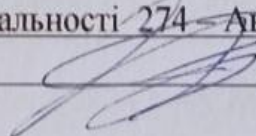


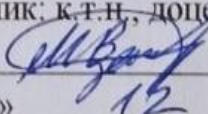
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

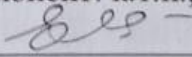
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Вдосконалення техніко-експлуатаційних та економічних показників
автомобілів фізичної особи – підприємця «Заяць Євген Вікторович»
селище Стрижавка Вінницького району Вінницької області»

Виконав: студент 2-го курсу, групи ІАТ-23м
спеціальності 274 – Автомобільний транспорт
 Кожушаний М.В.

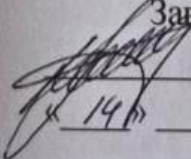
Керівник: к.т.н., доцент каф. АТМ
 Митко М.В.
« 12 » 12 2024 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. ГМ
 Шиліна О.П.
« 14 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри АТМ

к.т.н., доц. Цимбал С.В.

 « 14 » 12 2024 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань – 27 – Транспорт

Спеціальність 274 – «Автомобільний транспорт»

Освітньо-професійна програма – «Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувача кафедри АТМ
к.т.н., доцент Цимбал С.В.

«18» 09 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Кожушаному Михайлу Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вдосконалення техніко-експлуатаційних та економічних показників автомобілів фізичної особи – підприємця «Заяць Євген Вікторович» селище Стрижавка Вінницького району Вінницької області
керівник роботи Митко Микола Васильович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «17» вересня 2024 року № 310.

2. Строк подання студентом роботи: 06.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Запропонувати теоретичне обґрунтування рекомендованої моделі поведінки водія в дорожньому русі та економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля. Розробити формалізований опис рекомендованої моделі поведінки водія та макет опису економічного алгоритму регулювання швидкості. Розробка експериментально-розрахункової методики економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля. Визначення економічного алгоритму регулювання швидкості легкового автомобіля та експериментальна перевірка ефективності розроблених методів економічного управління. Розробка рекомендацій для водіїв щодо економічного управління легковим автомобілем.

4. Зміст текстової частини:

1 Аналіз діяльності підприємства фізичної особи-підприємця «Заяць Євген Вікторович» селище Стрижавка Вінницького району Вінницької області.

2 Теоретичне обґрунтування економічного керування автомобілем.

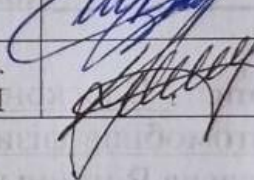
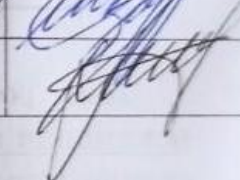
3 Розробка методики експериментально – розрахункового визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля.

4 Визначення алгоритму регулювання швидкості легкового автомобіля та експериментальна перевірка рекомендацій з економічного управління.

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

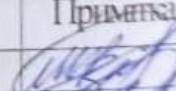
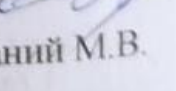
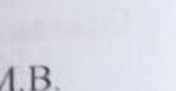
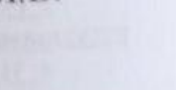
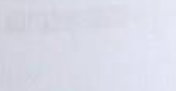
- 1-2 Тема, мета та завдання дослідження.
- 3 Загальний вигляд ВТБ СТО ФОП «Заяць Є.В.».
- 4-6 Рекомендації щодо економічного регулювання швидкості легкового автомобіля та заходи зі зменшення опору руху автомобіля, внутрішніх втрат у двигуні та трансмісії, зниження споживаної двигуном потужності.
- 7 Показник відношення середньої швидкості руху V_c до витрати палива q .
- 8-9 Рекомендована зміна максимальної швидкості та схема зміни швидкості автомобіля.
- 10-12 Розробка методики приблизного визначення економічного алгоритму регулювання швидкості при розгоні.
- 13-15 Розрахунково – експериментальне визначення економічного алгоритму регулювання швидкості легкового автомобіля.
- 16-18 Модель поведінки та алгоритм регулювання швидкості водіїв до і після навчання.
- 19 Розроблення рекомендацій щодо економічного керування легковим автомобілем.
- 20-21 Висновки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Митко М.В., к.т.н., доцент кафедри АТМ		
Визначення ефективності запропонованих рішень	Цимбал С.В., к.т.н., доц. завідувач кафедри АТМ		

7. Дата видачі завдання « 18 » вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	18.09-22.09.2024	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	23.09-20.10.2024	
3	Обґрунтування методів досліджень	23.09-20.10.2024	
4	Розв'язання поставлених задач	21.10-03.11.2024	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	04.11-17.11.2024	
6	Виконання розділу/підрозділу «Визначення ефективності запропонованих рішень»	18.11-01.12.2024	
7	Нормоконтроль МКР	02.12-06.12.2024	
8	Попередній захист МКР	09.12-11.12.2024	
9	Рецензування МКР	12.12-16.12.2024	
10	Захист МКР	17.12.2024-20.12.2024	

Студент

(підпис)

Кожушаний М.В.

Керівник роботи

(підпис)

Митко М.В.

АНОТАЦІЯ

УДК 656.13.017

Кожушаний М.В. Вдосконалення техніко–експлуатаційних та економічних показників автомобілів фізичної особи – підприємця «Заяць Євген Вікторович» селище Стрижавка Вінницького району Вінницької області. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 274 – автомобільний транспорт, освітня програма - автомобільний транспорт. Вінниця: ВНТУ, 2024. 85 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 26 назв; рис.: 25; табл. 31.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено питання щодо вдосконалення техніко–експлуатаційних та економічних показників автомобілів фізичної особи – підприємця «Заяць Євген Вікторович» селище Стрижавка Вінницького району Вінницької області. У розділі 1 обґрунтовано доцільність діяльності станції технічного обслуговування фізичної особи – підприємця «Заяць Євген Вікторович» селище Стрижавка Вінницького району Вінницької області. В розділі 2 виконано теоретичне обґрунтування економічного керування автомобілем. В розділі 3 виконано методику розробку методики експериментально – розрахункового визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля. В розділі 4 визначено алгоритм регулювання швидкості легкового автомобіля та експериментальна перевірка рекомендації з економічного управління.

Графічна частина складається з 21 плакатів із результатами моделювання.

Ключові слова: Безпека дорожнього руху, ділянки руху, економічне керування автомобілем, легковий автомобіль, модель, поведінка водія, швидкість руху.

ABSTRACT

Kozhushaniy M.V. Improving the technical, operational and economic indicators of cars of an individual entrepreneur "Zayats Yevhen Viktorovych", Stryzhavka village, Vinnytsia district, Vinnytsia region. Master's qualification work in the specialty 274 - road transport, educational program - road transport. Vinnytsia: VNTU, 2024. 85 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 26 titles; fig.: 25; tabl. 31.

The master's qualification work develops issues related to improving the technical, operational and economic indicators of cars of an individual entrepreneur "Zayats Yevhen Viktorovych" in the village of Stryzhavka, Vinnytsia district, Vinnytsia region. Section 1 substantiates the feasibility of the operation of the technical service station of an individual entrepreneur "Zayats Yevhen Viktorovych" in the village of Stryzhavka, Vinnytsia district, Vinnytsia region. Section 2 provides a theoretical justification for economic car control. Section 3 provides a methodology for developing a methodology for experimentally calculating the economic algorithm for regulating the speed of a car. Section 4 defines the algorithm for regulating the speed of a passenger car and experimentally verifies the recommendations for economic control.

The graphic part consists of 21 posters with simulation results.

Keywords: Road safety, traffic areas, economical driving, passenger car, model, driver behavior, speed.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ФІЗИЧНОЇ ОСОБИ-ПІДПРИЄМЦЯ «ЗАЯЦЬ ЄВГЕН ВІКТОРОВИЧ» СЕЛИЩЕ СТРИЖАВКА ВІННИЦЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	8
1.1 Загальна характеристика та аналіз діяльності підприємства фізичної особи-підприємця «Заяць Євген Вікторович» селище Стрижавка Вінницького району Вінницької області	8
1.2 Аналіз впливу якості керування автомобілем на витрати палива та безпеку руху	13
Висновки до розділу 1.....	23
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОГО КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЕМ	24
2.1 Теоретичне обґрунтування рекомендованої моделі поведінки водія в дорожньому русі	25
2.2 Теоретичне обґрунтування економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля	32
2.3 Алгоритм управління автомобілем при виникненні нештатних ситуацій (для автомобілів не обладнаних ABS)	38
Висновки до розділу 2	39
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО – РОЗРАХУНКОВОГО ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО АЛГОРИТМУ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ АВТОМОБІЛЯ	40
3.1 Розробка методики експериментально-розрахункового визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля при розгоні та русі на підйом	40
3.2 Розробка методики визначення вибору рекомендованої передачі при сталому русі	49

3.3 Розробка методики визначення характеристики витрати палива при сповільненні автомобіля	50
3.4 Розробка методики приблизного визначення економічного алгоритму регулювання швидкості при розгоні	54
Висновки до розділу 3	56
РОЗДІЛ 4 ВИЗНАЧЕННЯ АЛГОРИТМУ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ ТА ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКОНОМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ	57
4.1 Точні визначення економічного алгоритму управління	57
4.2 Апробація економічної моделі керування автомобілем при проведенні експлуатаційних випробувань	70
Висновки до розділу 4	77
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	81
ДОДАТОК А	85
ДОДАТОК Б	111

ВСТУП

Актуальність теми. Одним з найбільших споживачів нафтопродуктів є автомобільний транспорт. У 2014 році чисельність світового автомобільного парку перевищила 1 млрд одиниць. За статистичними даними до 2050 року кількість автомобілів може подвоїтися. Тому завдання зниження споживання палива автомобільним транспортом є актуальним.

Одним з ефективних методів зниження експлуатаційної витрати палива є навчання водіїв економічному керуванню транспортними засобами, яке дозволяє знизити експлуатаційну витрату палива в середньому на 5 – 20%. Як показує практика, економічне керування пов'язане зі зміною поведінки водія в дорожньому русі в бік підвищення його безпеки. Емісія автомобільного транспорту становить 23% від загальних викидів вуглекислого газу. Зниження експлуатаційної витрати палива є ефективним способом зменшення викидів вуглекислого газу двигунами, що працюють на вуглеводневому паливі. Таким чином, розробка та використання економічного керування автомобілем дозволять знизити експлуатаційну витрату палива, пропорційно зменшити викиди в атмосферу парникових газів та токсичних речовин, а також підвищити безпеку експлуатації автомобільного транспорту.

Проведений аналіз показав, що підвищення якості керування автомобілем є серйозним, але недостатньо використаним резервом зменшення експлуатаційних витрат палива. Підвищення якості керування автомобілем включає дві складові: покращення поведінки водія в дорожньому русі та вдосконалення регулювання швидкості автомобіля на кожній фазі природного циклу зміни швидкості: розгін – сталий рух – гальмування.

Існують суттєві розбіжності в рекомендованих різними авторами алгоритмах економічного регулювання швидкості автомобіля, що стосуються величини навантаження двигуна при розгоні та застосування накату при гальмуванні та русі на пологих спусках.

Параметри алгоритму економічного регулювання швидкості автомобіля залежать від технічних параметрів двигуна, трансмісії та маси автомобіля. Для точного визначення параметрів алгоритму необхідно проведення значного обсягу випробувань. Результати цих випробувань доцільно викласти в рекомендаціях щодо керування, що додаються до автомобіля.

Викладене вище підтверджує, що тема магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження, що актуальне та спрямоване на вирішення науково-практичного завдання, що має важливе народногосподарське значення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дані дослідження за темою магістерської роботи належать до основних напрямів наукових досліджень кафедри "Автомобілі та транспортний менеджмент" Вінницького національного технічного університету.

Мета і завдання дослідження.

Метою досліджень є зменшення експлуатаційної витрати палива автомобілем внаслідок дотримання водієм певних правил поведінки в дорожньому русі та застосування економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля.

Для реалізації поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

1. Теоретичне обґрунтування рекомендованої моделі поведінки водія в дорожньому русі та економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля.
2. Розробити формалізований опис рекомендованої моделі поведінки водія та макет опису економічного алгоритму регулювання швидкості.
3. Розробка експериментально-розрахункової методики економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля.
4. Визначення економічного алгоритму регулювання швидкості легкового автомобіля та експериментальна перевірка ефективності розроблених методів економічного управління.
5. Розробка рекомендацій для водіїв щодо економічного управління легковим автомобілем.

Об'єкт дослідження – є система «водій – автомобіль», яка включає взаємодію водія, транспортного засобу та зовнішнього середовища. Ця система охоплює психофізіологічні характеристики водія, технічні особливості автомобіля, їхній зворотний зв'язок, а також вплив дорожніх і погодних умов. Метою аналізу є забезпечення безпеки, ефективності та надійності цієї взаємодії.

Предмет дослідження – це проведення дослідження на основі наукових праць вітчизняних та зарубіжних фахівців, які досліджували проблеми високих витрат палива автомобілем, формування стратегії та методити економічного водіння.

Методи дослідження. Методологія дослідження ґрунтується на системному підході до аналізу якості функціонування системи «водій – автомобіль». У межах цього підходу застосовуються як теоретичні, так і експериментальні методи:

1. Теоретичне обґрунтування:

- Аналіз існуючих моделей поведінки водіїв у дорожньому русі.
- Розробка та обґрунтування моделі поведінки водія, яка забезпечує оптимальну витрату палива та підвищену безпеку керування.
- Використання методів математичного моделювання для оцінки ефективності запропонованих рішень.

2. Експериментально – розрахункові методи:

- Проведення експериментів з вимірювання витрати палива автомобілем у різних режимах (розгін, усталений рух, уповільнення).
- Розробка розрахункових алгоритмів для визначення оптимальної швидкості та режимів керування.
- Верифікація отриманих алгоритмів шляхом порівняння з експериментальними даними.

3. Практичні рекомендації:

- Формування рекомендацій для водіїв щодо економічного керування автомобілем.

- Розробка інструкцій із застосування економічних алгоритмів регулювання швидкості.

- Популяризація правил екологічного та безпечного стилю водіння.

Застосування цих методів дозволяє розробити комплексні рішення для оптимізації функціонування системи «водій – автомобіль» із фокусом на зниження витрат палива, підвищення безпеки та покращення якості керування.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в:

- розробці та теоретичному обґрунтуванні рекомендованої моделі поведінки водія в дорожньому русі;
- теоретичному обґрунтуванні економічного алгоритму регулювання швидкості, що виявилось у розробці характеристики мінімальної витрати палива при сталому русі та критерію обмеження максимальної швидкості на ділянках вільного руху;
- розробці розрахунково – експериментальної методики визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля в різних фазах циклу його руху.

Практична значимість отриманих результатів.

