

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної роботи бакалавра

на тему: *Дослідження витрат палива автомобілевозами в різних експлуатаційних умовах*

Виконав:

студент 4 курсу, групи АТ-20 _____ А.О. Нестрижений

(шифр групи)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент _____

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

В.О.Сістук

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри:

д.т.н., професор _____

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Ю.А. Монастирський

(прізвище та ініціали)

Кривий Ріг – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 27 – «Транспорт»

Спеціальність: 274 – «Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
автомобільного транспорту

_____/_____
” _____ 2024 р

ЗАВДАННЯ

НА ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Дослідження витрат палива автомобілевозами в різних експлуатаційних умовах

Нестриженого Андрія Олександровича

1. Тема: Дослідження витрат палива автомобілевозами в різних експлуатаційних умовах.

керівник проекту Сістук В.О., к.т.н., доцент

Затверджені наказом університету №263с від 12.04.2024.

2. Строк подання студентом роботи для перевірки на плагіат

3. Вихідні дані до роботи.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА РОБОТИ 2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА 3. АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА БЕЗПЕКУ РУХУ ТА СПОЖИВАННЯ ПАЛИВА.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Графіки та діаграми по результатах досліджень у вигляді презентації в програмі Microsoft Office Power Point, на компакт диску з шістьма екземплярами роздруковки презентації для членів ДЕКу.

6. Дата видачі завдання 12.04.2024.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1	Загальна частина роботи	15.04-19.04	
2	Розрахунково-дослідницька частина	22.04 – 03.05	
3	Аналіз факторів впливу на безпеку руху та споживання палива	06.05 – 10.05	
4	Пояснювальна записка	12.05 – 14.05	

Студент

_____ (підпис)

А.О. Нестрижений

Керівник роботи

_____ (підпис)

В.О. Сістук

РЕФЕРАТ

У даній роботі проведені розрахунки нормативних та питомих витрат палива п'яти автомобілевозів марки Mercedes-Benz та дані про умови їх роботи на різних ділянках маршруту. Маршрут руху транспортних засобів розділено на ділянки із різними умовами руху, і для кожної ділянки використовувалися відповідні коригуючі коефіцієнти витрат палива згідно з вихідними даними. Результати включали визначення нормативних та питомих витрат палива для кожного з п'яти автомобілевозів як для окремих частин маршруту, так і для всього маршруту в цілому.

Встановлено, що нормативні витрати палива зростають лінійно зі збільшенням коефіцієнта врахування роботи у міських умовах, як для напруженого руху з частими зупинками, так і для дуже напруженого руху у місті з такими ж умовами.

Виявлена залежність нормативних витрат від значення коефіцієнта міських умов. Різниця у витратах варіюється від 0,6% до 32% відносно загальної довжини маршруту, що свідчить про обмежений вплив коригуючих коефіцієнтів у міських умовах. Навіть за умови застосування надбавок у 23% для напружених дорожніх умов та 63% для дуже напружених умов у місті, вплив на витрати палива є незначним.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА РОБОТИ.....	8
1.2. Технічні вимоги до випробування.....	9
1.3. Розрахунок витрат палива	10
1.3. Розрахунок витрат палива для автомобілів, які працюють на двох видах палива	12
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.	14
2.1. Види норм витрат палива автотранспортних засобів відповідно до нормативної документації.....	14
2.2. Коефіцієнти коригування норм витрат палива згідно нормативних документів.....	15
2.3. Вихідні дані для розрахунку витрат палива на автотранспорті	19
2.4. Результати розрахунків	22
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА БЕЗПЕКУ РУХУ ТА СПОЖИВАННЯ ПАЛИВА	31
3.1 Огляд факторів впливу	31
3.2. Швидкість руху	33
3.3. Підходи до зниження витрат палива шляхом модифікації стилю водіння.....	37
ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39

ВСТУП

Актуальність теми. Витрата палива автотранспортними засобами відіграє важливу роль у моніторингу ефективності двигуна та підсумовування всіх факторів, включаючи стиль водіння та навантаження. На споживання палива також впливають різні фактори, включаючи навантаження, стиль водіння, висота над рівнем моря, стан шин і багато іншого. Розуміння споживання палива автомобілем також допоможе зрозуміти стиль водіння та може заощадити багато коштів у довгостроковій перспективі. При керуванні парком транспортних засобів, можна отримати інформацію про те, який водій керує ефективно, і це допоможе у прийнятті деяких бізнес-рішень. Сучасні спеціалізовані автомобілі мають бортові комп'ютери, які фактично можуть обчислювати різноманітні параметри, включаючи миттєве споживання палива, середню економію палива, а деякі розуміють стиль водія та радять водієві перемикає передачі, щоб підтримувати хорошу економію палива.

Таким чином, розрахунок нормативних та питомих витрат палива на спецавтотранспорті є актуальною задачею для вивчення.

Мета і задачі дослідження. Визначення нормативних та питомих витрат палива автомобілевозів відповідно до конкретних умов експлуатації.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести огляд методик розрахунку витрат палива на автомобільному транспорті.
2. Провести розрахунок нормативних та питомих витрат палива автомобілевозів як для окремої ділянки, так і для всього маршруту у конкретних умовах експлуатації.
3. Провести аналіз факторів впливу на безпеку руху та споживання палива

Об'єкт дослідження – нормування витрат палива на автомобільному транспорті.

Предмет дослідження – нормативні та питомі витрати палива автомобілевозами.

Методи дослідження. Синтез, аналіз, калькуляція витрат.

Практичне значення одержаних результатів. Підхід до розрахунку витрат палива автомобілевозами може бути використаний у якості спрощеної форми відповідного розрахунку з урахуванням окремих особливостей умов експлуатації.

Структура і обсяг роботи. Бакалаврська робота складається з реферату, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи – 41 с, у тому числі 10 рисунків 11 таблиць.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА РОБОТИ

1.1 Нормативна документація до розрахунку витрати палива

Відповідно до Правил Угоди ООН «Про прийняття однакових технічних приписів для колісних транспортних засобів, предметів устаткування і частин, що можуть бути встановлені та/або використані на колісних транспортних засобах, та про умови взаємного визнання офіційних затверджень, що видаються на основі цих приписів» [1], показники витрати палива мають бути виражені в літрах на 100 км (у разі бензину, зрідженого нафтового газу (ЗНГ) або дизельного палива) або в м³ на 100 км (у разі природнього газу (ПГ)) та розраховуються згідно з пунктом 1.4.3 додатка 6 Правил [1] за допомогою методу вуглецевого балансу з використанням даних щодо вимірювання об'єму викидів CO₂ та викидів інших вуглецевмісних речовин (окислу вуглецю CO та водородних сполук HC). Результати округлюються до найближчого десяткового знака.

Для цілей розрахунку, згаданого вище, показник споживання палива виражається у відповідних одиницях і використовуються такі характеристики палива:

а) густина: заміряється на випробовуваному паливі відповідно до стандарту ISO 3675 або еквівалентним методом. У разі бензинового, дизельного, біодизельного пального та етанолу (E85) використовується значення густини, виміряне за 15 °C; у разі ЗНГ і природнього газу/біометану використовуються такі значення густини:

0,538 кг/л для ЗНГ,

0,654 кг/м³ для ПГ;

б) воднево-вуглецеве співвідношення: мають використовуватися такі фіксовані значення:

C₁H_{1,89}O_{0,016} для бензину,

$C_{11}H_{1,86}O_{0,005}$ для дизельного палива,
 $C_{11}H_{2,525}$ для ЗНГ (зрідженого нафтового газу),
 CH_4 для ПГ (природного газу) і біометану,
 $C_{11}H_{2,74}O_{0,385}$ для етанолу (E85).

1.2. Технічні вимоги до випробування

Об'єм викидів двоокису вуглецю (CO_2) та витрата пального транспортних засобів, що приводяться в рух лише двигуном внутрішнього згорання, визначаються відповідно до процедури проведення випробування типу I, визначеної в додатку 4 до Правил № 83 [1], чинному під час офіційного затвердження транспортного засобу.

Об'єм викидів двоокису вуглецю (CO_2) і витрата пального визначаються окремо по частині I (міська їзда) і частині два (позаміська їзда) зазначеного циклу руху.

Працювати має тільки те обладнання транспортного засобу, яке необхідне для проведення випробування. Якщо є пристрій підігріву повітря, що всмоктується, з ручним керуванням, то він повинен перебувати в положенні, визначеному виробником для такої температури навколишнього повітря, за якої проводиться випробування. Загалом повинні працювати допоміжні пристрої, необхідні для нормального функціонування транспортного засобу.

Якщо вентилятор системи охолодження обладнаний терморегулятором, то він повинен знаходитися на транспортному засобі у звичайному робочому положенні. Систему обігріву салону має бути відключено; має бути відключено також систему кондиціонування повітря, проте компресор таких систем має функціонувати нормально.

Якщо встановлено нагнітач, то він повинен перебувати в нормальному робочому положенні, що відповідає умовам випробування.

Застосовуються всі мастильні матеріали, рекомендовані виробником транспортного засобу, що вказуються в протоколі випробування.

Для випробувань використовуються найбільш широкі шини. Якщо є більше трьох розмірів шин, то вибирається той розмір, який безпосередньо передує найбільш широкому розміру.

