано сучасні підходи та методи до оцінки транспортних засобів, теоретична база та попередні роботи з даного напрямку. Запропоноване рішення дозволить уникнути недоліки в існуючих методах та підходах з оцінки транспортних засобів. Таке рішення є концептуальним та потребує тестування з різними алгоритмами чи комбінацією алгоритмів для мінімізації можливих похибок.

Виходячи з базових результатів дослідження запропонований підхід дає можливість з високою точністю оцінити та визначити ринкову вартість транспортного засобу.

Прогнозування вартості транспортних засобів буде корисним для лізингових компаній та кредитних установ з метою визначення ймовірної вартості транспортного засобу через певний проміжок часу, що є важливим фактором під час його придбання або продажу.

Також для вдосконалення запропонованої системи, може бути додатково розроблено відповідний мобільний застосунок, який буде корисним інструментом для проведення оцінки.

Список літератури

1. P. P. D. Shayamali, "A Study on the Current System of Vehicle Valuation in Sri Lanka." 2013.
2. S. Pudaruth, "Predicting the Price of Used Cars using Machine Learning Techniques." *Int. J. Inf. Comput. Technol.*, vol. 4, no. 7, pp. 753-764, 2014.
3. J. Du, L. Xie, and S. Schroeder, "PIN optimal distribution of auction vehicles system: Applying price forecasting, elasticity estimation, and genetic algorithms to used-vehicle distribution." *Market. Sci.*, vol. 28, no. 4, pp. 637-644, 2009.
4. S. Gongqi, Y. Wang, and Q. Zhu, "A new model for residual value prediction of the used car based on BP neural network and nonlinear curve fit." *Proc. - 3rd Int. Conf. Meas. Technol. Mechatronics Autom. ICMTMA 2011*, vol. 2, pp. 682-685, 2011.
5. M. Listiani, "Support Vector Regression Analysis for Price Prediction in a Car Leasing Application." 2009.