Використання основних результатів магістерської кваліфікаційної роботи та запропоновані в роботі теоретичні положення, методологічні підходи та моделі поставлені в основу рекомендацій поведінки водія в дорожньому русі та економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля. Результати дослідження та розроблена методика дозволяють визначати економічні алгоритми регулювання швидкості транспортних засобів та навчати водіїв методам управління автомобілем для зниження витрати палива від 4 до 27%.

Достовірність теоретичних положень магістерської роботи засвідчує використання теоретико-методологічних положень, розробці наукових та практичних методів, а також математичної моделі для створення рекомендацій щодо поведінки водія на дорозі, спрямованих на зменшення витрати палива, а також створення математичної моделі для визначення оптимальної швидкості руху.

Апробація результатів роботи. Проміжні результати досліджень магістерської кваліфікаційної роботи доповідались та обговорювались на Міжнародній науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)» 15 жовтня 2024 року – 15 червня 2025 року, Вінниця, ВНТУ.

Публікації. М.В. Кожушаний, М. В. Митко. Аналіз та обґрунтування рекомендованої моделі поведінки водія при керуванні автомобілем під час дорожнього руху. Матеріали Міжнародна науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)». Вінниця, ВНТУ. 2024 URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/view/22834> [16].



РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ФІЗИЧНОЇ ОСОБИ-ПІДПРИЄМЦЯ «ЗАЯЦЬ ЄВГЕН ВІКТОРОВИЧ» СЕЛИЩЕ СТРИЖАВКА ВІННИЦЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Загальна характеристика та аналіз діяльності підприємства фізичної особи-підприємця «Заяць Євген Вікторович» селище Стрижавка Вінницького району Вінницької області

1.1.1 Історія та характеристика підприємства фізичної особи-підприємця «Заяць Євген Вікторович» селище Стрижавка Вінницького району Вінницької області

В Україні на сьогодні спостерігаються значні зміни в підходах до розвитку новітніх технологій, а також у суспільно-економічних умовах. Війна та повномасштабне вторгнення в Україну стали ключовими факторами, що змінили не тільки політичну, а й економічну ситуацію в країні. Ці події призвели до переосмислення багатьох цінностей та змін темпів розвитку національного господарства. Одним із секторів, який зазнав суттєвих змін, є автосервісна індустрія.

Підприємства автосервісу стикнулися з новими викликами: зростанням цін на запчастини, труднощами у постачанні товарів, а також зміною попиту на певні види послуг. В умовах економічної нестабільності спостерігається значне підвищення вартості сервісного обслуговування, що, в свою чергу, впливає на доступність послуг для кінцевих споживачів. Ці зміни змусили підприємства автосервісу адаптувати свої стратегії обслуговування та знайти нові способи оптимізації витрат без шкоди для якості обслуговування.

За даними Єдиного державного реєстру підприємств та організацій України юридична та згідно даних youcontrol.com.ua, досьє ФОП ЗАЯЦЬ Є. В. [31], підприємство зареєстроване та продовжує свою роботу.

Повна назва підприємства: ФІЗИЧНА ОСОБА-ПІДПРИЄМЦЯ «ЗАЯЦЬ ЄВГЕНІЙ ВІКТОРОВИЧ», а скорочена ФОП «ЗАЯЦЬ Є. В.». Саме підприємство ФОП «ЗАЯЦЬ Є. В.», знаходиться за адресою: Україна, 23211, Вінницька область, Вінницький район, селище Стрижавка, вул. Київська, 86. За своєю історичною діяльністю, це новостворене підприємство, яке згідно електронних даних youcontrol.com.ua [31], зареєстровано від 19 травня 2021 року. Керівником підприємства ФОП «ЗАЯЦЬ Є. В.», є Заяць Євгеній Вікторович, а також він є кінцевим бенефіціантом. За даними ФОП «ЗАЯЦЬ Є. В.», вказано дані про реєстраційний номер платника єдиного внеску - № 10000002059473.

Види економічної діяльності ФОП «ЗАЯЦЬ Є. В.»:

49.41 Вантажний автомобільний транспорт;

33.17 Ремонт і технічне обслуговування інших транспортних засобів;

45.20 Технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів;

46.19 Діяльність посередників у торгівлі товарами широкого асортименту;

68.20 Надання в оренду й експлуатацію власного чи орендованого нерухомого майна;

77.39 Надання в оренду інших машин, устаткування та товарів, н. в. і. у.

Потрібно сказати, що сьогодні перед підприємством стоїть не легкий шлях, що підприємство сьогодні працює в умовах війни, де сплачує податки, а також надає робочі місця, і створює соціально – побутові умови для розвитку нашої держави. ФОП «ЗАЯЦЬ Є. В.» надає послуги по ремонту автомобілів, а також ще має автомайданчик для продажу різної техніки.

По – перше відміченим, є що підприємство працює у складних умовах, при цьому залишається на далі працювати в Україні, платити податки та утримувати державу.

По – друге, для організації та виконання своїх функцій, які покладені на нього в складних умовах забезпечує сервісом різні види автомобільного транспорту, доставляє автомобілі з різних куточків держави та впливає на підтримку об'єктів інфраструктури України, які забезпечують умови життєздатності країни в цілому під час війни.

1.1.2 Аналіз функціонуючого підприємства автосервісу, його виробничо-технічної бази та діляниць із технічного обслуговування та поточного ремонту фізичної особи-підприємця «Заяць Є.В.»

Виробничі потужності станції технічного обслуговування автомобілів (СТОА) підприємства автосервісу ФОП «ЗАЯЦЬ Є. В.», мають у своєму розпорядженні: адміністративно-побутовий корпус, в якому розміщено виробниче приміщення для проведення ремонтних робіт, як ТО і ПР автомобілів, а також допоміжні та складські приміщення.

База станції технічного обслуговування автомобілів (СТОА) підприємства ФОП «Заяць Є. В.» розташована за адресою: селище Стрижавка, вул. Київська, 86, Вінницький район, Вінницька область. Територія підприємства має огорожену зону, яка включає автомайданчик для продажу та стоянки автомобілів, а також майданчик для очікування перед проведенням технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР).

Загальний вигляд виробничо-технічної бази та виробничого приміщення наведено на малюнках 1.1–1.3, де виконані роботи з ТО та ПР. Станція обслуговує легкові автомобілі та комерційні автомобілі малої вантажопідйомності.



а)



б)

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд виробничо-технічної бази станції технічного обслуговування автосервісу ФОП «Заяць Є. В.»

а – головні ворота ФОП «Заяць Є. В.» ; б - огорожена територія (автомайданчик) для стоянки автомобілів майданчик для очікування перед проведенням ТО і ПР



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд огороженої території для стоянки автомобілів станції технічного обслуговування автосервісу ФОП «Заяць Є. В.»



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд заїзду воріт виробничого приміщення станції технічного обслуговування автосервісу ФОП «Заяць Є. В.»

Сьогодні ФОП «Заяць Є. В.» – це є міська станція технічного обслуговування автомобілів, яка займається поточним ремонтом легкових автомобілів та комерційних автомобілів малої вантажопідйомності. В середньому числом заїздів автомобілів на виконання обслуговування та ремонтів складає 6500 заїздів, що приблизно становить десь 3250 автомобілів на рік.

Темою магістерської кваліфікаційної роботи: Вдосконалення техніко–експлуатаційних та економічних показників автомобілів фізичної особи – підприємця «Заяць Євген Вікторович» селище Стрижавка Вінницького району Вінницької області, де з урахуванням різних причин, а також зростання темпів поповнення автопарків закордонною технікою, виникає потреба підвищення якості та ефективності технічного обслуговування автомобілів на СТО.

Для проведення технічного обслуговування (ТО) та поточного ремонту (ПР) автомобілів на СТО ФОП «Заяць Є. В.» у виробничих підрозділах, які забезпечують виконання повного комплексу робіт із обслуговування та ремонту рухомого складу, де застосовуються:

- зони технічного обслуговування та поточного ремонту, розміщуються у виробничих корпусах, що обладнані тупиковими постами із електромеханічними підіймачами для автомобілів.
- ділянки для виконання агрегатних і слюсарно-механічних робіт, які об'єднані в одному виробничому приміщенні будівлі для свого функціонального призначення.

На СТО ФОП «Заяць Є. В.» передбачено чотири пости зон ТО і ПР, де розташовано два електромеханічні підіймачі, що зображено на рисунках. 1.4 та 1.5.

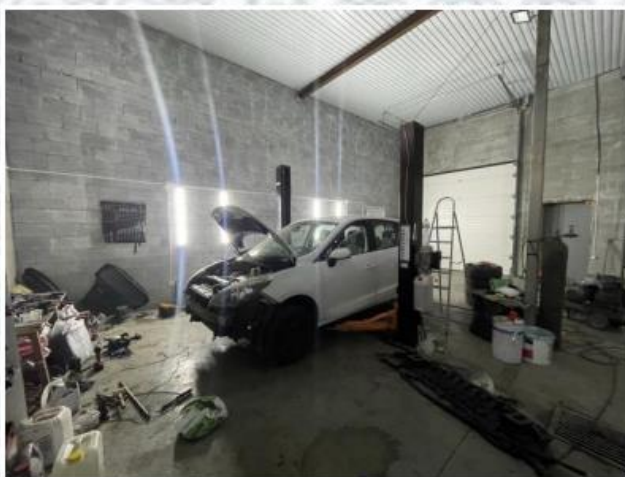


Рисунок 1.4 – Приміщення виробничих постів зони ТО та ПР для легкових автомобілів та комерційних автомобілів малої вантажопідйомності
СТО автосервісу ФОП «Заяць Є. В.»

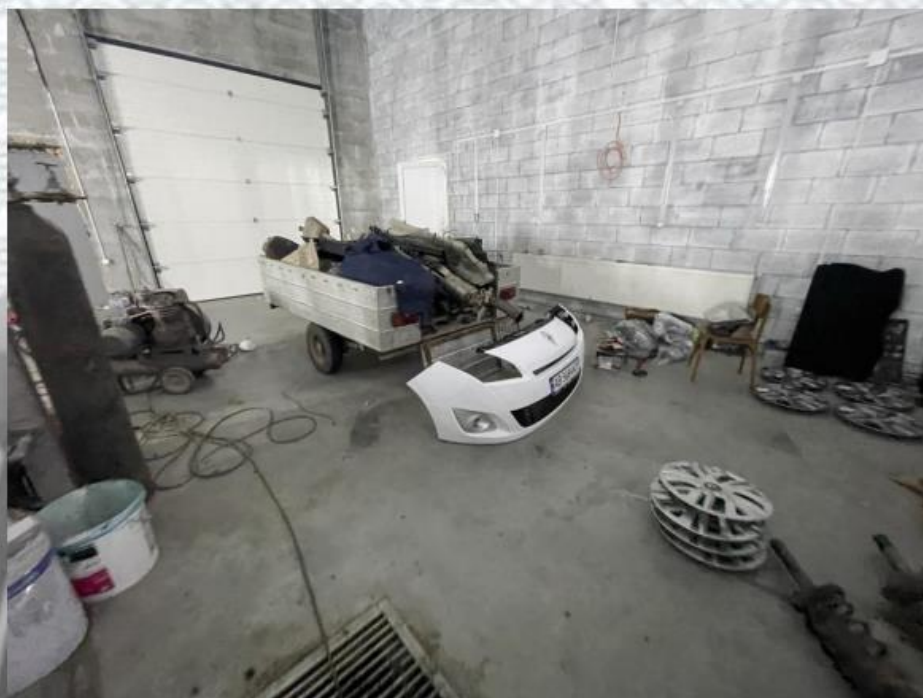


Рисунок 1.5 – Виробниче приміщення дільниці для виконання агрегатних та слюсарно – механічних робіт для легкових автомобілів та комерційних автомобілів малої вантажопідйомності СТО автосервісу ФОП «Заяць Є. В.»

1.2 Аналіз впливу якості керування автомобілем на витрати палива та безпеку руху

Зменшення споживання паливно-енергетичних ресурсів завжди було актуальним завданням суспільства, особливо в умовах зростання світового автопарку. Автомобільний транспорт є одним із найбільших споживачів нафтопродуктів. Прогнозувалося, що до 2000 року кількість автомобілів перевищить півмільярда одиниць [37]. Уже в 2010 році загальна кількість транспортних засобів, включаючи легкові та вантажні автомобілі, автобуси (без урахування важких позашляховиків), досягла 1,015 мільярда одиниць [37]. Згідно звіту «Міжнародного енергетичного агентства (МЕА)» «Транспорт, енергетика та CO₂», де обговорюється, як на транспорт припадає майже чверть глобальної енергії. Викиди CO₂, очікуване зростання кількості власників автомобілів до понад двох мільярдів до 2050 року.

Оскільки основні джерела енергії – нафта, газ тощо – є невідновлюваними, їх ресурси зростають. Тому критично важким завданням є зменшення споживання палива автомобільним транспортом, навіть з огляду на постійне зростання кількостей.

Одним з ефективних методів зниження експлуатаційних витрат палива є навчання водіїв економному керуванню транспортними засобами, що дозволяє знизити споживання палива в середньому на 10-20% [32, 35, 36].

Принципи економічного регулювання швидкості автомобіля сформульовані в XX столітті в контексті зростання автомобільного транспорту та необхідності оптимізації його використання для зниження витрат палива, зменшення шкідливих викидів і підвищення безпеки на дорогах:

- покращення регулювання потужності автомобільного двигуна для забезпечення його роботи в найбільш економічному режимі;
- використання кінетичної енергії автомобіля при його сповільненні та вибіркової енергії при русі під ухил;
- зменшення втрат на опір руху автомобіля (зниження ваги, підвищення якості шин, поліпшення обтічності автомобіля, зменшення втрат на тертя в двигуні та в механізмах трансмісії тощо) [36].

У 2010 році в Угорщині відбулася нарада чотирьох міжнародних організацій: Міжнародної автомобільної федерації (FIA), Міжнародного агентства з енергетики (IEA), Міжнародного транспортного форуму (ITF) та Програми ООН з довкілля (UNEP), які виступили з глобальною ініціативою зі зниження експлуатаційних витрат палива транспортними засобами «50×50». Було поставлено завдання знизити операційні витрати палива автомобілями до 2050 року на 50% порівняно з нинішнім рівнем. Таким чином, при очікуваному до того часу подвоєнні світового автопарку транспортних засобів споживання ними палива, а отже, і викиди CO₂, залишаться на рівні сьогоднішнього дня.

Щоб знизити питому витрату палива двигуном, необхідно збільшити його навантаження. Максимально навантажити двигун можна лише в режимі розгону. При сповільненні за рахунок руху накатом енергія палива, витрачена на

збільшення швидкості автомобіля, максимально використовується для його руху за інерцією. Щоб реалізувати такі режими роботи двигуна, був запропонований цикл розгін – накат [36].

Багато досліджень було присвячено впливу параметрів циклічного руху на споживання палива, зокрема [34, 35].

Однак, незважаючи на ефективність циклу розгін-накат, він не знайшов широкого практичного застосування. Головна причина полягає в тому, що цей цикл руху є штучним і не збігається з природним циклом розгін – стабільний рух – гальмування.