1.3. Розрахунок витрат палива

Витрата палива розраховується на основі об'єму викидів вуглецево-воднів, монооксиду вуглецю та двоокису вуглецю, об'єм яких визначається в результаті вимірювань з використанням положень, що містяться у додатку 8 до додатка 4 до Правил № 83 [1], чинному під час офіційного затвердження транспортного засобу.

Витрата палива, виражена в літрах на 100 км (у разі бензину, ЗНГ, етанолу (E85) і дизельного палива) або в м³ на 100 км (у разі ПГ/біометану), розраховується за такими формулами:

а) для двигунів транспортних засобів з примусовим запалюванням, що працюють на бензині (E5):

$$FC = (0,118/D) - [(0,848 - HC) + (0,429 - CO) + (0,273 - CO_2)];$$

б) для двигунів транспортних засобів з примусовим запалюванням, що працюють на ЗНГ:

$$FC_{\text{norm}} = (0,1212/0,538) - [(0,825 - HC) + (0,429 - CO) + (0,273 - CO_2)].$$

Якщо склад палива, використовуваного для випробування, відрізняється від складу, що приймається для розрахунку стандартної витрати, то на прохання виробника може застосовуватися наступний поправочний коефіцієнт cf:

$$FC_{\text{norm}} = (0,1212/0,538) \cdot (cf) \cdot [(0,825 \cdot HC) + (0,429 \cdot CO) + (0,273 \cdot CO_2)].$$

Поправочний коефіцієнт cf , який може бути застосований, визначається таким чином:

$$cf = 0,825 + 0,0693 n_{\text{actual}},$$

де:

n_{actual} – фактичне співвідношення Н/С використовуваного палива;

с) для двигунів транспортних засобів з примусовим запалюванням, що працюють на ПГ/біометані:

$$FC_{\text{norm}} = (0,1336/0,654) - [(0,749 - \text{HC}) + (0,429 - \text{CO}) + (0,273 - \text{CO}_2)];$$

для дизельних двигунів транспортних засобів із займанням від стиснення (В5):

$$FC = (0,116/D) - [(0,861 - \text{HC}) + (0,429 - \text{CO}) + (0,273 - \text{CO}_2)];$$

е) для двигунів транспортних засобів із примусовим запалюванням, що працюють на етанолі (Е85):

$$FC = (0,1742/D) - [(0,574 - \text{HC}) + (0,429 - \text{CO}) + (0,273 - \text{CO}_2)].$$

У цих формулах:

FC – витрата палива в літрах на 100 км (у разі бензину, ЗНГ, дизельного або біодизельного палива) або в м^3 на 100 км (у разі природного газу);

HC – вимірний обсяг викидів вуглеводнів у г/км ;

CO – вимірний обсяг викидів моноокису вуглецю в г/км ;

CO_2 – вимірний обсяг викидів двоокису вуглецю в г/км ;

D – густина палива, що використовується для випробування.

У разі газоподібних моторних палив використовується значення густини при 15°C .

1.3. Розрахунок витрат палива для автомобілів, які працюють на двох видах палива

При розрахунку витрат палива та викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами двопаливних автомобілів, тобто автомобілів, що працюють на бензині та газоподібному паливі (ЗНГ або ПГ), в нормативних документах [1,2,3] передбачається, що викиди забруднюючих речовин та витрати палива є результатом тільки згоряння газоподібного палива. Той факт, що після холодного запуску двигун спочатку заправляється бензином, не береться до уваги, і для цієї фази також використовуються формули, придатні для газоподібного палива, замість формул, придатних для бензину. Положення про випробування для затвердження типу [1, 3, 4] визначають максимально допустимий час роботи двигуна на бензині. Для транспортних засобів з двигунами з іскровим запалюванням з непрямым впорскуванням бензину він становить 90 с для рівня викидів Євро 5 або нижче і 60 с для рівня Євро 6.

У методиці розрахунку викидів вихлопних газів [1] і витрати палива використовуються формули, в яких значення деяких змінних залежать від складу палива.

Такими змінними є:

- густина вуглеводнів ρ_{THC} у відпрацьованих газах (Таблиця 1.1),
- концентрація вуглекислого газу в нерозбавленому вологому відпрацьованому газі, визначена в припущенні, що згоряння є повним і досконалим, а паливно-повітряна суміш має стехіометричний склад (Таблиця 1.2),
- густина палива (Таблиця 1.3).

Використання невідповідних значень цих змінних призводить до визначення некоректного значення викидів газоподібних забруднюючих речовин та витрати палива.

Табл.1.1

Загальна щільність вуглеводнів (г/м³) при умовах 273.15 К та 1013.25 гПа

Вуглеводень	Густина (г/м³)
Бензин Е5 (C ₁ H _{1.89} O _{0.016})	0,631
Бензин Е10 (C ₁ H _{1.93} O _{0.033})	0,646
Дизель В5 (C ₁ H _{1.86} O _{0.005})	0,622
Дизель В7 (C ₁ H _{1.86} O _{0.007})	0,625
ЗПГ (C ₁ H _{2.525})	0,649
ПГ/Біометан (CH ₄)	0,716
Етанол Е85 (C ₁ H _{2.74} O _{0.385})	0,934

Табл.1.2

Величина стехіометричного числа (фактор *a*) для конкретних палив

Вуглеводень	Фактор <i>a</i>
Бензин Е5	13,4
Бензин Е10	13,4
Дизель В5	13,5
Дизель В7	13,5
ЗПГ	11,9
ПГ/Біометан	9,5
Етанол Е85	12,5

Табл.1.3

Густина палива (кг/дм³)

Вуглеводень	Густина
Бензин Е5	0,743–0,756
ЗПГ	0,538
ПГ/Біометан	0,654

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.

2.1. Види норм витрат палива автотранспортних засобів відповідно до нормативної документації

Нормативна витрата палива (Q_n) – це об'єм палива, який споживається автомобілем під час здійснення пробігу, виконання транспортної або спеціальної роботи в певних умовах експлуатації.

Для розрахунків нормативних витрат палива використовується базова норма за формулами, зазначеними у «Методичних рекомендаціях...» [5]. Для моделей автомобілів, які не включені до «Базових норм витрат», до «Методичних рекомендацій» додаються тимчасові індивідуальні базові лінійні норми витрат палива за запитами від заводів-виробників, суб'єктів – власників або суб'єктів – користувачів автомобілів на умовах договору.

Для автомобілів встановлюються наступні види норм витрат палива:

1. Базова лінійна норма на пробіг автомобіля – на 100 км.
2. Норма на виконання транспортної роботи (враховує додаткові витрати палива при русі автомобіля з вантажем) – на 100 тонно-кілометрів (т·км).
3. Норма на одну тонну зміненої спорядженої маси N_g (додаткові витрати палива при зміні спорядженої маси автомобіля, причепа або напівпричепа).
4. Норма на їздку з вантажем (збільшення витрат палива, пов'язане з маневруванням та виконанням операцій завантаження і розвантаження) – на одну їздку.
5. Норма на пробіг при виконанні спеціальної роботи – на 100 км.
6. Норма на роботу спеціального обладнання, встановленого на автомобілях, - на годину або на виконану операцію.
7. Базова норма на роботу автономного (незалежного) обігрівача – на одну годину його роботи.

Норми витрат палива, а також коефіцієнти їх коригування, встановлюють допустимі витрати палива на основі їх граничних значень.

2.2. Коефіцієнти коригування норм витрат палива згідно нормативних документів

2.2.1. Корегування з урахуванням дорожніх умов

При розрахунку норм витрат палива враховуються відповідні коефіцієнти корегування.

1. Перша група коефіцієнтів пов'язана із дорожніми умовами, які визначаються згідно нормативної документації.

Так, при роботі у міських умовах для міста Кривий Ріг норма може бути збільшена до 10% (пп.3.1.4 [5]).

Також норма витрат палива може бути збільшена, якщо робота автотранспорту потребує частих технологічних зупинок (більше ніж одна зупинка на 1 км пробігу), які стосуються (пп.3.1.5 [5]).

- навантажувально-розвантажувальних робіт для вантажних автомобілів
- або часті висадки/посадки пасажирів у салон рухомого складу автобусу, швидкої, інкасаторського автомобіля, рухомого складу поштового оператора,
- або поїздки проходять в умовах напруженої обстановки у вулично-дорожній мережі міста із великою довжиною черги транспортних засобів,
- або робота пов'язана із короткотривалими поїздками на невеликі відстані, наприклад, як це може відбуватись для служб таксі або легкових автомобілів господарського призначення.

Якщо поїздки на короткі відстані характеризуються тривалими паузами із вимкненим двигуном, то за даним фактором може бути застосована диференційована надбавка:

до 5 км (включно), але більш ніж 3 км – до 10 %; до 3 км (включно), але більш ніж 2 км – до 15 %; до 2 км (включно), але більш ніж 1 км – до 20 %; до 1 км (включно), але більш ніж 0,5 км – до 30 %; до 0,5 км (включно) і менше – до 40 %.

При виконанні робіт, що потребують понижених швидкостей (до 20 км/год.), наприклад, при русі у колоні, або великих заторах у пікові години доби, норма витрат палива збільшується до 10% (пп.3.1.6 [5]).