Застосування циклу розгін-накат можливе лише у вільному транспортному потоці, коли циклічні зміни швидкості автомобіля не впливають на рух інших транспортних засобів. Тому для зменшення операційних витрат палива необхідно підвищити ефективність використання палива на кожній фазі природного циклу зміни швидкості автомобіля. При розгоні – навантажувати двигун таким чином, щоб він працював на мінімальних значеннях питомої витрати палива. При сталому русі – рухатися із мінімальною стійкою швидкістю автомобіля. При гальмуванні – максимально використовувати кінетичну енергію. При русі під ухил – максимально використовувати потенційну енергію. Такий підхід до зниження операційних витрат палива шляхом підвищення якості керування автомобілем був сформульований у роботах [1, 6, 35]. Результати випробувань, проведених під час виконання цих досліджень, підтвердили обґрунтованість такого підходу.

Проблема скорочення викидів парникових газів автомобілями, що виникла в останні роки, стимулювала активізацію робіт, спрямованих на зниження експлуатаційних витрат палива шляхом підвищення якості керування автомобілем у країнах ЄС. В Австрії та Швеції реалізуються програми навчання економному керуванню автомобілем. Ряд автовиробників: Volvo, Nissan, Toyota, Volkswagen, Honda – мають власні програми навчання економному керуванню автомобілем своїх клієнтів.

Найбільших успіхів у навчанні економному водінню досягла Австрія. Австрійський проект екологічного водіння «Ecowill» реалізується Міністерством охорони довкілля Австрії з 2004 року. Екологічне водіння вважається невід'ємною частиною національної стратегії в галузі енергетики та охорони клімату. Головні кроки австрійського проекту «Ecowill» спрямовані на:

- розвиток та поглиблення на національному рівні стандартів екологічного водіння для тренінгів та навчання інструкторів;
- введення екологічного водіння в програми автошкіл та екзаменаційні тести з водіння;
- навчання екологічному водінню водіїв зі стажем;
- навчання екологічному водінню інструкторів з водіння;
- моніторинг ефективності курсів з екологічного водіння.

За результатами реалізації програми «Ecowill» було отримано такі результати:

- зменшення споживання палива та викидів CO₂ в середньому на 5-20%;
- зменшення шумового забруднення довкілля (завдяки зменшенню частоти обертання колінчастого вала двигуна при русі на більш високих передачах);
- зниження аварійності на дорогах до 40%;
- зниження витрат на технічне обслуговування та ремонт автомобіля (двигун, гальмівні механізми, шини);
- зменшення стресу, який відчувають водії (зменшення кількості нестандартних ситуацій).

Програма навчання водіїв економному водінню існує в Швеції, а також на таких фірмах, як Volvo [32], Nissan [35], Toyota, Volkswagen, Honda [36].

Результати узагальнення рекомендацій щодо застосування економічного алгоритму регулювання швидкості наведені в таблицях 1.1 та 1.2. У них відображено 2 принципи підвищення якості керування автомобілем:

1. Реалізація економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля при розгоні, сталому русі та гальмуванні.

2. Проведення заходів, спрямованих на:

- ✓ зменшення опору руху автомобіля;
- ✓ зменшення механічних втрат у двигуні та трансмісії;
- ✓ зменшення потужності, що споживається додатковим обладнанням.

Таблиця 1.1 – Рекомендації щодо економічного регулювання швидкості легкового автомобіля [38]

Дії водія	Автори рекомендацій
1	2
Пуск та зупинка двигуна	
Починати рух після запуску двигуна, не прогріваючи його на холостому ході	Австрія; Швеція.
Вимикати двигун відразу ж по прибутті до пункту призначення	Швеція; Nissan.
Техніка регулювання швидкості автомобіля	
Розгін	
Величина переміщення педалі газу акселератора	Volvo; Швеція.
Перемикання з першої передачі на другу якомога раніше	Volvo; Австрія; Volkswagen.
Частота обертання колінчастого валу в момент перемикання передач	Volvo: -при 2000 об/хв на автомобілях із дизельним двигуном; -при 3000 об/хв на автомобілях із бензиновим двигуном.
	Toyota: -при 2000 – 2500 об/хв на автомобілях із бензиновим двигуном.
Пропуск передач	Австрія; Швеція.

Продовження таблиці 1.1

1	2
Установився рух	
По можливості рух з постійною швидкістю на самій високій передачі	Volvo; Австрія; Швеція; Honda; Volkswagen; Toyota.
Застосування регулятора швидкості	Volvo; Австрія.
Рух на спускові	
Гальмування двигуном	Швеція; Volkswagen.
Сповільнення	
Гальмування двигуном	Швеція;
	Volvo; - переходити на нижчі передачі при частоті обертання колінчастого валу із 1600 – 1200 об/хв.
	Volkswagen.

Одним з найважливіших факторів, що впливають на економічність керування, є техніка регулювання швидкості автомобіля.

Пуск і зупинка двигуна. Щоб уникнути непродуктивних витрат палива, рекомендується починати рух одразу після запуску двигуна [1, 6, 17]. Однак для підвищення терміну його експлуатації, рекомендується короткочасно прогрівати холодний двигун на холостому ході. Після завершення поїздки двигун слід негайно зупинити.

Розгін. Для економічного розгону водію необхідно знати відповіді на два запитання: наскільки натискати на педаль акселератора і при якій частоті обертання колінчастого валу необхідно переходити на вищі передачі. У роботах [1, 6] рекомендується натискати на педаль акселератора на 50% її ходу. У роботах [1, 6, 17] рекомендується перемикатися на другу передачу якомога раніше.

Таблиця 1.2 – Заходи зі зменшення опору руху автомобіля, внутрішніх втрат у двигуні та трансмісії, зниження споживаної двигуном потужності

Фактори, що впливають на опір руху	Автори рекомендацій
1	2
Знижений тиск у шинах	Австрія.
	Швеція: - підтримувати тиск на 10%-15% вище рекомендованого виробником.
	Honda: - перевіряти тиск у шинах не рідше 1 разу на місяць (зниження тиску на 25% підвищує опір коченню на 10%).
	Volkswagen: - зниження витрати палива до 15%».
	Toyota: - зниження витрати палива на 3% за підтримки тиску повітря в шинах відповідно до рекомендацій заводу – виробника.
Підвищена вага автомобіля	Honda: - збільшення ваги на 45 кг. Підвищує витрату палива на 1%.
	Volkswagen, Toyota: - не завантажувати автомобіль непотрібними речами.
Підвищений опір повітря	Австрія: - закривати вікна за швидкості руху понад 50 км / год.
	Швеція: - встановлювати багажник на даху тільки при необхідності (багажник на даху підвищує витрату палива на 10%).
	Toyota: - встановлювати багажник на даху лише за необхідності (багажник на даху підвищує витрату палива до 40%).

Продовження таблиці 1.2

1	2
Підвищені внутрішні втрати у двигуні та трансмісії	Toyota: - своєчасна заміна олії знижує втрати в двигуні та трансмісії.
	Volkswagen: - застосування високоякісних мастил знижує витрату палива на 5%.
Втрати на привід додаткового обладнання	Volkswagen: - увімкнення електроприладів підвищує витрату палива.
	Toyota: - використання кондиціонера підвищує витрату палива на 25%.

Практично у всіх рекомендаціях частота обертання колінчастого валу в момент перемикання передач змінюється від 2000 об/хв (на автомобілях із низькооборотними двигунами) до 2500 об/хв на автомобілях з високооборотними двигунами [1, 6, 17, 32, 35, 36]. Крім того, рекомендується використовувати при розгоні не всі передачі.

Сталий рух. У всіх роботах рекомендується рухатися із постійною швидкістю на найвищій передачі, при якій двигун працює стабільно. У роботах [1, 6, 32] рекомендується застосовувати регулятор швидкості при тривалому сталому русі.

Рух згори. У роботах надається рекомендація на спуску гальмувати двигуном, хоча є плавні спуски, на яких гальмування двигуном з вимкненням подачі палива призведе до зниження швидкості.

Гальмування. У роботах [32, 36] рекомендується застосовувати гальмування двигуном. Також пропонується перемикати передачі в низхідному порядку, щоб частота обертання колінчастого валу залишалася вище значення, при якому відбувається включення подачі палива.

Заходи зі зменшення опору руху автомобіля. Тиск повітря в шинах значно впливає на величину опору коченню автомобіля. У роботі [1] зазначається, що

підтримання тиску в шинах на рекомендованому виробником рівні дозволяє знизити споживання палива на 3%. У роботі [36] наводяться дані про те, що зниження тиску повітря в шинах на 25% підвищує опір коченню на 10%. У роботі [17] говориться про те, що регулярний контроль тиску повітря в шинах дозволяє знизити споживання палива до 15%. У роботі [34] надається рекомендація підтримувати тиск у шинах на 10-15% вище рекомендованого виробником. Для того, щоб забезпечити експлуатацію автомобіля з рекомендованим тиском повітря в шинах, у роботі [36] рекомендується перевіряти його не рідше 1 разу на місяць.

Вплив маси автомобіля на операційні витрати палива. У роботі [36] зазначається, що підвищення маси легкового автомобіля на 45 кг збільшує споживання палива на 1%. Тому в роботах [17, 21] рекомендується не завантажувати автомобіль непотрібними речами.

Опір повітря. Опір повітря збільшується пропорційно квадрату швидкості автомобіля. Тому в роботах [6, 17] рекомендується обмежити швидкість руху до 50 км/год і зазначається, що наявність багажника на даху збільшує споживання палива на 10-40%.

Внутрішні втрати в двигуні та трансмісії. У роботі [6] говориться про необхідність застосовувати рекомендовані заводом марки мастила і своєчасно міняти його. У роботі [17, 21] говориться про те, що застосування високоякісних мастил знижує споживання палива на 5%.

Додаткове обладнання. У роботі [21] надається рекомендація як можна рідше вмикати електроприлади, що споживають багато електроенергії. У роботі [17] наводяться дані про те, що використання кондиціонера підвищує споживання палива на 25%.

Для точного визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля певної моделі необхідно провести досить великий обсяг випробувань [17]. В результаті цих випробувань визначаються: частота обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач, що забезпечує мінімальну витрату палива при розгоні; рекомендована частота обертання колінчастого валу в момент

перемикання передач при гальмуванні на підйомі; мінімально стабільні швидкості усталеного руху на всіх передачах, знання яких дозволяє вдосконалити вибір передачі при усталеному русі.

Покращення поведінки водія починається з виключення або обмеження кількості поїздок на короткі відстані. При поїзді на коротку відстань двигун не встигає прогрітися. Крім того, значну частину часу займає маневрування в обмежених проїздах, пов'язане з виїздом з місця стоянки та паркуванням автомобіля після завершення поїздки. Все це призводить до підвищення експлуатаційних витрат палива.

Також пропонується уникати поїздок у години пік, коли швидкість руху транспортного потоку значно сповільнюється, що призводить до підвищення витрати палива.

Зміна поведінки водія найбільш ефективно проявляється в його пристосуванні до режиму руху транспортного потоку. Це полягає у вмінні прогнозувати розвиток дорожньо-транспортних ситуацій та заздалегідь плавно змінювати швидкість відповідно до зміни умов руху. При цьому практично у всіх роботах [1, 6, 32, 36] надаються рекомендації рухатися по можливості максимально довго з постійною швидкістю, що дорівнює швидкості транспортного потоку.

Зміна поведінки водія для зниження витрати палива призводить до підвищення безпеки керування автомобілем. Це відбувається тому, що зменшується ймовірність перевищення водієм безпечної швидкості, зменшення безпечної дистанції, що визначають положення меж безпечного керування. Велика кількість ДТП означає, що значна кількість водіїв систематично перетинає межі безпечного керування. Застосування водієм економічного керування автомобілем зменшує ймовірність того, що він перетне межі безпечного керування. Тому збільшення кількості водіїв, що застосовують економічний алгоритм, підвищує безпеку дорожнього руху.

Висновки до розділу 1

1. Аналіз діяльності фізичної особи-підприємства «Заяць Євген Вікторович» у селищі Стрижавка Вінницької області підтверджує, що підприємство успішно працює в галузі технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Завдяки сучасному забезпеченню та висококваліфікованому персоналу, СТО забезпечує високий рівень обслуговування легкових та комерційних транспортних засобів, пропонуючи широкий спектр послуг, включаючи технічне обслуговування, ремонт і діагностику. Підприємство активно впроваджує інноваційні підходи, що дозволяють підвищити ефективність роботи та задоволеність клієнтів, забезпечуючи стабільну позицію на ринку.

2. Перехід на економний стиль водіння не лише зменшує витрати на паливо, але й робить рух безпечнішим. Це пов'язано із тим, що водії, які дбають про економію палива, як правило, уникають різких маневрів, дотримуються безпечної швидкості та дистанції. Адже саме перевищення швидкості та недостатня дистанція є одними з найпоширеніших причин ДТП. Таким чином, популяризація економного водіння може значно покращити безпеку на дорогах.

3. Впровадження принципів техніко-експлуатаційних та економічних показників водіння дозволяє не лише зменшити витрати палива, а й здійснити загальну позитивну економіку ресурсів, що впливає на екологічну шкоду. Це зменшує викид CO₂ та інших шкідливих речовин, покращуючи якість повітря та зменшуючи негативний вплив на довкілля, а також сприяє економічним витратам на паливо як для водіїв, так і для транспорту.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОГО КЕРУВАННЯ АВТОМОБІЛЕМ

Рух автомобіля по дорогах загального користування представляє собою багаторазово повторюваний цикл: розгін – сталий рух – гальмування. Застосування водієм певних прийомів керування дозволяє значно знизити операційні витрати палива. Прийоми економічного керування автомобілем можна представити у вигляді двох складових. Перша складова – модель поведінки водія в дорожньому русі, друга – технічні прийоми регулювання швидкості, що описуються алгоритмом дій водія при розгоні, сталому русі, русі на підйом і під ухил, гальмуванні.

Можна виділити дві основні моделі поведінки водія: модель гонщика і модель перевізника. При реалізації моделі гонщика водій збільшує швидкість до максимально можливої на кожній вільній ділянці дороги, прагне обігнати якомога більше автомобілів, і тому в очікуванні можливості обгону скорочує дистанцію до мінімуму, на багатосмуговій дорозі здійснює численні перестроювання в спробах обігнати автомобілі, що рухаються попереду нього. В основі такої поведінки лежить помилкова думка про те, що реалізуючи модель поведінки гонщика, можна значно підвищити середню швидкість руху. При цьому операційні витрати палива досягають максимального значення [1, 17, 33, 34].

При реалізації моделі поведінки перевізника водій прагне їхати по можливості рівномірно зі середньою швидкістю транспортного потоку, що збільшує шлях, який проходить із постійною швидкістю. При русі на вільних ділянках дороги такий водій не розганяється до максимально можливої швидкості; здійснює обгони тільки тих автомобілів, які рухаються повільніше транспортного потоку, і тому збільшує дистанцію до величини, що дозволяє гальмувати з меншим уповільненням, ніж ведучий автомобіль. При реалізації водієм такої моделі поведінки операційні витрати палива значно знижуються.

Очевидно, що існує рекомендована модель поведінки водія в дорожньому русі, при застосуванні якої зменшення операційних витрат палива буде максимально можливим.

2.1 Теоретичне обґрунтування рекомендованої моделі поведінки водія в дорожньому русі

Надійність (безпека) керування автомобілем є не метою, а умовою досягнення мети керування. Метою керування є переміщення з одного пункту в інший. Керування автомобілем полягає у досягненні мети найкращим чином. Щоб удосконалювати процес керування, необхідно мати критерії якості керування автомобілем.

Оскільки призначення транспорту полягає у забезпеченні переміщення людей і вантажів у просторі та часі, середня швидкість руху V_c є одним із показників якості керування. Її величина дорівнює відношенню пройденого шляху S до часу проходження цього шляху t_s з урахуванням усіх затримок:

$$V_c = \frac{S}{t_s}, \text{ км/год} \quad (2.1)$$

Прагнучи підвищити середню швидкість руху, більшість водіїв реалізує модель поведінки гонщика – намагається збільшити швидкість до максимально можливої величини на кожній ділянці вільного руху. Це пов'язано з незнанням законів руху транспортного потоку. Такі водії впевнені в тому, що постійно маневруючи в потоці, можна суттєво підвищити середню швидкість свого руху відносно потоку.

Щоб розібратися в цьому питанні, розглянемо представлений на рис. 2.1 графік залежності середньої швидкості руху V_c від максимальної швидкості V_{max} на вільних ділянках руху для різних рівнів комфорту руху в транспортному потоці [1, 6, 15, 22].

Представлений графік показує, як змінюється швидкість руху легкового автомобіля під час керування ним із конструктивною швидкістю 160 км/год рухаючись двосмуговою заміською дорогою.

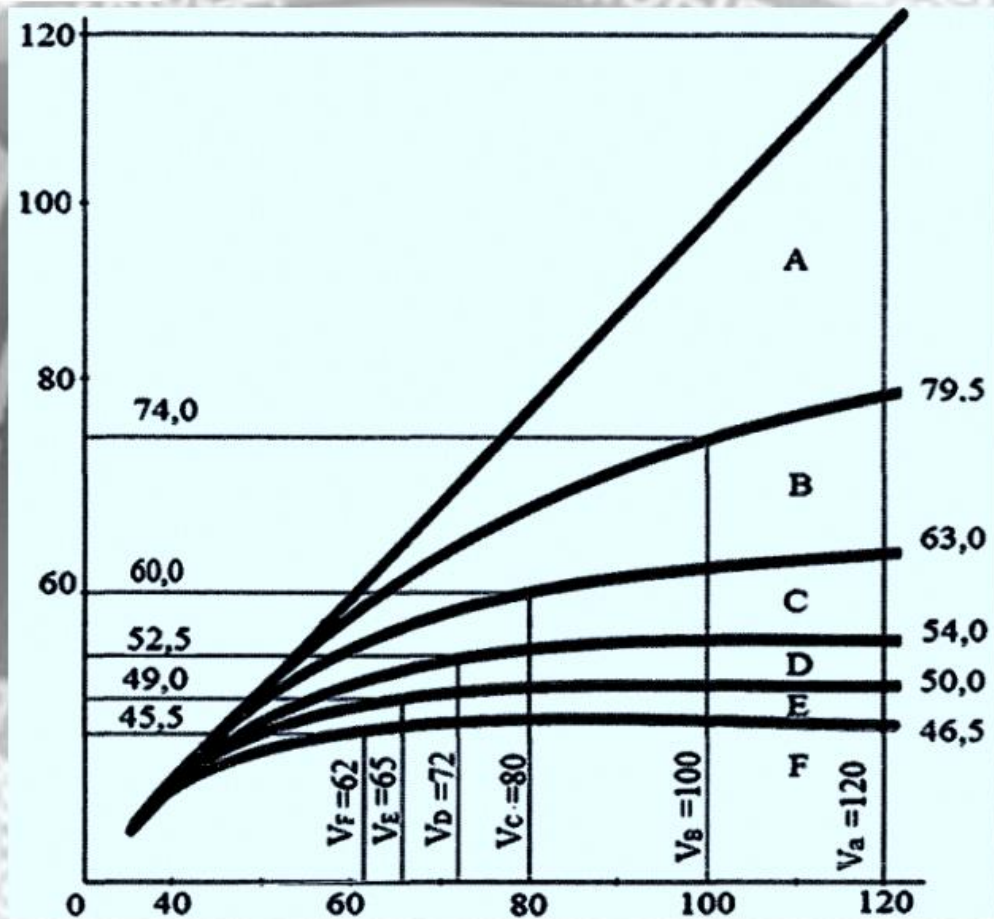
 $V_c, \text{км/год}$

 $V_{\max}, \text{км/год}$

Рисунок 2.1 – Залежність середньої швидкості руху V_c від максимальної швидкості на вільних ділянках руху $V_{\max}$ при різних рівнях зручності руху у транспортному потоці легкового автомобіля із конструктивною швидкістю 160 км/год.

А, В, С, D, E, F – рівні зручності руху у транспортному потоці;
 V_B, V_C, V_D, V_E, V_F – рекомендовані значення $V_{\max}$ на межах переходу від точок
А до В, від В до С, від С до D, від D до E, від E до F.

Дійсно в умовах вільного руху швидкість V_c зростає пропорційно до максимальної швидкості $V_{\max}$. Однак вже на кордоні між вільним А і частково

пов'язаним транспортними потоками (інтенсивність 180 авт/год) після того як $V_{\max}$ перевищить 55 км/год, при зростанні швидкості руху V_c починає поступово сповільнюватися і при $V_{\max} = 120$ км/год, в свою чергу V_c буде дорівнювати тільки 79,5 км/год. Подальше погіршення рівня зручності руху прискорює цей процес [1, 6, 15, 22].

На межі між частково зв'язаним і стаціонарно пов'язаним із транспортними потоками (інтенсивність становить 360 авт/год), швидкість руху V_c , незважаючи на спроби водія підвищити її, знижується до 63 км/год. При подальшому погіршенні рівня зручності руху (інтенсивність 600 авт/год і вище) збільшення $V_{\max}$ вище межі певної швидкості не викликає навіть незначного збільшення швидкості руху V_c . На межі між рівнями зручності C і D таке значення $V_{\max} = 90$ км/год, на межі між D і E – 80 км/год, на межі між E і F – 70 км/год.

У той же час, якщо не перевищувати деяку рекомендовану швидкість V_B , V_C , V_D , V_E , V_F , то швидкість руху, яку можна побачити на графіку, знизиться зовсім ненабагато. Очевидно, що при керуванні вантажним автомобілем та автобусом розглянуте явище виявиться ще сильнішим.

Витрата палива є другим показником ефективності керування автомобілем. Реалізація моделі керування гонщика означає застосування високошвидкісного алгоритму регулювання швидкості при розгоні, рух з більш високою швидкістю на ділянках вільного руху, інтенсивне гальмування при наближенні до наздоганяємого автомобіля. Скорочення дистанції також збільшує як кількість гальмувань, так і кількість гальмувань із високим уповільненням.

Величина нерівномірності руху автомобіля в транспортному потоці описується середньоквадратичним відхиленням поздовжнього прискорення від його середнього значення. Нерівномірність руху окремих автомобілів викликає нерівномірність руху інших автомобілів у транспортному потоці і зменшує його середню швидкість. Тому показник нерівномірності руху було названо шумом прискорення. Чим вища максимальна швидкість, тим вища витрата палива. Спроба їхати зі швидкістю, що перевищує швидкість транспортного потоку,

означає, що чим більша різниця між максимальною швидкістю автомобіля і швидкістю транспортного потоку, тим інтенсивніше необхідно розганятися і гальмувати і тим більше нерівномірність руху (шум прискорення). При спробах обігнати якомога більше автомобілів водій зменшує дистанцію. Це також призводить до збільшення і кількості гальмувань і гальмування із високим уповільненням. Підвищення шуму прискорення (нерівномірності руху) призводить до збільшення витрати палива [1, 6, 33, 34].

Таким чином, реалізація моделі поведінки гонщика не призводить до підвищення середньої швидкості руху V_c , але збільшує витрату палива q .

При наявності двох показників ефективності керування автомобілем виникає необхідність у застосуванні комплексного показника, що дозволяє оцінити зміну ефективності керування при одночасному зміні середньої швидкості і витрати палива. Таким показником є відношення середньої швидкості руху V_c до витрати палива q :

$$K_{qv} = \frac{V_c}{q_s} \times 100 \text{ км}^2 / (\text{л} \times \text{год}) \quad (2.2)$$

Величина коефіцієнта K_{qv} показує, яку швидкість забезпечує кожен літр палива, витрачений на 100 кілометрів шляху. Іншими словами, перевищення максимальної швидкості автомобіля над його середньою швидкістю не повинна бути більше рекомендованої величини, як показано на рис. 2.2.

Узагальнюючи вищезазначене, можна зробити висновок про те, що для підвищення ефективності керування автомобілем водій повинен виконувати такі умови: середня швидкість руху V_c повинна бути рівною швидкості, яка близька до середньої швидкості транспортного потоку; перевищення максимальної швидкості V_{max} над середньою швидкістю руху не повинно бути більшим за необхідну величину; шум прискорення повинен бути мінімально можливим.

Модель поведінки водія, що підвищує ефективність керування автомобілем, одночасно підвищує безпеку керування.

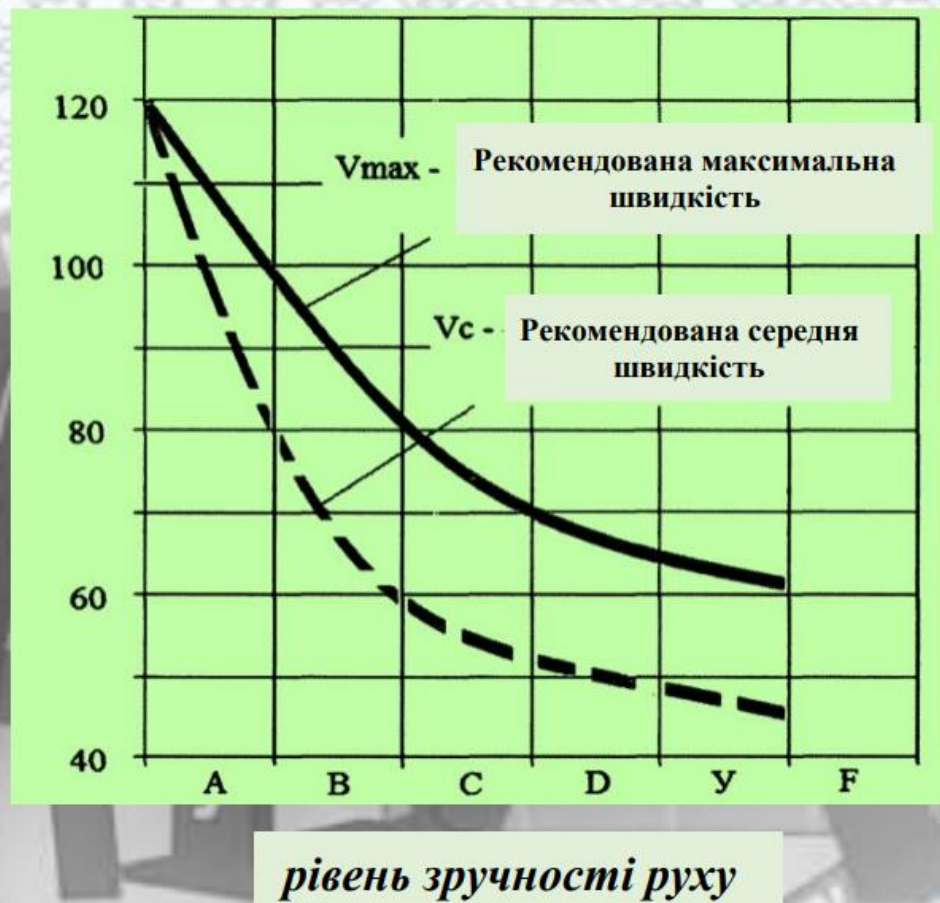
$V, \text{ км/год}$


Рисунок 2.2 – Рекомендоване зміння максимальної швидкості V_{max} при зменшенні середньої швидкості руху V_c залежно від зниження рівня комфорту руху в транспортному потоці.

Швидкість є головним чинником ризику у дорожньому русі. Тому правила дорожнього руху в усіх країнах встановлюють обмеження максимальної швидкості залежно та умовами руху. Обмеження максимальної швидкості підвищення ефективності управління одночасно підвищує безпеку руху.

Менш відомо, що зниження максимальної швидкості автомобіля відносно середньої швидкості транспортного потоку також небезпечно, як і її перевищення. Небезпеку представляє різниця швидкостей автомобілів у транспортному потоці, що рухаються в одному напрямку. На рисунку 2.3 показана залежність ризику дорожньо-транспортної пригоди P від величини відхилення швидкості автомобіля ΔV від середньої швидкості транспортного потоку.

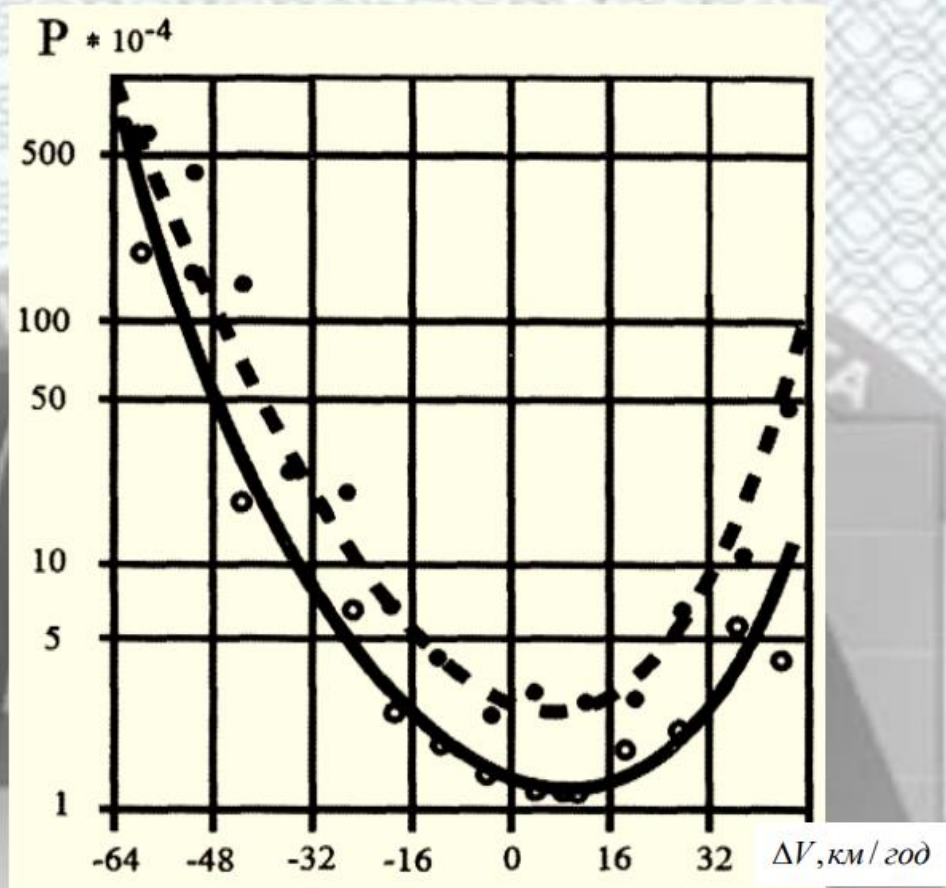


Рисунок 2.3 – Залежність ризику дорожньо-транспортної пригоди P від величини відхилення швидкості автомобіля від середньої швидкості транспортного потоку ΔV

Збільшення шуму прискорення означає збільшення числа конфліктних ситуацій. Тому між величиною шуму прискорення та надійністю керування автомобілем існує статистичний зв'язок (рис. 2.4).