Норма витрат палива зменшується при роботі за межами населених пунктів та за межами міст (п.3.2.1, пп.3.2.2 [5]): для легкових автомобілів – від –15 % до –30 %; для всіх інших автотранспортних засобів – від –5 % до –20 %.

Під час руху на дорогах загального користування за межами міста, а також на дорогах, які проходять через населені пункти та позначені знаком 5.47 враховується підвищений аеродинамічний опір за рахунок збільшення норми витрат до 5%. Однак даний коефіцієнт застосовується на обмежено коло автомобілів, насамперед, автомобілі-фургони, спецавтотранспортні автомобілі із техобладнанням на їх даху, вантажні бортові автомобілі та інші автомобілі (пп.3.1.14 [5]).

2.2.2. Корегування з урахуванням температурних (кліматичних) умов

При роботі автомобіля у холодну пору залежно від фактичної температури повітря навколишнього середовища (пп.3.1.1.1 [5]) можливо збільшення нормативної витрати палива у таких діапазонах значень:

від 0 °С (включно) та до -5 °С включно – до 2 %; нижче ніж -5 °С та до -10 °С включно – до 4 %; нижче ніж -10 °С та до -15 °С включно – до 6 %; нижче ніж -15

°C та до -20 °C включно – до 8 %; нижче ніж -20 °C та до -25 °C включно – до 10 %; нижче ніж -25 °C – до 12 %.

Додатково до зазначеної надбавки може бути встановлена надбавка на пробіг перших 2 км або на пробіг на відстань, довжина якої менше ніж 2 км, якщо середня температура за час спостереження має такі значення:

від 0 °C (включно) та до -5 °C включно – до 2 %; нижче ніж -5 °C та до -10 °C включно – до 4 %; нижче ніж -10 °C та до -15 °C включно – до 6 %; нижче ніж -15 °C та до -20 °C включно – до 8 %; нижче ніж -20 °C та до -25 °C включно – до 10 %; нижче ніж -25 °C – до 12 % (пп. 3.1.1.2 [5]).

Відповідні значення корегуючих коефіцієнтів для збільшення витрат палива можуть бути розраховані для врахування комфортних температурних умов у салоні автомобіля та належної видимості, що залежить від фактичної температури навколишнього повітря, як це показано у пп. 3.1.1.13 [5].

2.2.3. Корегування з урахуванням особливостей ландшафту

Гірська місцевість негативно впливає на витрати палива, що дозволяє застосувати надбавку у таких діапазонах залежно від висоти над рівнем моря: від 300 до 800 м – до 5 %; від 801 до 2000 м – до 10 %; від 2001 до 3000 м – до 15 %; вище ніж 3001 м – до 20 % пп. 3.1.2.1 [5].

При повздовжньому ухилі дороги від 8 % і більше можна збільшити норму витрат палива до 10 %, що зазначено у пп. 3.1.2.2 [5].

Якщо дороги поза містом є складними у плані, із великою кількістю поворотів, норма витрат визначається із врахуванням надбавки до 10% (пп. 3.1.3 [5]).

2.2.4. Корегування з урахуванням дорожнього покриття

Виконання завдань та рух поза дорогами загального користування, такими як поля, лісові або степові ділянки, пересічена місцевість і у важких дорожніх умовах, на дорогах в зонах бойових дій, враховуються збільшенням норми витрат до 50% (пп. 3.1.7 [5]).

Робота на дорогах загального користування, але у надважких умовах, у тому числі, при виконанні бойових завдань у містах, надає можливості використати надбавку до 35% (пп. 3.1.8 [5]).

2.2.5. Корегування з урахуванням технічного стану рухомого складу

Якщо пробіг нового автомобіля перевищує 1000 км, або маємо 60 мотогодин двигуна, застосовується надбавка до 10% (пп.3.1.9 [5]).

За віковою структурою автопарку або окремого транспортного засобу відповідні надбавки, які можуть бути враховані зазначені у (пп.3.1.10 [5]).

2.2.6. Сумарний коефіцієнт корегування

Найчастіше зазначені коефіцієнти корегування можуть бути використані одночасно. У такому випадку, визначається сумарний коефіцієнт корегування шляхом додавання (або віднімання) всіх надбавок:

$$K_{\Sigma} = K_1 + K_2 + \dots + K_n.$$

Лінійна норма витрат палива на легковому автомобілі може визначатись:

$$Q_n = H_s \cdot (1 + 0,01 \cdot \sum K_k)$$

H_s – базова лінійна норма відповідно до специфікації автомобіля (л/100 км);

$\sum K_k$ – сумарний коефіцієнт коригування базової лінійної норми витрати палива.

2.3 Вихідні дані для розрахунку витрат палива на автотранспорті

Для розрахунку витрат палива наведемо дані по умовному автопарку, структура якого складається з автомобілевозів Mercedes Benz.

Технічні характеристики автомобілевозів наведені у табл.2.1 із зазначенням об'єму двигуна, V_p , потужності двигуна N_e , типу коробки передач, спорядженої маси, m_c , базової лінійної норми витрати палива, H_s [6].

Табл.2.1

Технічні характеристики автомобілевозів

Модель (модифікація) спецавтомобіля	Модель двигуна	V_p , см ³	N_e , кВт	Тип КП	m_c , кг	H_s , л/100 км
Mercedes Benz 814D	OM364.981LA	5917	103	5M	3000	15,0
Mercedes Benz 1735	OM442.944	14618	257	16HA	11000	23,0
Mercedes Benz 1735	OM442.944	14618	257	16M	9800	20,8
Mercedes Benz 1834 L	OM445.920-922LA	10964	250	16M	8000	18,5
Mercedes Benz 2534 L/48	OM445.920-922LA	10964	250	16HA	10000	21,5

Прийняті коефіцієнти корегування норм витрат палива на спецавтотранспорті для відповідних умов експлуатації наведені у табл.2.2.

Типовий маршрут руху спецавтотранспорту складається із багатьох ділянок, які агрегуються в п'ять основних умов руху. Пройдена відстань у міських умовах становила 10 км. Відстань в умовах напруженого руху із частими зупинками становила 25 км. Умови дуже напруженого руху у заторах відбувались на ділянці 12 км. Позаміський мало- та середньонапружений рух на трасі без заторів відбувався на ділянці 54 км (у сукупності). При цьому поза містом сумарно 33 км пройдено в умовах дуже напруженого руху у заторах.



Рис.2.1. Mercedes Benz Vario 814D



Рис.2.2. Mercedes Benz 1834 L

Вихідні параметри розрахунку витрат палива

	витрата на пробіг:					
№ ділянки (типу роботи):	1	2	3	4	5	
Ділянка/тип роботи:	місто	місто (напр.)	місто (затори)	за містом	за містом (ТЗ)	перші 2 км: містом
Відстань (км):	10	25	12	54	33	2.0
Коригуючі коефіцієнти згідно з нормативів						
К 3.1.4 (місто):	10	10	10			10
К 3.1.5:		10	10			30
К 3.1.6:			10		10	
К 3.2.1 або К 3.2.2 (за містом):				-15		
К 3.1.14:				5		
Температура (кліматичні умови) °С:						
К 3.1.1.1:	2	2	2	2	2	2
К 3.1.1.2:						11
К 3.1.1.3:	2	2	2	2	2	2
Дорожнє покриття:						
К 3.1.7:						
К 3.1.8:			30			
Технічний стан:						
К 3.1.10:	3	3	3	3	3	3

Корегуючі коефіцієнти були призначені для урахування:

- міських умов – для міста Кривий Ріг застосовано надбавку у 10%;
- роботи із частими зупинками – на перші 2 км містом на рівні 30%, на іншу пройдену відстань містом – надбавка у 10%;
- роботи на швидкості до 20 км/год. – для умов виникнення заторів у місті та поза містом – надбавка у 10%;
- підвищеного аеродинамічного опору спецавтотранспорту на дорогах загального користування за межами міста – надбавка у 5%;
- зменшення норми витрат палива за межами міст та населених пунктів на 15%;
- врахування зимових умов експлуатації при температурі до -5°C – 2%;

- врахування необхідності обігріву салону, а також забезпечення належної оглядовості – надбавка у 2%;
- пробігу на короткі відстані до 2 км у зимових умовах експлуатації – надбавка у 11%;
- їзди поза межами міста по степовим ділянкам – надбавка у 10%;
- роботи у надважких умовах на дорогах загального користування в період бездоріжжя, паводків – надбавка у 30%;
- врахування віку автомобілів – надбавка у 3%.

З метою дослідження непрямого впливу саме умов роботи автотранспорту на збільшення/зменшення витрат необхідно перейти до розгляду табл. 2.2.

Як видно з табл.2.2, для розглянутого прикладу, найбільша надбавка на нормативні витрати палива застосовується для роботи у місті у зимовий період під час дуже напруженого трафіку із заторами – до 63%. При напружених умовах у місті очікуване збільшення нормативних витрат складає 23%. Поза містом при мало – або середньо-напруженому русі можливе збільшення витрат палива лише на 8%.