Скорочення дистанції відносно безпечної величини є одним із факторів, що суттєво впливає на шум прискорення. Для зменшення шуму прискорення дистанція між транспортними засобами однієї категорії, виражена в метрах, не повинна бути меншою за величину, чисельна рівну швидкості автомобіля. Коли ведучий транспортний засіб є транспортним засобом більш низької категорії, дистанцію необхідно збільшити в 1,5 рази. Перед обгоном допускається зменшення рекомендованої дистанції в 2 рази.

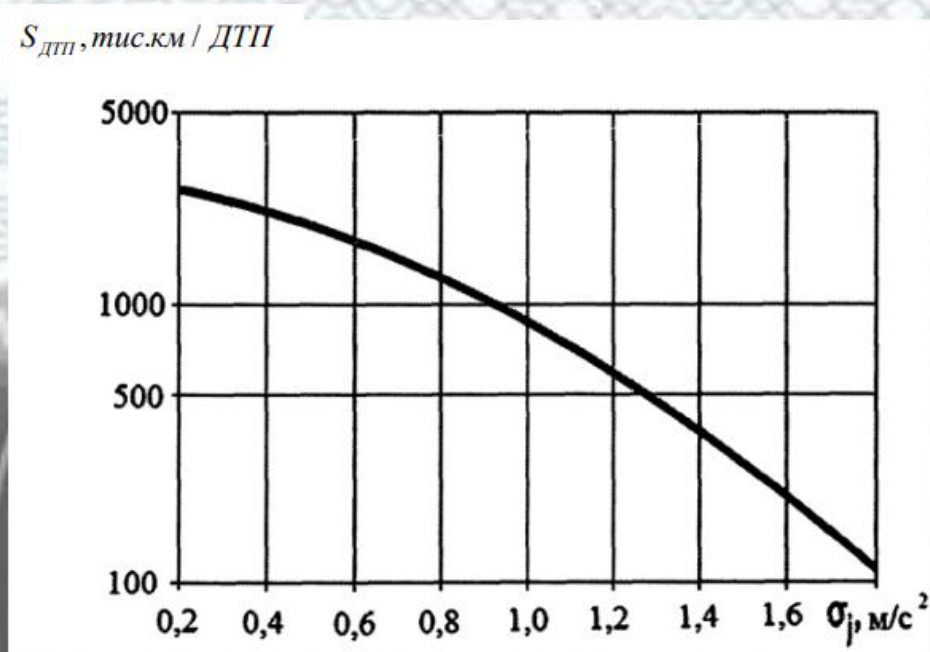


Рисунок 2.4 – Графік зміни середнього напрацювання на дорожньо-транспортне пригода $S_{ДТП}$ в залежності від шуму прискорення σ_j

2.1.1 Рекомендована модель поведінки водія в дорожньому русі

Узагальнюючи вищевикладене, можна рекомендувати таку модель поведінки водія при русі по дорогах загального користування:

- Пуск і зупинка двигуна. Короткочасно (залежно від температури навколишнього середовища) прогрівати двигун на холостих обертах. Починати рух з обмеженою швидкістю до прогріву двигуна до його робочої температури. Зупиняти двигун одразу після завершення поїздки.
- Розгін при вливанні в транспортний потік, його перетинання, обгін та об'їзд автомобілів виконувати з необхідною інтенсивністю, забезпечуючи при цьому вимоги безпеки дорожнього руху.
- Тривалий (наскільки це можливо) рух виконувати зі швидкістю транспортного потоку.
- Максимальна швидкість у вільному транспортному потоці не повинна перевищувати дозовану правилами дорожнього руху швидкість.

- Обмеження максимальної швидкості порівняно з дозволеною, при зниженні рівня комфорту руху в транспортному потоці, до величини, що забезпечує збільшення тривалості руху з постійною швидкістю.
- Дистанція, виражена в метрах між ведучим та веденим транспортним засобом однієї категорії, повинна бути чисельно рівною швидкості автомобіля, вираженої в км/год.
- Коли ведучий транспортний засіб більш низької категорії – 1,5 швидкості автомобіля. Допускається зменшення дистанції до 0,5 швидкості автомобіля перед обгоном.
- Перед обгоном допускається зменшення рекомендованої дистанції в 2 рази.
- Зміну смуги руху здійснювати тільки при необхідності здійснення повороту, розвороту або обгону транспортного засобу.
- Обгін здійснювати тільки «повільних» транспортних засобів, що «випадають» з транспортного потоку.
- Виконання запланованих сповільнень здійснювати шляхом застосування накату та з подальшим переходом до гальмування двигуном та комбінованого гальмування.

2.2 Теоретичне обґрунтування економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля

Щоб зменшити експлуатаційну витрату палива до можливого мінімуму, необхідно додати до моделі поведінки технічні прийоми, що дозволяють найбільш ефективно використовувати паливо. Для цього при розгоні та постійному русі двигун повинен працювати з мінімально можливим питомим розходом палива. При сповільненні необхідно максимально використовувати кінетичну енергію, накопичену при розгоні автомобіля, шляхом руху накатом. На спуску необхідно використовувати потенціальну енергію, накопичену при русі на підйом. Для цього на пологих ухилах необхідно застосовувати рух накатом, при

збільшенні крутості ухилу – застосовувати гальмування двигуном та комбіноване гальмування.

При русі з постійною швидкістю водій може підвищувати навантаження на двигун, обираючи найвищу передачу, на якій зберігається стійка робота двигуна. На рисунку 2.5 наведено графік зміни витрати палива при усталеному русі легкового автомобіля DAEWOO Sens із робочим об'ємом двигуна 1300 см³ на різних передачах. На ньому суцільною лінією показано мінімально можливу величину витрати палива в залежності від швидкості. Для цього швидкість руху на понижених передачах повинна змінюватися у вузькому діапазоні: від мінімально стійкої швидкості на включеній передачі до мінімально стійкої швидкості на більш високій передачі, яку необхідно включити у випадку підвищення швидкості до цієї величини.

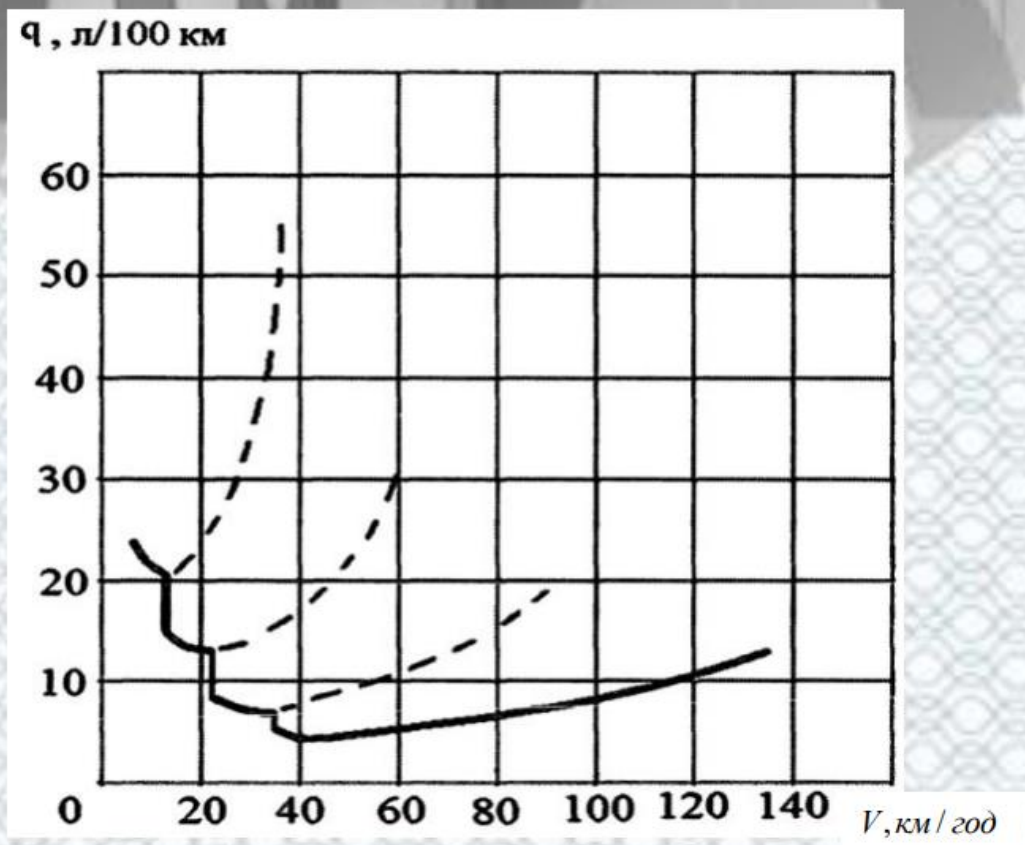


Рисунок 2.5 – Графік зміни мінімального розходу палива q в залежності від швидкості V при постійному русі легкового автомобіля DAEWOO Sens.

Однією з типових помилок водіїв, коли необхідно підтримувати постійну швидкість, є періодичне переміщення педалі акселератора відносно положення, що відповідає руху з вибраною швидкістю. При цьому автомобіль то розганяється (при підвищеній питомій витраті палива двигуна), то сповільнюється в результаті гальмування двигуном (без вимкнення подачі палива). Щоб мінімізувати витрату палива при усталеному русі автомобіля, недостатньо правильно вибрати передачу. Необхідно зберігати незмінним положення педалі акселератора, що відповідає величині вибраної швидкості, та змінювати її положення тільки для усунення відхилення швидкості від вибраного значення.

Зі збільшенням максимальної швидкості витрата палива підвищується. На ділянках вільного руху в пов'язаних транспортних потоках максимальна швидкість визначається середньою швидкістю транспортного потоку – водій повинен обмежувати максимальну швидкість на ділянках вільного руху так, щоб максимально збільшити тривалість руху з постійною швидкістю. У вільному транспортному потоці обрати рекомендовану максимальну швидкість допомагає коефіцієнт ефективності використання палива K_{qv} . З точки зору теорії управління при русі з постійною швидкістю умовно назвемо коефіцієнтом ефективності використання палива K_{qv} .

На рис. 2.6 представлено графік зміни K_{qv} в залежності від швидкості усталеного руху легкового автомобіля DAEWOO Sens із робочим об'ємом двигуна 1300 см³ і п'ятиступеневою КП при рекомендованому виборі передач. Як можна бачити на представленому графіку, величина K_{qv} має максимум в діапазоні швидкостей 100-110 км/год. Це означає, що до цієї швидкості витрата палива збільшується повільніше, ніж швидкість, а після досягнення K_{qv} максимуму витрата палива починає зростати швидше, ніж збільшується швидкість автомобіля. Очевидно, що перевищувати швидкість, що відповідає максимуму K_{qv} , недоцільно.

Проведені розрахунки показали, що у легкових автомобілів максимуму коефіцієнта ефективності використання палива в режимі усталеного руху K_{qv} відповідає швидкість 100...110 км/год, у вантажних – 70...90 км/год. Величину K_{qv}

і швидкість автомобіля, що відповідає його максимуму, можна розглядати як комплексні показники паливно-швидкісних властивостей автомобіля.

Найменше значення середнього сповільнення відповідає руху накатом. Середнє сповільнення при русі накатом легкового автомобіля DAEWOO Sens змінювалося від 0,15 до 0,3 м/с², при гальмуванні двигуном – від 0,5 до 0,7 м/с². Точка перегину кривої витрати палива відповідає гальмуванню двигуном.

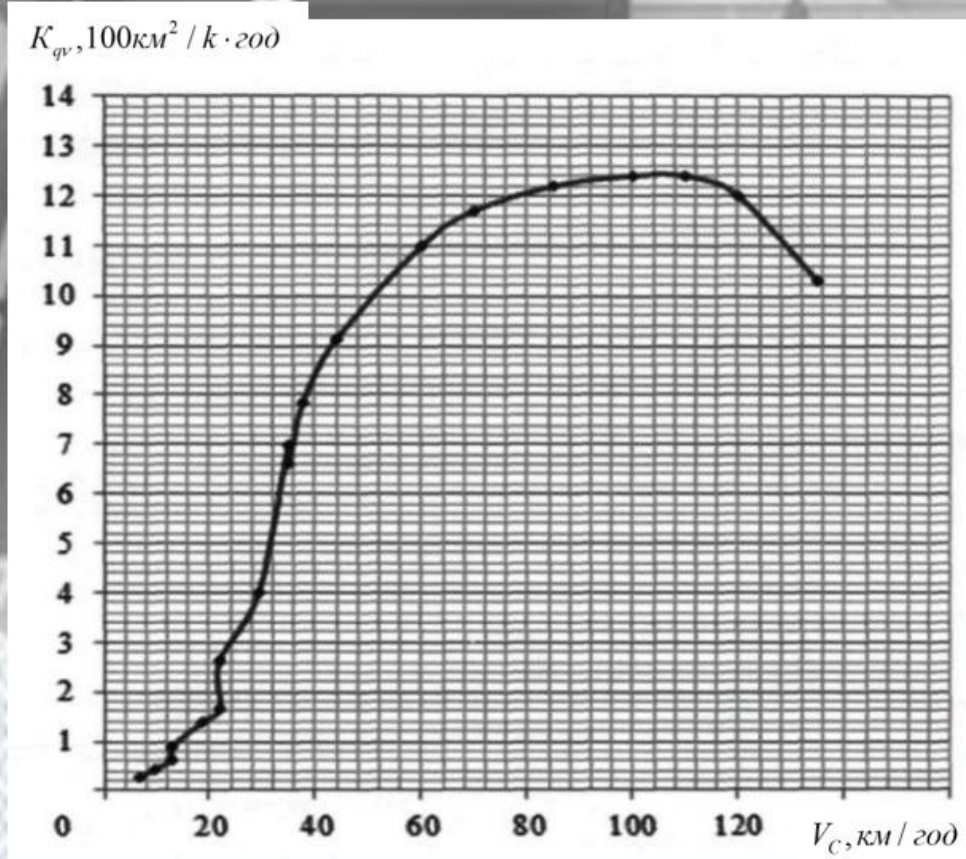


Рисунок 2.6 – Залежність коефіцієнта ефективності використання палива K_{qv} від швидкості усталеного руху легкового автомобіля DAEWOO Sens

Оскільки рух накатом є важливою складовою економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля, не можна не помітити, що багато автоматичних трансмісій не дозволяють використовувати цей прийом для зниження експлуатаційної витрати палива.

Накат необхідно також застосовувати на пологих спусках. Якщо швидкість автомобіля при русі на спуску накатом змінюється в межах ± 5 км/год відносно

початкової швидкості, то це і безпечно, і ефективно. Якщо при русі накатом автомобіль починає розганятися, необхідно перейти до гальмування двигуном, підібравши передачу, при якій автомобіль буде рухатися під уклон з постійною швидкістю. Якщо цього буде недостатньо – необхідно застосовувати комбіноване гальмування.

Завершуючи розгляд способів зниження витрати палива при сповільненні, необхідно зазначити, що гальмування на автомобілі з будь-яким типом приводу слід виконувати, не натискаючи на педаль зчеплення. При цьому не можна забувати, що при комбінованому гальмуванні передньопривідного автомобіля на слизькій дорозі можливе блокування задніх коліс і виникнення заносу автомобіля. Для усунення цього явища необхідно припинити гальмування і вирівнювати автомобіль поворотом рульового колеса при цьому натиснувши на педаль зчеплення.

Узагальнюючи викладене, можна сформулювати макет опису економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля.

2.2.1 Макет економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля

➤ Розгін. При розгоні на 1-й передачі перемістити педаль акселератора на 50...60% її ходу за 1...1,5 с і при збільшенні швидкості до ... км/год включити 2-у передачу. При розгоні на 2-й і більш високих передачах переміщати педаль акселератора на 75-100% її ходу.

➤ Рух на підйом. При наближенні до крутого підйому по можливості збільшити швидкість. Вїжджаючи на підйом перемістити педаль акселератора на 75-100% її ходу.

➤ При зменшенні частоти обертання колінчастого вала до ... об/хв включити нижчу передачу. При подальшому зниженні швидкості переходити на нижчі передачі при частоті обертання колінчастого вала ... об/хв. Якщо після перемикавання передачі частота обертання колінчастого вала не підвищується до ... об/хв, переходити на нижчі передачі при частоті обертання колінчастого вала ... +

Δn , де Δn величина зменшення частоти обертання колінчастого вала порівняно із заданою.

➤ Рух з постійною швидкістю. При русі з постійною швидкістю включати в залежності від швидкості наступні передачі:

- 1-я передача - до ... км/год;
- 2-я передача - від ... до ... км/год;
- 3-я передача - від ... до ... км/год;
- 4-я передача - від ... до ... км/год;
- 5-я передача - від ... до ... км/год.

При русі з постійною швидкістю визначити положення педалі акселератора, що відповідає цій швидкості, і змінювати його тільки у випадку виникнення відхилень від вибраної швидкості. У вільному транспортному потоці не перевищувати швидкість ... км/год.

➤ Рух у заторі. З початком руху ведучого автомобіля здійснити короткий розгін і, натиснувши на педаль зчеплення, котитися накатом. Якщо ведучий автомобіль зупиниться, плавно підкотитися до нього. Якщо ведучий автомобіль буде рухатися, «підштовхнути» свій автомобіль і знову котитися накатом і. т. д.

➤ Сповільнення. Плановані сповільнення починати з руху накатом. В подальшому застосувати гальмування двигуном і завершити комбінованим гальмуванням. Штатні гальмування виконувати комбінованим способом.

➤ Рух на спуску. Рух на пологому спуску виконувати накатом, якщо швидкість автомобіля змінюється в межах ± 5 км/год.

При підвищенні швидкості більш ніж на 5 км/год застосовувати гальмування двигуном, підбираючи передачу, що забезпечує рух на спуску з постійною швидкістю. При включенні нижчих передач слідкувати за тахометром за тим, щоб частота обертання колінчастого вала не перевищувала ... об/хв.

2.3 Алгоритм управління автомобілем при виникненні нештатних ситуацій (для автомобілів не обладнаних ABS)

➤ Розгін з максимальною інтенсивністю. Перемістити педаль акселератора до 100% її ходу. Перемикає передачі при збільшенні частоти обертання колінчастого вала до ... об/хв.

➤ Гальмування з максимальним уповільненням. Одночасно перемістити на 100% ходу педалі зчеплення і гальма. Переміщати циклічно педаль гальма з частотою 1,5-2 Гц, блокуючи і розблокуючи колеса.

➤ Занос при розгоні передньопривідного (повнопривідного) автомобіля. Зменшити переміщення педалі акселератора до припинення буксування ведучих коліс (при продовженні зносу натиснути на педаль зчеплення). Поворотом рульового колеса повернути автомобіль на траєкторію руху.

➤ Занос при розгоні задньопривідного автомобіля. Зменшити переміщення педалі акселератора до припинення буксування ведучих коліс (при продовженні заносу натиснути на педаль зчеплення). Максимально швидко повернути рульове колесо в сторону заносу на кут, пропорційний інтенсивності заносу. В момент припинення заносу, опереджаючи обертання автомобіля у зворотний бік, повернути рульове колесо в нейтральне положення. При виникненні заносу в протилежний бік повторити описані вище дії до припинення заносу. Продовжити гальмування.

➤ Знос при гальмуванні. Відпустити педаль гальма. Поворотом рульового колеса повернути автомобіль на траєкторію руху. Продовжити гальмування.

➤ Занос при гальмуванні. Відпустити педаль гальма. Максимально швидко повернути рульове колесо в сторону заносу на кут, пропорційний інтенсивності заносу. В момент припинення заносу, опереджаючи обертання автомобіля у зворотний бік, повернути рульове колесо в нейтральне положення. При виникненні заносу в протилежний бік повторити описані вище дії до припинення заносу. Продовжити гальмування.

Висновки до розділу 2

1. Проведено аналіз впливу моделі поведінки водія на ефективність і безпеку управління автомобілем. На основі проведеного аналізу розроблена рекомендована модель поведінки водія при водінні автомобіля по дорогах загального користування.

2. Виконано теоретичне обґрунтування економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля, і на цій основі розроблено макет опису економічного алгоритму.

3. Розроблено макет рекомендацій з управління автомобілем в нештатних ситуаціях.

4. Об'єднано рекомендовані моделі поведінки водія, економічного алгоритму регулювання швидкості і рекомендацій з управління автомобілем в нештатних ситуаціях дозволило сформулювати макет рекомендацій управлінням автомобілем.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО – РОЗРАХУНКОВОГО ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО АЛГОРИТМУ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ АВТОМОБІЛЯ

3.1 Розробка методики експериментально-розрахункового визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля при розгоні та русі на підйом

При експериментальному визначенні економічного алгоритму регулювання швидкості при розгоні автомобіля проводилася серія розгонів до заданої швидкості при поступово підвищувальній частоті обертання колінчастого валу в момент перемикавання на вищі передачі. Заїзди проводилися на ділянці постійної довжини. Довжина випробувального відрізка визначалася відстанню, що проходить автомобілем, при найповільнішому розгоні до заданої швидкості. При більш швидких розгонах автомобіль досягав заданої швидкості на коротшому відрізку і проходив залишковий шлях з постійною швидкістю, як показано на рис. 3.1.

За результатами розрахунків будувався графік зміни витрати палива в залежності від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач. Графіки, що ілюструють можливі зміни витрати палива q від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач n , та схеми визначення рекомендованої частоти ($n_{\text{рекомендована}}$) обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач наведені на рисунку 3.2 А і 3.2 Б.

Для проведення розрахунків перш за все необхідно визначити швидкість автомобіля на кожній передачі, що відповідає заданій частоті обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач. Розрахунок швидкості автомобіля V в залежності від частоти обертання колінчастого валу n проводиться за формулою:

$$V = 0,377 \times nr_k / i_i \times i_0 \text{ км/год,} \quad (3.1)$$

де: V – задана швидкість автомобіля в момент перемикавання на вищій передачі, км/год;

n – задана частота обертання колінчастого валу в момент перемикавання на вищій передачі, об/хв;

r_k – радіус кочення колеса, м;

i_i – передаточне число включеної передачі;

i_0 – передаточне число головної передачі.

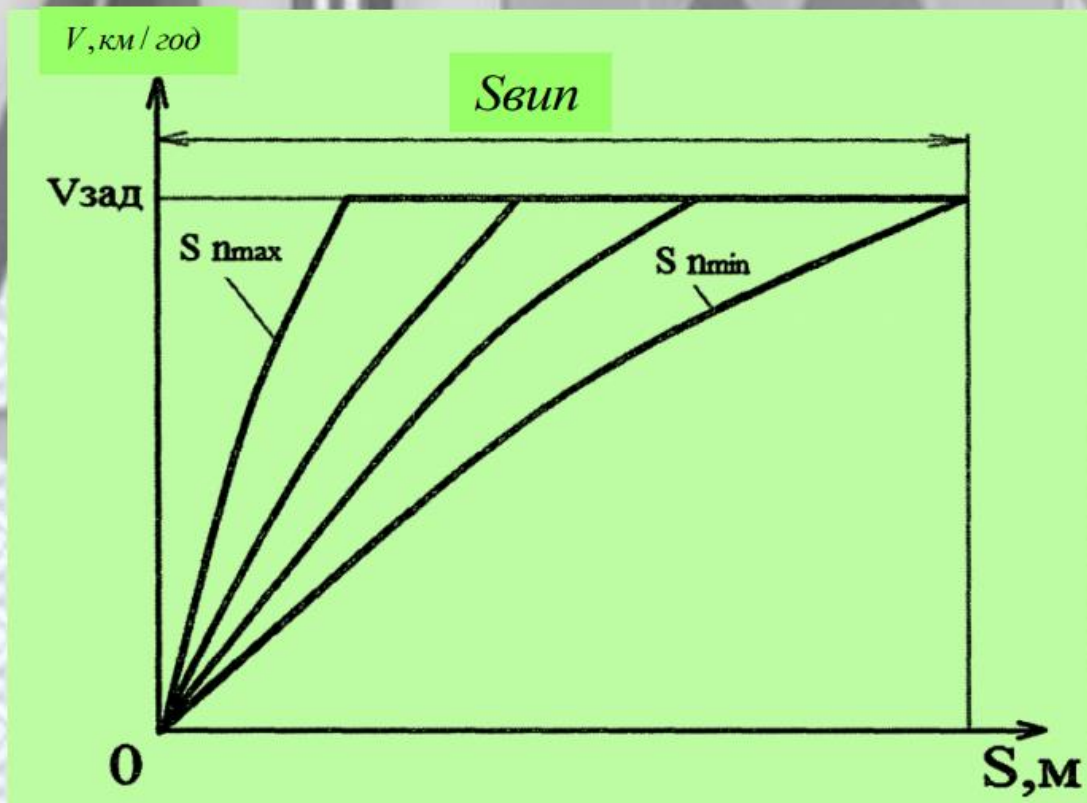


Рисунок 3.1 – Схема зміни швидкості автомобіля V при проходженні випробувального відрізка S ;

Sn_{min} – відстань, що проходить автомобілем при найменшій частоті обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач;

Sn_{max} – відстань, що проходить автомобілем при максимальній частоті обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач.

Знаючи значення швидкості автомобіля в момент перемикання передач, по експериментальному графіку зміни швидкості в залежності від часу розгону визначаємо час розгону на кожній передачі до заданої швидкості.

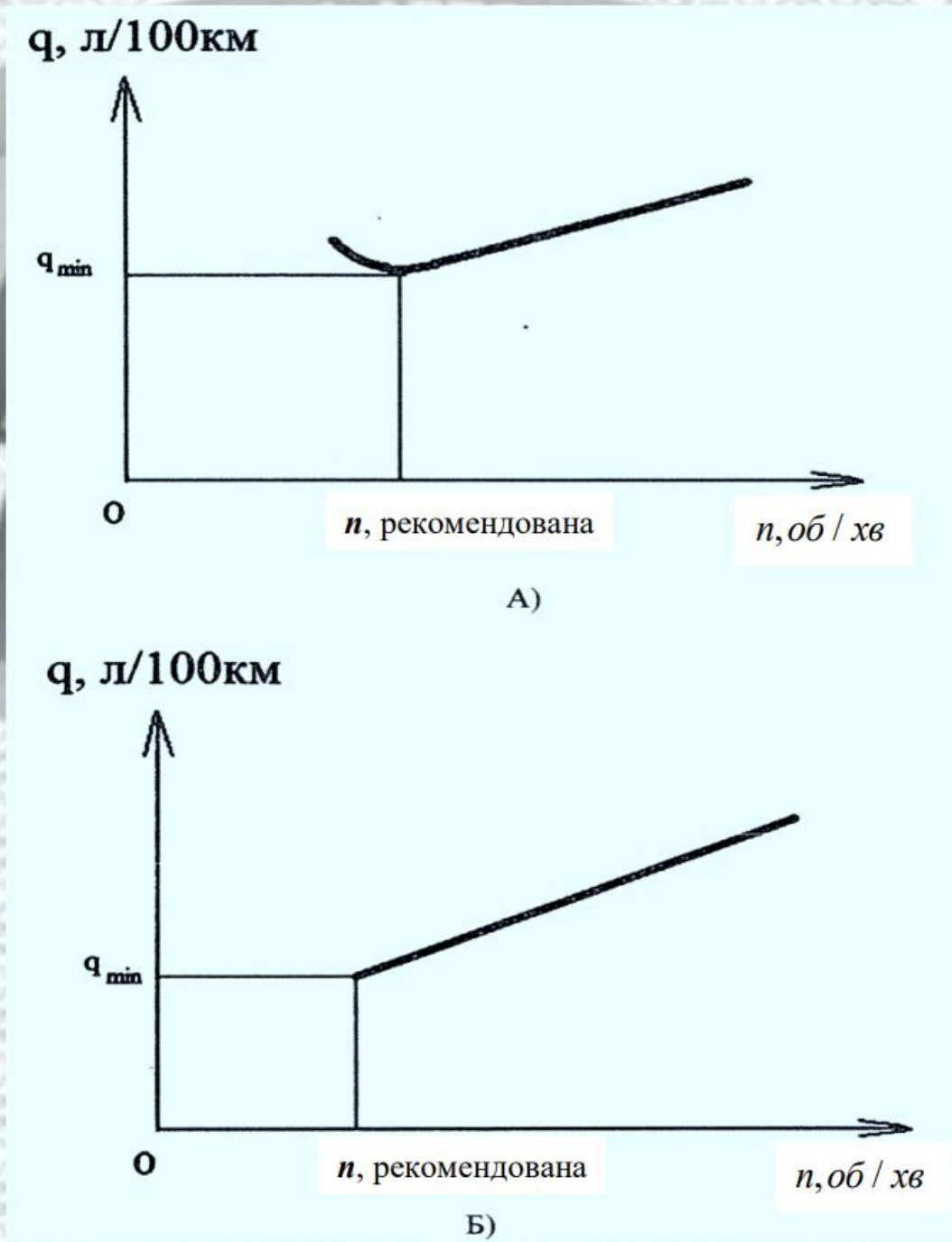


Рисунок 3.2 – Схема зміни витрати палива q в залежності від частоти обертання колінчастого валу n в момент перемикання передач при розгоні автомобіля з місця до заданої швидкості та визначення її рекомендованого значення $n_{\text{рекомендована}}$

На рис. 3.3 показано, як за допомогою експериментальних графіків визначається час розгону t_p на 1-й передачі до заданої швидкості V_z , а на рис. 3.4 показано, як за допомогою експериментальних графіків визначається час розгону на передачах вище 1-ї.