При збільшені кількості зупинок поза містом надбавка збільшується до 13%. загальному пробігу до 2 км або на перші 2 км після перерви із вимкненим двигуном понад 1 годину в межах та поза межами міста надбавка становила 43%.

2.4. Результати розрахунків

Результати розрахунків лінійних витрат палива та питомої витрати палива на пробіг як по маршруту у цілому, так і по окремим його ділянкам, для кожної моделі рухомого складу спецавтотранспортних засобів показаний у таблицях 2.3 – 2.7.

**Результати розрахунку витрат палива автомобілевоза Mercedes Benz
814D**

Показники	Номер ділянки					
	1	2	3	4	5	6
K_{sum} :	15,676	25,676	65,676	5,676	15,676	56,676
Нормативна витрата палива $Q_{норм}$ (л) на ділянці:	1,735	4,713	2,982	8,560	5,726	0,470
Частка у загальній нормативній витраті (%):	6,81	18,51	11,71	33,62	22,49	1,85
Питома витрата на пробіг (л/100км):	17,351	18,851	24,851	15,851	17,351	23,501
Нормативна витрата палива $Q_{норм}$ (л) на маршрут	25,46					
Питома витрата на пробіг (л/100км) на маршруті	18,72					

**Результати розрахунку витрат палива автомобілевоза Mercedes Benz
1735 із спорядженою масою 11 т**

Показники	Номер ділянки					
	1	2	3	4	5	6
K_{sum} :	15,274	25,274	65,274	5,274	15,274	56,274
Нормативна витрата палива $Q_{норм}$ (л) на ділянці:	2,651	7,203	4,562	13,075	8,749	0,719
Частка у загальній нормативній витраті (%):	6,84	18,58	11,76	33,72	22,56	1,85
Питома витрата на пробіг (л/100км):	26,513	28,813	38,013	24,213	26,513	35,943
Нормативна витрата палива $Q_{норм}$ (л) на маршрут	38,78					
Питома витрата на пробіг (л/100км) на маршруті	28,51					

**Результати розрахунку витрат палива автомобілевоза Mercedes Benz
1735 із спорядженою масою 9 т**

Показники	Номер ділянки					
	1	2	3	4	5	6
K_{sum} :	15,274	25,274	65,274	5,274	15,274	56,274
Нормативна витрата палива $Q_{норм}$ (л) на ділянці:	2,398	6,514	4,125	11,824	7,912	0,650
Частка у загальній нормативній витраті (%):	6,84	18,58	11,76	33,72	22,56	1,85
Питома витрата на пробіг (л/100км):	23,977	26,057	34,377	21,897	23,977	32,505
Нормативна витрата палива $Q_{норм}$ (л) на маршрут	35,07					
Питома витрата на пробіг (л/100км) на маршруті	25,79					

**Результати розрахунку витрат палива автомобілевоза Mercedes Benz
1834 L**

Показники	Номер ділянки					
	1	2	3	4	5	6
K_{sum} :	15,365	25,365	65,365	5,365	15,365	56,365
Нормативна витрата палива $Q_{норм}$ (л) на ділянці:	2,134	5,798	3,671	10,526	7,043	0,579
Частка у загальній нормативній витраті (%):	6,83	18,56	11,75	33,69	22,55	1,85
Питома витрата на пробіг (л/100км):	21,342	23,192	30,592	19,492	21,342	28,927
Нормативна витрата палива $Q_{норм}$ (л) на маршрут	31,24					
Питома витрата на пробіг (л/100км) на маршруті	22,97					

Результати розрахунку витрат палива автомобілевоза Mercedes Benz 2534 L/48

Показники	Номер ділянки					
	1	2	3	4	5	6
K_{sum} :	15,365	25,365	65,365	5,365	15,365	56,365
Нормативна витрата палива $Q_{норм}$ (л) на ділянці:	2,480	6,738	4,266	12,233	8,185	0,672
Частка у загальній нормативній витраті (%):	6,83	18,56	11,75	33,69	22,55	1,85
Питома витрата на пробіг (л/100км):	24,803	26,953	35,553	22,653	24,803	33,618
Нормативна витрата палива $Q_{норм}$ (л) на маршрут	36,31					
Питома витрата на пробіг (л/100км) на маршруті	26,70					

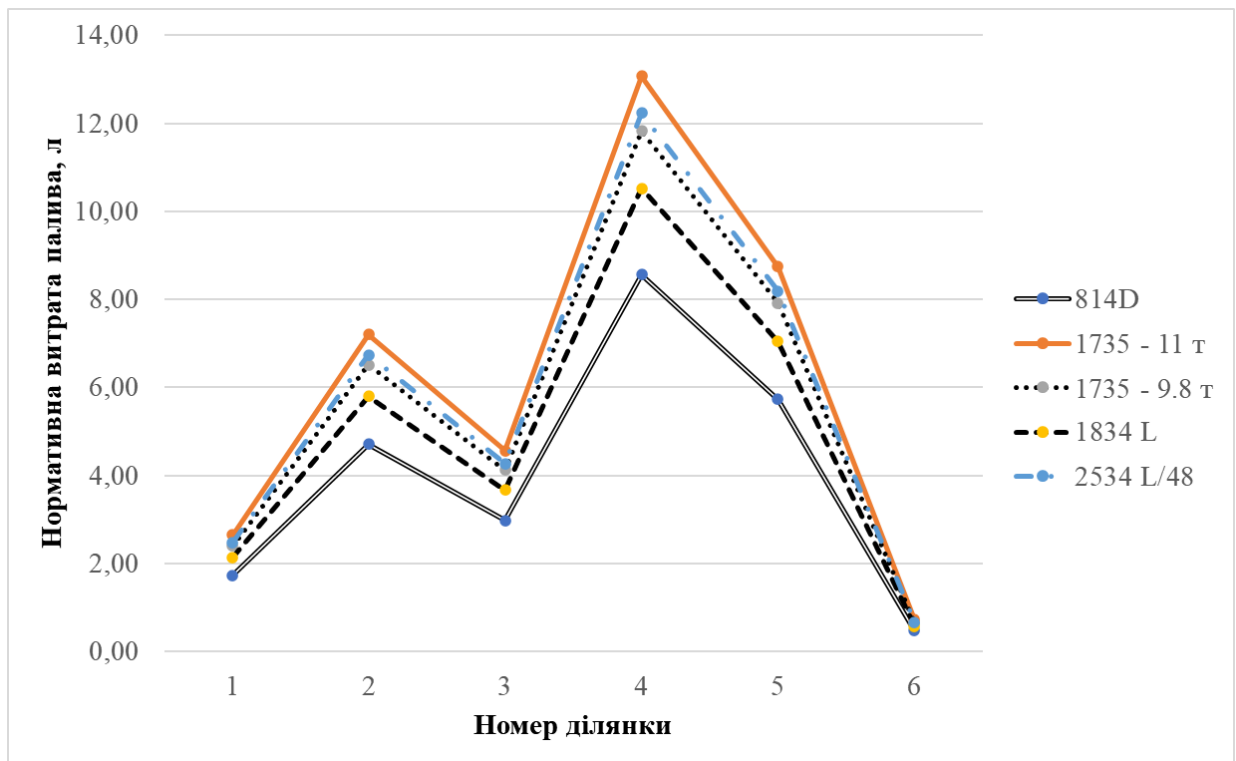


Рис.2.3. Нормативні витрати палива автомобілевозів на ділянках дослідження

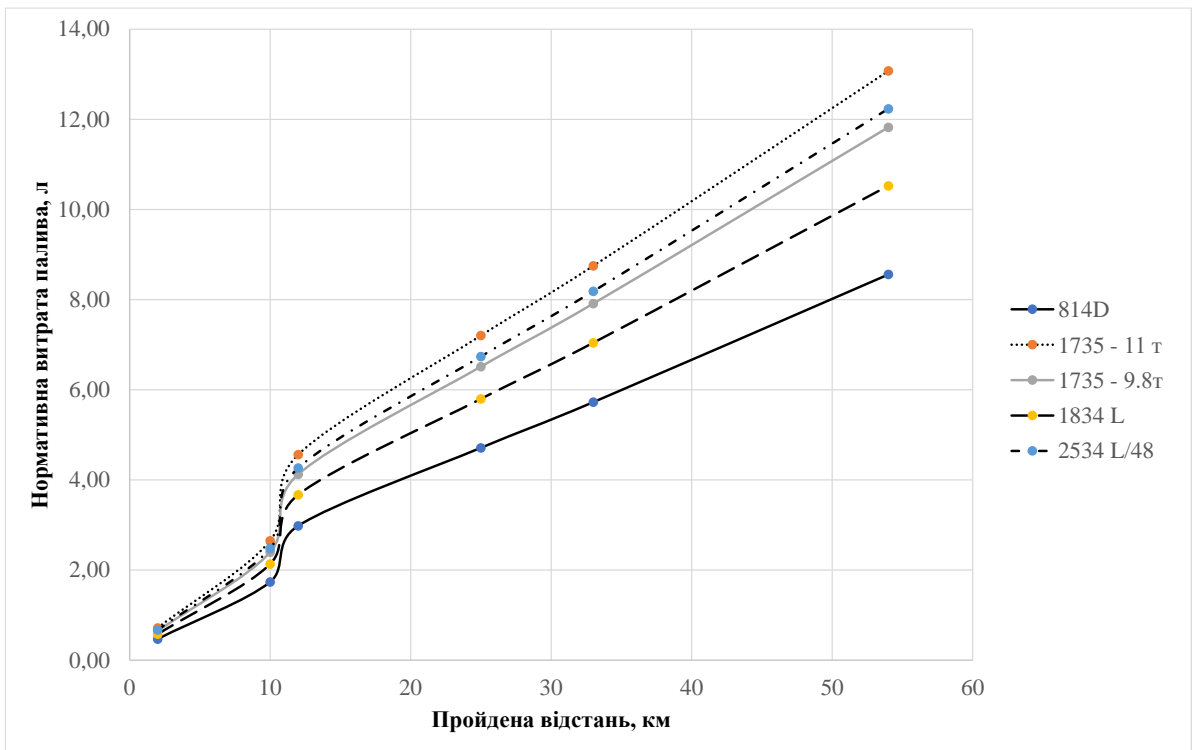


Рис.2.4. Нормативні витрати палива автомобілевозів в залежності від пройденої відстані

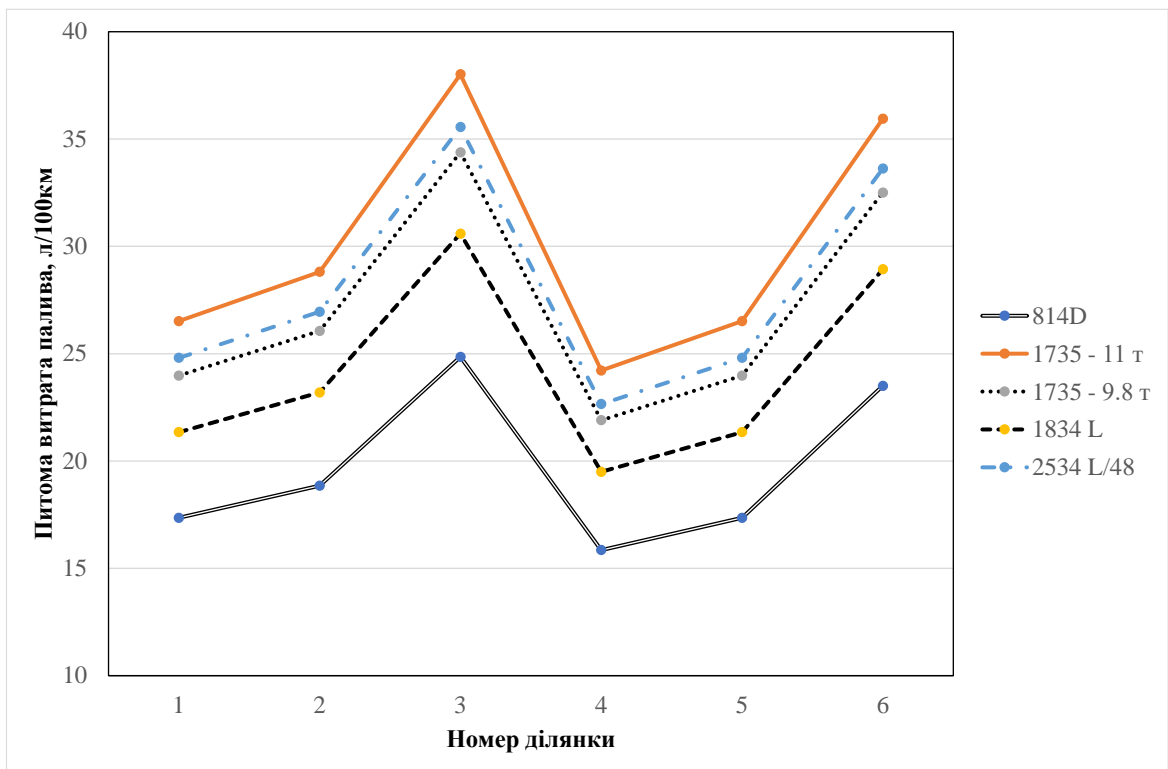


Рис.2.5. Питомі витрати палива автомобілевозів на ділянках дослідження

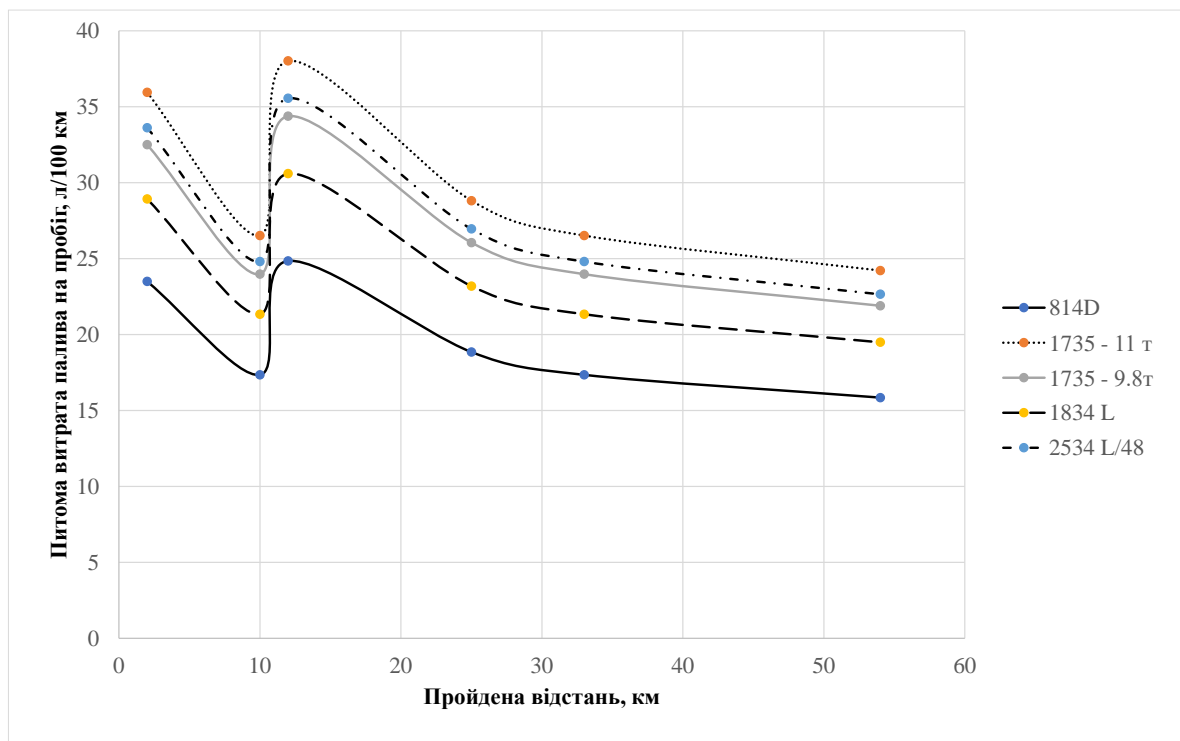


Рис.2.6. Питомі витрати палива автомобілевозів в залежності від пройдені відстані

Розрахована найбільша нормативна витрата палива та витрата палива на пробіг характерні для автомобілевоза Mercedes Benz 1735 із спорядженою масою 11 т на рівні 38,78 л та 28,51 л/100 км відповідно. За витратами палива близькими до цієї моделі є автомобілевоз Mercedes Benz 2534 L/48 із відповідними значеннями 36,31 л та 26,70 л/100 км.

На найдовшій із всіх ділянок (за містом) нормативні витрати палива будуть максимальними серед усіх ділянок маршруту (рис. 2.3). Максимальні значення питомих витрат палива (л/100 км) спостерігатимуться для ділянки під номером 3, її довжина всього 12 км, однак, це міські умови у заторах (рис.2.5). Як і припускалось, нормативні витрати палива лінійно залежать від пройдені відстані (рис. 2.4), в той час як питомі витрати палива не мають чіткої залежності від неї (рис.2.6).

Як під час заторів, так і в умовах дуже напруженого руху у місті із частими зупинками, лінійна функція нормативних витрат палива збільшується із збільшенням відповідного коефіцієнту врахування роботи у місті (рис.2.7).