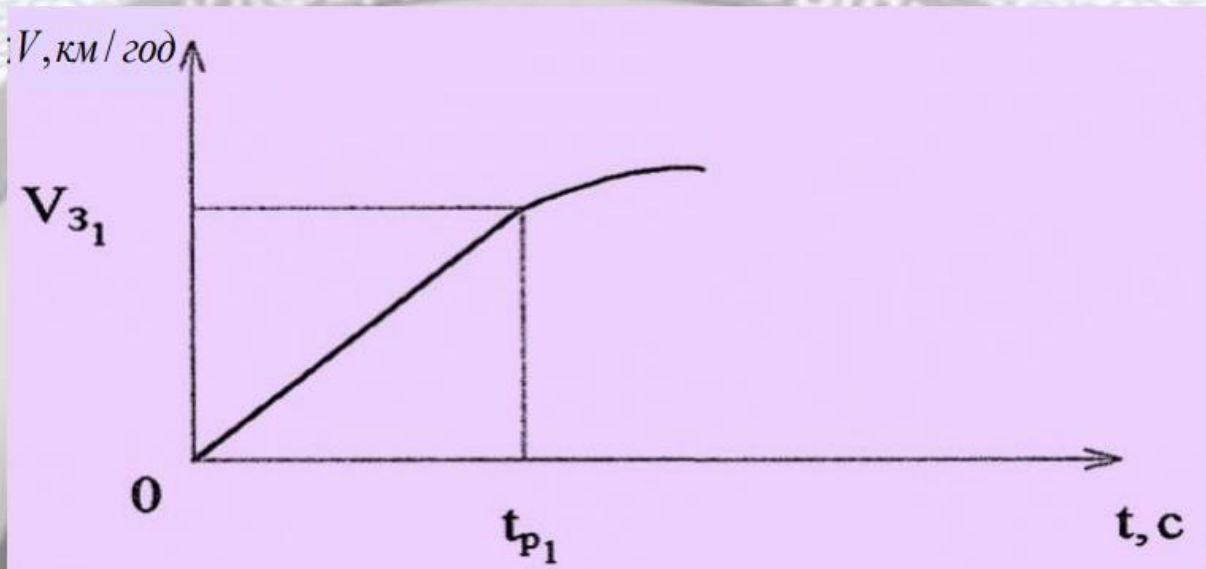


Рисунок 3.3 – Схема визначення часу розгону t_p до заданої швидкості V_z на першій передачі за експериментальним графіком:

t_p – час розгону; V – швидкість автомобіля.

Порядок визначення часу розгону на передачах зрозумілий з графіків, наведених на рис. 3.3 і 3.4, і не потребує спеціальних пояснень.

Щоб обчислити витрату палива при розгоні, необхідно визначити шлях, що проходить на кожній передачі при розгоні до заданої швидкості (заданих значень частоти обертання колінчастого валу в момент перемикання передач), шлях, що проходить автомобілем в момент перемикання передач, і шлях, що проходить автомобілем з постійною швидкістю при більш швидких розгонах порівняно з найповільнішим розгоном.

За допомогою графіків, наведених на рис. 3.3 і 3.4, можна визначити збільшення швидкості в процесі розгону на кожній передачі. Знаючи час розгону і наростання швидкості, визначаємо середнє прискорення розгону на кожній передачі за формулою:

$$j_i = (V_2 - V_1) / 3,6 \times t_p \text{ м/с}^2, \quad (3.2)$$

де j_i – середнє прискорення розгону на i -й передачі, м/с²;

V_1 – швидкість початку розгону на i -й передачі, км/год;

V_2 – швидкість кінця розгону на i -й передачі, км/год;

t_p – час розгону на i -й передачі, с.

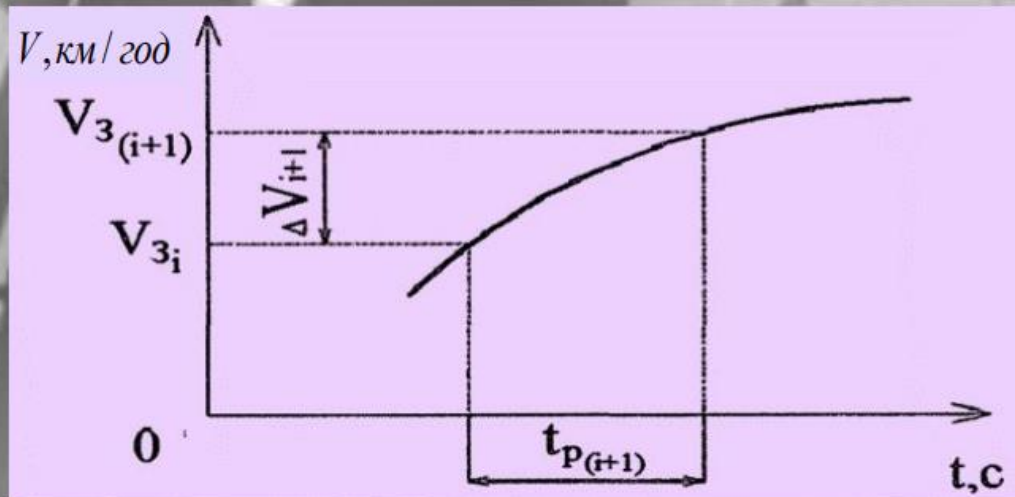


Рисунок 3.4 – Схема визначення часу розгону до заданої швидкості на передачах вище 1-ї:

V_{3i} – швидкість початку розгону на i -й передачі;

$V_{3(i+1)}$ – швидкість завершення розгону на i -й передачі і перемикання на передачу $(i+1)$.

Знаючи середнє прискорення і час розгону на кожній передачі, визначимо шлях, що проходить автомобілем на цих передачах при розгоні, за формулою:

$$S_{pi} = V_{(i-1)} \times t_{pi} / 3,6 + j_i \times t_{pi}^2 / 2 \text{ м}, \quad (3.3)$$

де S_{pi} – шлях, пройдений автомобілем при розгоні на i -й передачі, м;

$V_{(i-1)}$ – швидкість кінця розгону на попередній передачі, км/год;

t_{pi} – час розгону на i -й передачі, с;

j_i – середнє прискорення розгону на i -й передачі, м/с².

Щоб обчислити шлях розгону до заданої швидкості, необхідно визначити шлях, що проходить автомобіль у момент перемикання передач. Його величина визначається за формулою:

$$S_{nepi} = V_{(i-1)} \times t_{nep} / 3,6 \text{ м}, \quad (3.4)$$

де S_{nepi} – шлях, що проходить автомобілем при перемиканні на i -ту передачу, м;

$V_{(i-1)}$ – швидкість кінця розгону на попередній передачі, км/год;

t_{nep} – час перемикання передач, рівний 0,5 с.

Склавши шляхи, що проходить автомобіль при розгоні на кожній передачі і при перемиканні передач, отримаємо довжину ділянки розгону до заданої швидкості:

$$S_p = \sum S_i + \sum S_{nepi} \text{ м}, \quad (3.5)$$

де S_p – довжина ділянки розгону до заданої швидкості, м;

$\sum S_i$ – сума довжин ділянок розгону на передачах, обчислених за формулою (3.3), м;

$\sum S_{nepi}$ – сума довжин ділянок, що проходять при перемиканні передач, обчислених за формулою (3.4), м.

Порівняння витрати палива при різній інтенсивності розгону має проводитися на ділянці постійної довжини. Тому як випробувальну ділянку необхідно взяти найдовшу ділянку розгону, яка відповідає найнижчій частоті обертання колінчастого валу в момент перемикання передач.

З урахуванням викладеного вище довжину випробувальної ділянки визначаємо за формулою:

$$S_{винр} = S_{p.max} \text{ м}, \quad (3.6)$$

де $S_{винр}$ – довжина випробувальної ділянки, м;

$S_{p.max}$ – довжина ділянки самого повільного розгону, м.

Знаючи довжину випробувальної ділянки, визначаємо довжини ділянок руху з постійною швидкістю при більш швидких розгонах за формулою:

$$S_{\text{дсм}j} = S_{\text{доо}} - S_{pj} \quad (3.7)$$

де $S_{\text{дсм}j}$ – довжина ділянки руху з постійною швидкістю при j -му розгоні з більш високою інтенсивністю, м;

$S_{\text{доо}}$ – довжина випробувальної ділянки, обчислена за формулою (3.5), м;

S_{pj} – довжина ділянки j -го розгону з більш високою інтенсивністю, обчислена за формулою (3.4), м.

Знаючи довжини ділянок, що проходять з постійною швидкістю, знайдемо час, затрачуваний на це, за формулою:

$$t_{\text{дсм}j} = 3,6 \times S_{\text{дсм}j} / V_{\text{пост}} \text{ с}, \quad (3.8)$$

де $t_{\text{дсм}j}$ – час руху з постійною швидкістю в j -му заїзді, с;

$S_{\text{дсм}j}$ – довжина ділянки руху з постійною швидкістю, м;

$V_{\text{пост}}$ – швидкість постійного руху, км/год.

Після обчислення значень часу руху з постійною швидкістю в заїздах з різною інтенсивністю розгону можна визначити час проходження випробувальної ділянки. Для самого повільного розгону цей час дорівнює сумі часу розгону на передачах плюс часу, затраченого на перемикання передач:

$$T_j = \sum t_{pij} + \sum t_{пер} \text{ с}, \quad (3.9)$$

де T_j – сумарний час проходження випробувальної ділянки в j -му заїзді, с;

$\sum t_{pij}$ – сумарний час розгону на передачах в j -му заїзді, с;

$\sum t_{пер}$ – сумарний час, затрачений на перемикання передач в процесі розгону, с.

Щоб визначити час проходження випробувальної ділянки при більш інтенсивних розгонах, необхідно до часу розгону до заданої швидкості додати час руху з постійною швидкістю до кінця випробувальної ділянки:

$$T_j = \sum t_{pij} + \sum t_{nep} + t_{nep} \text{ с}, \quad (3.10)$$

де t_{nep} – сумарний час перемикання передач в j -му заїзді, с.

Знаючи довжину випробувальної ділянки і час її проходження в різних заїздах, визначимо середні швидкості проходження випробувальної ділянки в заїздах:

$$V_{срj} = 3,6 \times S_{доc} / T_j \text{ км/год}, \quad (3.11)$$

де $V_{срj}$ – середня швидкість проходження випробувальної ділянки в j -му заїзді, км/год;

$S_{доc}$ – довжина випробувальної ділянки, м;

T_j – час проходження випробувальної ділянки в j -му заїзді, с.

Зміна витрати палива в залежності від пройденого шляху при розгоні описується лінійним рівнянням:

$$Q_i = k_{sQ} \times S_i \text{ см}^3, \quad (3.12)$$

де Q_i – витрата палива при розгоні на i -й передачі, см³;

k_{sQ} – відношення витрати палива до пройденого шляху, см³/м;

S_i – шлях, пройдений в процесі розгону на i -й передачі, м.

Відношення витрати палива до пройденого шляху визначається на основі результатів експерименту для кожної передачі при розгоні з повною подачею палива. Схема його визначення показана на рис. 3.5. Величина коефіцієнта дорівнює відношенню витрати палива до пройденого шляху.

Визначення витрати палива в процесі розгону на передачах проводиться за формулою (3.5) на основі вичислених раніше шляхів розгону на передачах та результатів обчислення коефіцієнтів перетворення шляху у витрату палива для кожної передачі.

Для визначення витрати палива на ділянці руху з постійною швидкістю використовуються результати визначення витрати палива при русі на вищій

передачі з постійною швидкістю. Витрата палива при русі на ділянці з постійною швидкістю обчислюється за формулою:

$$Q_{стал} = q_{стал} \times S_{пост} / 100 \text{ см}^3, \quad (3.13)$$

де $Q_{стал}$ – витрата палива на ділянці сталого руху, см^3 ;

$q_{стал}$ – витрата палива при сталому русі з заданою швидкістю, л/100 км;

$S_{пост}$ – довжина ділянки руху з постійною швидкістю, м.

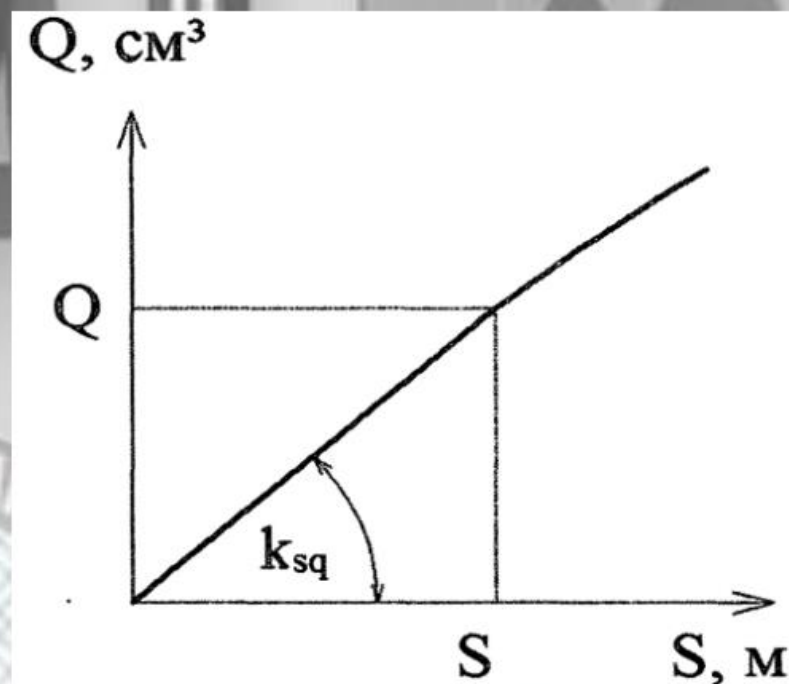


Рисунок 3.5 – Схема визначення коефіцієнта перетворення шляху у витрату палива k_{sq} – відношення витрати палива до пройденого шляху:

S – пройдений шлях; Q – витрата палива

Сумарна витрата палива на проходження випробувальної ділянки в j -му заїзді визначається за формулою:

$$\Sigma Q_j = \Sigma Q_{ij} + Q_{сталj} \text{ см}^3, \quad (3.14)$$

де ΣQ_j – витрата палива на проходження випробувальної ділянки в j -му заїзді, см^3 ;

ΣQ_{ij} – витрата палива на ділянці розгону в j -му заїзді, см^3 ;

$Q_{сталj}$ – витрата палива на проходження ділянки сталого руху в j -му заїзді, см^3 .