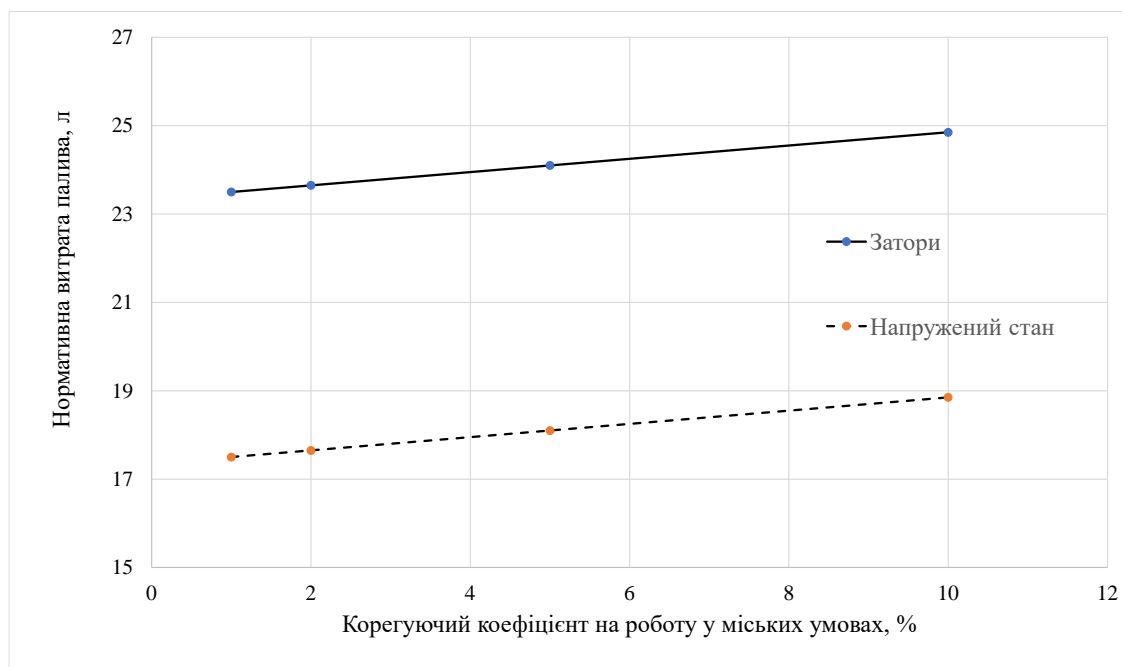


Рис.2.7. Залежність нормативних витрат від значення коефіцієнта врахування міських умов.

Частка витрат палива у загальній нормативній витраті лінійно збільшується (окрім випадку роботи у міських умовах при заторах) по відношенню до частки довжини ділянки у довжині всього маршруту (рис.2.8). Різниця у показниках для частки витрат та частки довжини знаходиться в діапазоні від 0,6% до 32%. Це означає, що вплив коригуючих коефіцієнтів досить незначний: скільки відсотків конкретна ділянка буде мати від загальної довжини маршруту на стільки ж відсотків буде мати витрата палива у загальній нормативній витраті для цієї ділянки. Для взятого до розрахунку прикладу дана тенденція чітко прослідковується.

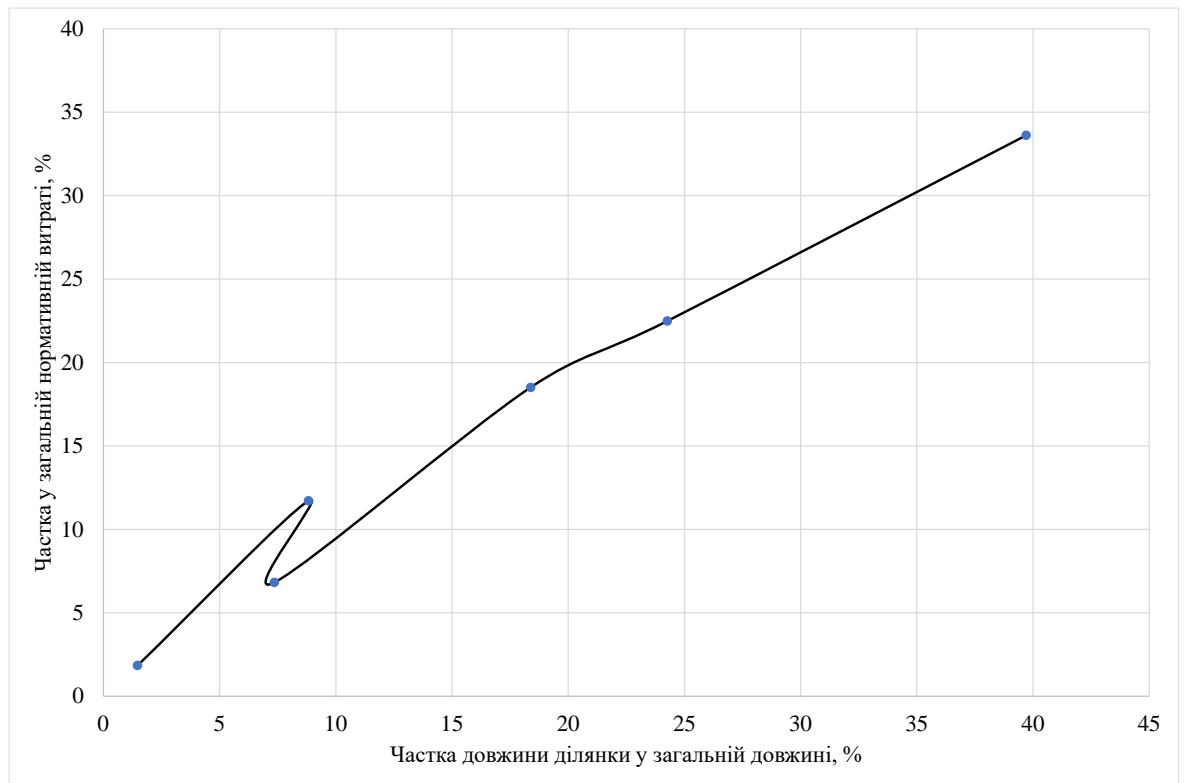


Рис.2.8. Залежність між часткою витрат у загальній нормативній витраті та часткою довжини ділянки у загальній довжині.

2.5. Висновки до розділу 2

Для розрахунку нормативних та питомих витрат палива використані технічні характеристики п'яти автомобілевозів марки Mercedes Benz та інформація про умови їх роботи на різних ділянках маршруту. Для розрахунку маршрут за певний період (у даному випадку добу) був розбитий на ділянки з різними умовами руху, і для кожної ділянки застосовані відповідні коригуючі коефіцієнти на витрати палива відповідно до [5].

Результати розрахунку включали визначення нормативних та питомих витрат палива для 5 автомобілевозів як для окремої ділянки, так і для всього маршруту.

Визначено, що в умовах напруженого руху із частими зупинками, так і в умовах дуже напруженого руху у місті із частими зупинками, нормативні витрати палива зростають у лінійній залежності із збільшенням відповідного коефіцієнту врахування роботи у місті. Для встановлення відповідної емпіричної залежності, необхідні випробування паливної економічності конкретного автомобіля.

Визначена залежність нормативних витрат від значення коефіцієнта врахування міських умов. Різниця у показниках для частки витрат та частки довжини знаходиться в діапазоні від 0,6% до 32%, отже, коефіцієнти корегування мають обмежений вплив у міських умовах, незважаючи на те, що була застосована надбавка на витрати у 23 % для напружених дорожніх умов і 63% – для дуже напружених умов у місті.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА БЕЗПЕКУ РУХУ ТА СПОЖИВАННЯ ПАЛИВА

3.1 Огляд факторів впливу

В Таблиці 3.1 представлена розглянута низка факторів, що впливають як на безпеку системи автомобільних доріг загального користування, так і на рівень споживання палива. Ці фактори розподілені на кілька категорій для зручності: фактори транспортних засобів, такі як система круїз-контролю; фактори дорожньої інфраструктури, наприклад, розширення мережі автомагістралей; та фактори учасників дорожнього руху, такі як рівень підготовки водіїв.

Інші фактори також впливають як на безпеку, так і на загальне споживання пального через зменшення кількості поїздок. У Таблиці 3.2 зібрано і підсумовано ці фактори. Незважаючи на їх важливість, вони не є предметом подальшого розгляду.

У деяких випадках реалізація певної ініціативи може мати позитивні наслідки для обох сфер.

Наприклад, підтримання належного тиску в шинах підвищує безпеку з точки зору керованості та зчеплення з дорогою, а також покращує паливну ефективність завдяки мінімальному тертю на дорозі, що досягається при прийнятному рівні безпеки.

Однак, інші ініціативи можуть покращити або безпеку навколишнього середовища за рахунок іншого фактору. Наприклад, заохочення використання мотоциклів, як очікується, призведе до загальної економії палива, але як вид транспорту мотоцикли не такі безпечні, як автомобілі. Інші фактори можуть впливати на безпеку та навколишнє середовище у більш складний спосіб. Швидкість – один з таких факторів, який буде розглянуто далі.

**Короткий огляд факторів, що впливають на безпеку дорожнього руху
та паливну ефективність**

Фактори	Загальний вплив	
	Безпека	Витрата палива
Фактори ТЗ		
Збільшення маси ТЗ	Покращується для ТЗ, погіршується для інших	Погіршується
Особливості безпеки ТЗ	Покращується	Може погіршуватись
«Гладкий» профіль ТЗ	Покращується	Погіршується
Круїз-контроль	Покращується	Покращується
Збільшення потужності двигуна при незмінному стилі водіння	Може погіршуватись	Покращується
Інфраструктурні фактори		
Заспокоєння дорожнього руху	Покращується	Погіршується
Освітлення кругових розв'язок	Покращується	Покращується
Зменшення максимальної швидкості руху у житловій забудові	Покращується	Може погіршуватись
Зменшення максимальної швидкості руху на дорогах загального користування	Покращується	Покращується
Більше автомагістралей	Невідомо	Покращується
Посилення інфраструктури громадського транспорту (із можливістю підвищення пасажиропотоків)	Покращується	Покращується
Зменшення заторів ТЗ	Може зменшити загальну кількість аварій, однак збільшити їх тяжкість	Покращується
Розбудова розв'язок у різних рівнях	Покращується	Покращується
Фактори учасників руху		
Тренування водія	Покращується	Покращується
Збільшення ліміту швидкості	Покращується	Покращується
Старіння парку ТЗ	Погіршується	Погіршується
Регулярне обслуговування ТЗ	Покращується	Покращується
Правильний тиск у шинах	Покращується	Покращується
Щорічне перевірки стану доріг	Покращується	Покращується
Використання мотоциклів	Погіршується	Покращується
Краще інформування вибору ТЗ	Покращується	Покращується
Пристрої обмеження швидкості	Покращується	Покращується
Пристрої зворотного зв'язку по витратам палива	Погіршується	Покращується

**Короткий огляд факторів, що впливають на безпеку дорожнього руху
та паливну ефективність**

Фактори	Загальний вплив	
	Безпека	Витрата палива
Фактори учасників руху		
Обмеження поїздки автомобіля	Покращується	Покращується
Каршерінг	Покращується	Покращується
Велосипедний рух, ходьба	Покращується	Покращується
Податки на "використання газу" та інші збори або податки (припускаючи зменшення використання приватних автомобілів)	Покращується	Покращується

Основна увага буде приділена тим факторам, які пов'язані зі «стилем водіння» - поведінкою водія під час руху. До таких поведінки належать: вибір швидкості руху, плавність водіння, вибір маршруту, використання кондиціонера та круїз-контролю. Плавність руху та вибір маршруту розглядаються як різні фактори, але основним механізмом їх впливу на витрату палива є зміна профілю швидкості.

Для кожного з цих факторів будуть розглянуті переваги з точки зору безпеки та охорони навколишнього середовища, а також відзначені будь-які недоліки.

3.2. Швидкість руху

Щоб зрозуміти вплив швидкості руху на безпеку та економію пального, необхідно роз'яснити різні терміни та вимірювання, пов'язані зі швидкістю.

Швидкість визначається як швидкість зміни відстані у часі. Під час будь-якої поїздки транспортний засіб деякий час перебуває у стані спокою, деякий час прискорюється, деякий час рухається на крейсерській швидкості (постійна швидкість) і деякий час сповільнюється. Структура швидкостей протягом поїздки називається швидкісним профілем цього транспортного засобу для цієї поїздки. Загальна відстань, пройдена під час поїздки, поділена на загальний час, що минув, дає середню швидкість для цього транспортного засобу за цю поїздку. Швидкість

транспортного засобу в будь-який момент часу називається миттєвою швидкістю. Вимірювання швидкості та термінологія стають дещо складнішими, коли розглядається більше одного транспортного засобу. Набір вимірювань миттєвих швидкостей серії транспортних засобів дає розподіл швидкості. Середнє значення та 85-й перцентиль розподілу швидкості є загальноживаними статистичними показниками. Часто повідомляється про відсоток транспортних засобів, що перевищують певні граничні значення (наприклад, встановлене обмеження швидкості, на 10 км/год вище цього обмеження, на 20 км/год вище цього обмеження).

Часто вимірюють лише вільну швидкість (швидкість транспортних засобів, не обмежену попередніми транспортними засобами) і відображають її у розподілах швидкості. Вільна швидкість, як правило, буде вищою, ніж швидкість наступних транспортних засобів. Таким чином, середнє значення і 85-й перцентиль розподілу вільних швидкостей будуть вищими, ніж відповідні показники для всього транспортного потоку.

Існує безліч міжнародних доказів того, що нижча швидкість призводить до меншої кількості зіткнень і меншої тяжкості аварій, якщо вони все ж таки відбуваються. Частота аварій зростає приблизно пропорційно квадрату середньої швидкості руху [8-12].

Зростання тяжкості зі збільшенням швидкості демонструє модель, розроблена авторами [13-14]. Ця модель ґрунтується на результатах досліджень впливу зміни обмежень швидкості і стверджує, що ймовірність ДТП зі смертельним наслідком пов'язана з четвертим степенем швидкості. Це означає, що зниження середньої швидкості на 10% призводить до зменшення кількості смертельних випадків приблизно на 40%. На Рисунку 3.1 показано прогнозований вплив зміни середньої швидкості на кількість ДТП, ДТП зі смертельними та тяжкими травмами, а також ДТП зі смертельними наслідками.

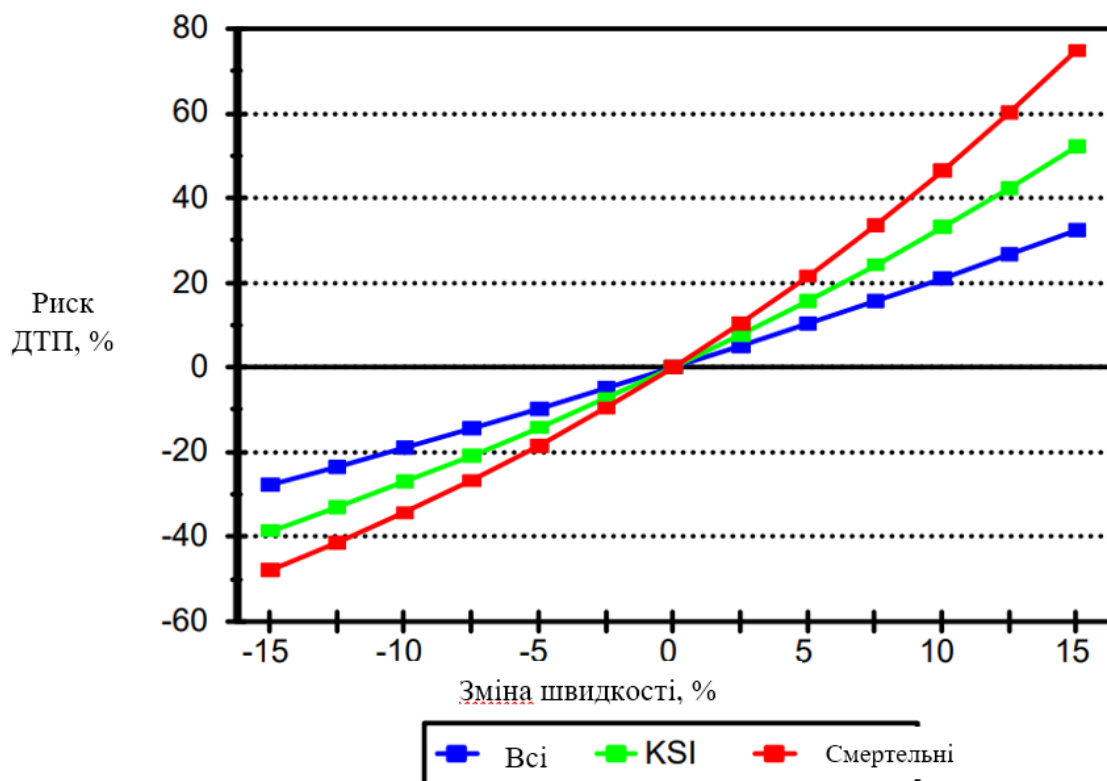


Рис.3.1. Відсоткова зміна кількості всіх ДТП, ДТП з загиблими та тяжкими травмами (KSI) та ДТП зі смертельними наслідками (вісь Y) як функція відсоткової зміни середньої швидкості (вісь X). Крутизна кривої зростає зі збільшенням тяжкості ДТП.

Витрата пального та рівень викидів залежать не лише від миттєвої швидкості, але й від того, чи рухається автомобіль з прискоренням, крейсерською швидкістю або сповільненням. Тому швидкісний профіль транспортного засобу під час поїздки є більш важливим фактором, що визначає рівень споживання пального та викидів, ніж середня швидкість за поїздку. Деякі повідомлення про вплив швидкості руху на споживання пального та викиди були затьмарені неповним описом того, що саме вимірюється [12].

У сучасному автомобілі рух з постійною швидкістю дозволяє системі керування двигуном оптимізувати подачу палива в циліндр згорання. Це мінімізує споживання пального та викиди шкідливих речовин.

Криві залежності викидів від постійної швидкості були отримані в результаті низки дослідницьких проектів [10]. На жаль, форми криві відрізняються в різних дослідженнях.

Як зазначалося раніше, середня швидкість поїздки включає компоненти прискорення, уповільнення та крейсерської швидкості. Було зроблено ряд спроб оцінити зв'язок між середньою швидкістю та споживанням палива і викидами. Очевидно, що точний характер зв'язку буде залежати від припущень щодо компонентів прискорення та сповільнення.

На рисунку 3.2 представлено типові показники викидів і споживання палива як функцію середньої швидкості для транспортних засобів, які відповідають правилам Європейської економічної комісії (ECE) 15-04.

Враховуючи тісний взаємозв'язок між швидкістю руху, аваріями та споживанням палива та викидами, є очевидні аргументи для зменшення швидкості руху.

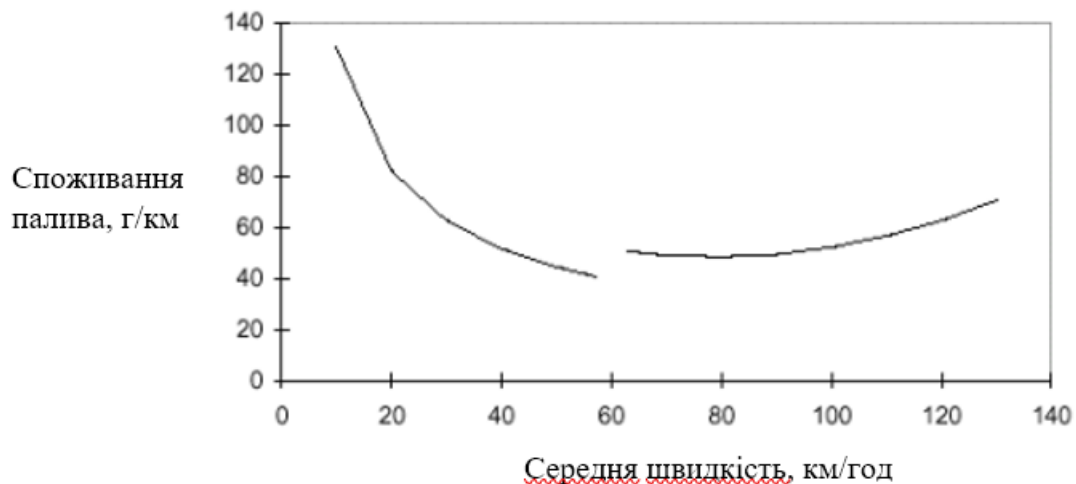


Рис.3.2. Типові показники викидів споживання палива як функція середньої швидкості для легкових автомобілів, що відповідають правилам ECE 15-04.

Існують три загальні підходи до зниження швидкості руху:

- зниження швидкості

- зниження обмежень швидкості
- зниження швидкості в межах встановленого ліміту.

3.3. Підходи до зниження витрат палива шляхом модифікації стилю водіння

Було висловлено багато утверджень щодо можливих наслідків більш плавного стилю водіння. Згідно з інформацією на веб-сайті ЕРА США, впровадження ефективних методів водіння може призвести до покращення економії палива на понад 10%.

У багатьох європейських країнах є сильний поштовх до того, щоб водії покращили паливну економічність через зміни в поведінці водіння. Концепція EcoDrive містить поради для виробників автомобілів і зміни політики щодо доріг та інфраструктури.

Основні принципи EcoDriving можуть бути наступними:

1. Максимально швидко переходьте на вищі передачі під час руху, і потім тримайте оберти двигуна на рівні однієї третини до половини газу.
2. Не допускайте перевищення обертів двигуна понад 3000 об/хв (або рівень найвищого крутного моменту).
3. Плануйте рух заздалегідь, дивіться попереду і відстоюйте від світлофорів та перехрестя так, щоб уникнути зайвого гальмування і зупинок.
4. Адаптуйте швидкість руху до ритму трафіку.
5. Використовуйте вищі передачі якомога частіше і тримайте оберти двигуна на низькому рівні.
6. У транспортних засобах з підвищеною потужністю і крутним моментом вищі передачі працюють ефективніше, ніж перехід на нижчі передачі.
7. Пропускайте перемикання передач там, де це можливо і виправдано.
8. Збільшуйте час холостого ходу двигуна до мінімуму.
9. При запуску автомобіля немає потреби в «розігріві» двигуна.

ВИСНОВКИ

У роботі для обчислення нормативних та питомих витрат пального використовувалися технічні характеристики п'яти автомобілевозів марки Mercedes-Benz та інформація про умови їх роботи на різних ділянках маршруту. Маршрут був розбитий на частини з різними умовами руху, і для кожної частини використовувалися відповідні коригуючі коефіцієнти витрат пального згідно з вихідними даними. Результати включали визначення нормативних та питомих витрат пального для кожного з п'яти автомобілевозів як для окремих частин маршруту, так і для всього маршруту в цілому.

Встановлено, що нормативні витрати палива зростають лінійно зі збільшенням коефіцієнта, що враховує роботу у міських умовах, як для напруженого руху з частими зупинками, так і для дуже напруженого руху у місті з такими ж умовами. Для встановлення точної емпіричної залежності необхідні спеціальні тести на паливну економічність конкретного автомобіля.

Виявлена залежність нормативних витрат від значення коефіцієнта міських умов. Різниця у витратах варіюється від 0,6% до 32% відносно загальної довжини маршруту, що свідчить про обмежений вплив коригуючих коефіцієнтів у міських умовах. Навіть за умови застосування надбавок у 23% для напружених дорожніх умов та 63% для дуже напружених умов у місті, вплив на витрати палива обмежений.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Regulation No. 83 ONZ “Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles with Regard to the Emission of Pollutants According to Engine Fuel Requirements”, Revision 5, 07 Series of Amendments to the Regulation—Date of entry into force: 22 January 2015. 2: E/ECE/324/Rev.1/Add.82/Rev.5-E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.82/Rev.5; United Nations: New York, NY, USA, 2015.

2. Regulation No. 101 ONZ “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”, Revision 3, Supplement 1 to the 01 Series of Amendments to the Regulation—Date of Entry Into Force: 27 January 2013: E/ECE/324/Rev.2/Add.100/Rev.3-E/ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.100/Rev.3.; Geneva, Switzerland. 2013. Available online: <https://unece.org/transport/vehicle-regulations-wp29/standards/addenda-1958-agreement-regulations-101-120> (accessed on 9 February 2021).

3. Commission Regulation (EU) 2017/1151 of 1 June 2017 Supplementing Regulation (EC) No. 715/2007 of the European Parliament and of the Council on Type-approval of Motor Vehicles with Respect to Emissions from Light Passenger and Commercial Vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on Access to Vehicle Repair and Maintenance Information, Amending Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Regulation (EC) No 692/2008 and Commission Regulation (EU) No. 1230/2012 and Repealing Commission Regulation (EC) No. 692/2008 (Text with EEA relevance) (OJ L 175, 7.7.2017, p. 1); The European Parliament: Brussels, Belgium, 2017.

4. Regulation No. 115 ONZ “Uniform Provisions Concerning the Approval of: I. Specific LPG (Liquefied Petroleum Gases) Retrofit Systems to be Installed in Motor Vehicles for the Use of LPG in Their Propulsion System, II. Specific CNG (Compressed Natural Gas) Retrofit Systems to be Installed in Motor Vehicles for the Use of CNG in Their Propulsion System”, Revision 1, Supplement 5 to the Original Version of the Regulation—Date of Entry into Force: 15 July 2013: E/ECE/324/Rev.2/Add.114/Rev.1-E/ECE/TRANS/505/Rev.2/Add.114/Rev.1; Economic Commission for Europe of the United Nations: Geneva, Switzerland, 2013.

5. Методичні рекомендації з нормування витрат палива, електричної енергії, мастильних, інших експлуатаційних матеріалів автомобілями та технікою. <https://insat.org.ua/files/services/ldvpe/6/metod.pdf>

6. Базові норми витрат. Доповнення до Методичних рекомендацій з нормування витрат палива, електричної енергії, мастильних, інших експлуатаційних матеріалів автомобілями та технікою // Редакція 1 від 17.11.2023.

7. С. І. Кривошапов, Ю. В. Горбiк, і В. А. Кашканов, «Методика нормування витрати палива для автомобiлiв швидкої допомоги», *ВМТ*, вип. 17, вип. 1, с. 71–77, Вер 2023.

8. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті. – 3-я ред., доп. та переробл. / Нормативний документ, затверджений Міністерством інфраструктури України 07.10.2011. – Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2012. – 120 с.

9. Норми витрат паливно-мастильних матеріалів на роботу дорожньо-будівельних та спеціальних машин Н218. "Укравтодор" 043-96 / Верховна Рада України - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0156625-96>.

10. Горбiк Ю.В. Визначення енергетичних характеристик автомобiля на стендi з бiговими барабанами // Технiчний сервіс агропромислового, лiсового та транспортного комплексiв. – № 13. – 2018. – С. 231 - 235.

11. Кривошапов С. І. Оцінка витрати палива автомобілів за питомими значеннями витрати палива та ефективної потужності / С. І. Кривошапов, О. І. Назаров, М. Є. Сергієнко // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Автомобіле- та тракторобудування: зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2022. – № 2. – С. 85-91.

12. Горбачов П. Ф. Аналіз відстаней між зупинками міського пасажирського транспорту як фактор впливу на розселення населення / П. Ф. Горбачов, С. В. Свичинський // Збірник наукових праць «Автомобільний транспорт». – Харків: ХНАДУ, 2010. - №26. - С. 101-104.

13. Кривошапов С. І. Вдосконалення існуючої методики нормування витрат палива дорожньо-транспортних засобів. Системи і засоби транспорту. Проблеми експлуатації і діагностики : монографія / за наук. ред. І. Грицука. Херсон : ХДМА, 2019. С. 419–435.

14. Литвин В. В., Таран І. О. Вплив режимів руху міських автобусів на паливну економічність та екологічну безпеку. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Луцьк : ЛНТУ, 2019. № 1 (12). С. 92–97.

15. Корпач О. А. Поліпшення тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобіля при зміні потужності двигуна в широких межах : дис...канд. техн. наук: 05.22.02. Київ : НТУ. – 171 с.