Витрата палива при проходженні випробувальної ділянки визначається за формулою:

$$q = 100 \times \Sigma Q_j / S_{досл}, \text{ л/100 км}, \quad (3.15)$$

де q – витрата палива на досліджуваній ділянці, л/100 км;

ΣQ_j – витрата палива на проходження випробувальної ділянки в j -му заїзді;

$S_{досл}$ – довжина випробувальної ділянки, м.

За результатами обчислень витрати палива в різних заїздах будується графік зміни витрати палива при розгоні до заданої швидкості в залежності від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикування передач.

3.2 Розробка методики визначення вибору рекомендованої передачі при сталому русі

При сталому русі витрата палива залежить від швидкості руху та обраної водієм передачі. Питання вибору швидкості не відноситься до визначення алгоритму вибору передачі при сталому русі. Водій може знизити витрату палива, використовуючи найвищу для обраної швидкості передачу. Можливості використання вищих передач при русі з постійною швидкістю визначаються величиною мінімальних стійких швидкостей руху на передачах.

На рис. 3.6 показано графік, який ілюструє правильний вибір передачі при русі з постійною швидкістю в залежності від її величини. На рис. 3.6 пунктирною лінією показано, як змінюється витрата палива на передачах, а суцільною лінією показано, як змінюється витрата палива при сталому русі, якщо водій правильно обирає передачу.

Вибір передачі при русі з постійною швидкістю визначається простим правилом: швидкість автомобіля повинна бути не нижчою за мінімальну стійку

швидкість на обраній передачі і не вищою за мінімальну стійку швидкість на наступній передачі. Паливно-швидкісна характеристика двигуна та значення мінімальної стійкої швидкості на передачах визначаються при проведенні попередніх натурних випробувань.

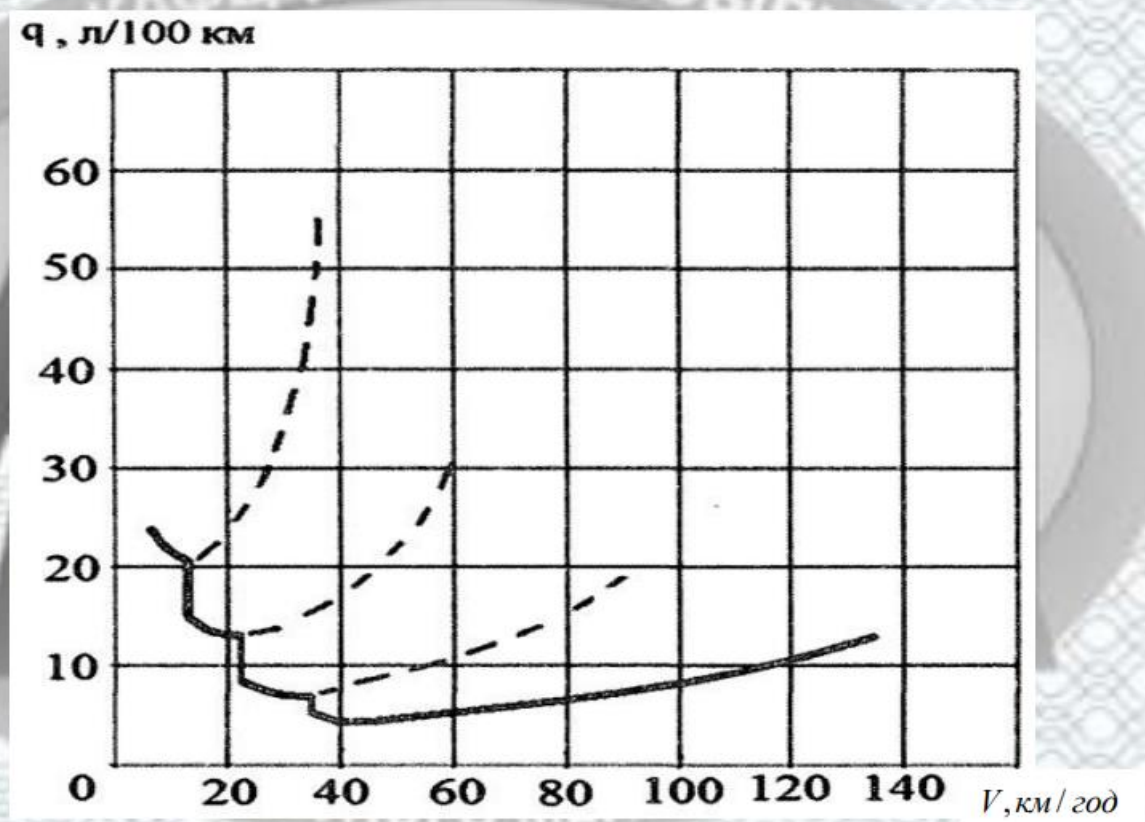


Рисунок 3.6 – Графік, що ілюструє правильний вибір передач при русі з постійною швидкістю

- крива витрати палива при неправильному виборі передач;
- витрата палива при правильному виборі передач.

3.3 Розробка методики визначення характеристики витрати палива при сповільненні автомобіля

Щоб побудувати характеристику зміни витрати палива в залежності від сповільнення, необхідно, так само як і при розгоні, визначити довжину випробувальної ділянки. Довжина цього відрізка шляху визначається експериментально шляхом вимірювання часу, протягом якого автомобіль,

рухаючись зі встановленої початкової швидкості, повністю зупиняється. При підвищенні інтенсивності сповільнення автомобіль проходить частину шляху, рівну різниці між довжиною випробувальної ділянки і шляхом, що проходить із заданим сповільненням. Схема зміни швидкості на випробувальній ділянці при реалізації різних уповільнень, що показано на рис. 3.7.

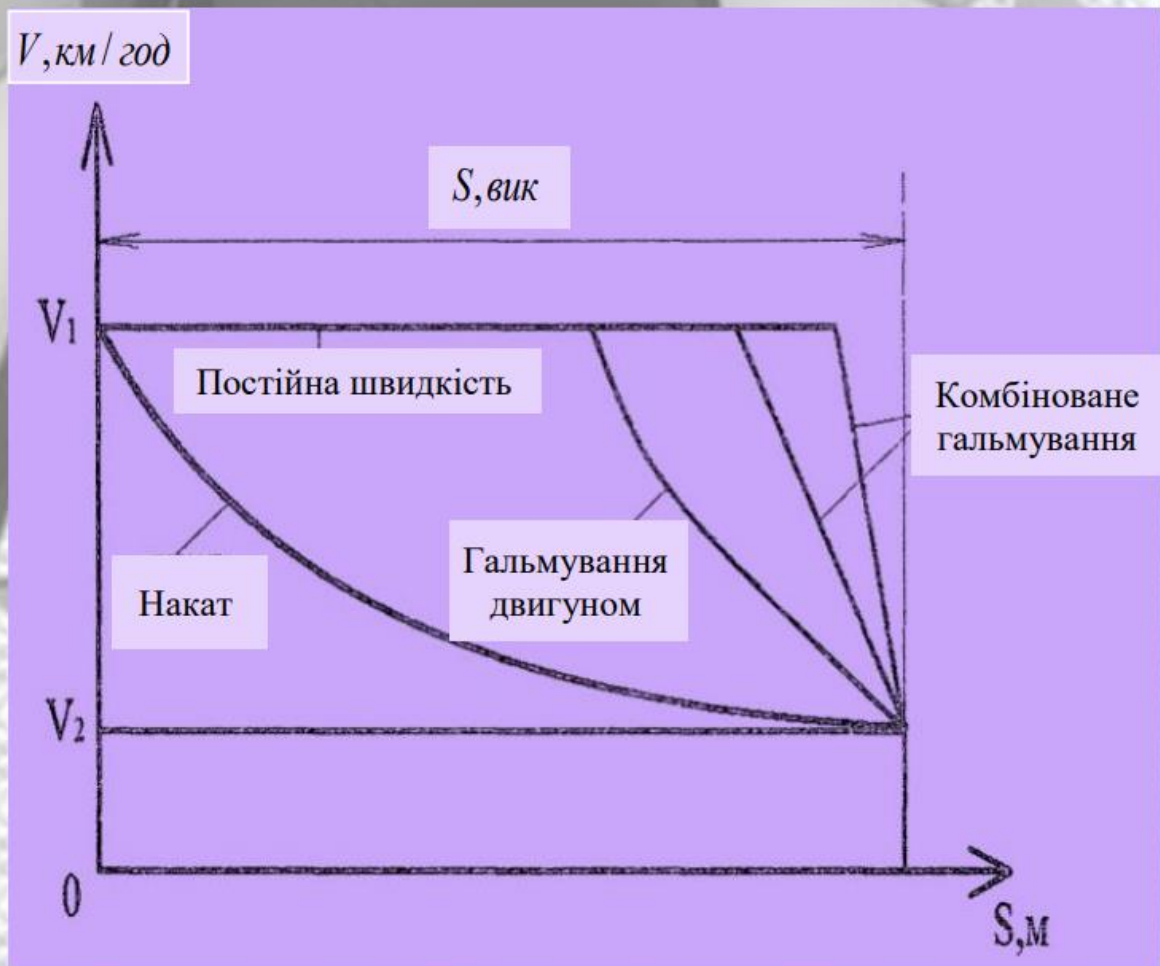


Рисунок 3.7 – Графік зміни швидкості автомобіля на випробувальній ділянці при різних уповільненнях

При проведенні випробувань визначаються: час вибігу t_e при зниженні швидкості від V_1 до V_2 та годинна витрата палива. Знаючи різницю швидкостей і час вибігу, знаходимо середнє сповільнення j_e вибігу за формулою:

$$J_e = (V_1 - V_2) / 3,6 \times t_e \text{ м/с}^2, \quad (3.16)$$

де J_6 – середнє сповільнення вибігу автомобіля, м/с²;

V_1 – швидкість на початку вибігу, км/год;

V_2 – швидкість в кінці вибігу, км/год;

t_6 – тривалість вибігу, с.

Знаючи початкову швидкість, тривалість вибігу, середнє сповільнення вибігу, знаходимо шлях вибігу за формулою:

$$S_6 = V_1 \times t_6 / 3,6 - j_6 \times t_6^2 / 2 \text{ м}, \quad (3.17)$$

де S_6 – шлях вибігу, м;

V_1 – швидкість на початку вибігу, км/год;

t_6 – тривалість вибігу, с;

j_6 – середнє сповільнення вибігу автомобіля, м/с².

Оскільки довжина випробувальної ділянки $S_{вин}$ дорівнює шляху вибігу S_6 , довжина ділянки руху автомобіля з постійною швидкістю буде дорівнювати довжині вибігу мінус шлях, що проходить автомобіль при гальмуванні:

$$S_{вст} = S_6 - S_{гал} \text{ м}, \quad (3.18)$$

де $S_{вст}$ – довжина ділянки шляху, що проходить з постійною швидкістю, м;

S_6 – шлях вибігу, рівний довжині випробувальної ділянки, м;

$S_{гал}$ – шлях, що проходить автомобілем при гальмуванні, м.

Знаючи середню величину сповільнення на ділянці гальмування, визначимо час гальмування:

$$t_{гал} = (V_2 - V_1) / 3,6 \times j_{гал} \text{ с}, \quad (3.19)$$

де $t_{гал}$ – тривалість гальмування, с;

V_1 – швидкість на початку гальмування, км/год;

V_2 – швидкість припинення гальмування, км/год;

$j_{гал}$ – середнє сповільнення на ділянці гальмування, м/с².

Шлях, що проходить автомобілем при гальмуванні, знаходимо за формулою:

$$S_{гал} = V_1 \times t_{гал} / 3,6 - j_{гал} \times t_{гал}^2 / 2 \text{ м}, \quad (3.20)$$

Знаючи шляхи, що проходять автомобілем при вибігу, постійному русі та гальмуванні, знайдемо витрату палива при сповільненні з різною інтенсивністю. Витрата палива при вибігу визначається за формулою:

$$q = 100 \times q_t \times t_B / 3,6 \times S_B \text{ л/100 км}, \quad (3.21)$$

де q – витрата палива при вибігу, л/100 км;

q_t – годинна витрата палива на холостому ході, л/ч;

t_B – час вибігу, с;

S_B – шлях вибігу, м.

При сповільненні з використанням гальм паливо витрачається тільки на ділянці сталого руху. При гальмуванні двигуном і комбінованому гальмуванні паливо не витрачається, оскільки сучасні двигуни мають економайзер холостого ходу. З урахуванням викладеного вище витрата палива при сповільненні з використанням гальмування визначається за формулою:

$$q_j = 100 \times q_{ст} / S_{дос} \text{ л/100 км}, \quad (3.22)$$

де q_j – витрата палива при сповільненні з використанням гальмування, л/100 км;

$q_{ст}$ – витрата палива при сталому русі;

$S_{дос} = S_e$ – довжина досліджуваної ділянки, рівна відстані вибігу, м.

За результатами обчислень будується графік зміни витрати палива при зниженні швидкості на задану величину в залежності від величини сповільнення.

3.4 Розробка методики приблизного визначення економічного алгоритму регулювання швидкості при розгоні

3.4.1 Визначення рекомендованої частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач в неусталених режимах руху

Результати випробувань легкових автомобілів Bogdan – 2111, DAEWOO Sens, результати випробувань автомобілів КРАЗ – 65055, отримані на випробувальному автополігоні в місті Києві, а також дані, наведені в керівництві з експлуатації автомобілів VOLVO FL7, FL10, були зведені в таблицю 3.1. Використовуючи отримані дані, була побудована залежність рекомендованої частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач при розгоні від номінальної частоти обертання колінчастого валу, наведена на рис. 3.8.

Таблиця 3.1 – Залежність рекомендованої частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач при розгоні від номінальної частоти обертання колінчастого валу

№ п/п	Марка автомобіля	Номінальна частота обертання колінчастого валу ($n_{ном}$)	Рекомендована частота обертання колінчастого валу ($n_{ошт}$)
1	КРАЗ – 65055	2100	1600
2	Volvo – FL7	2600	1900
3	Volvo – FL10	3200	1800
4	DAEWOO Sens	5600	2500
5	Bogdan – 2111	5200	2500

Як видно з графіка, представленого на рис. 3.8, залежність рекомендованої частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач від номінальної добре апроксимується лінійним рівнянням:

$$n_{ошт} = 0,234 \times n_{ном} + 1150 \text{ об/хв} \quad (3.23)$$

Використовуючи отриману формулу, можна приблизно визначити рекомендовану частоту обертання колінчастого валу в момент перемикання передач при розгоні.

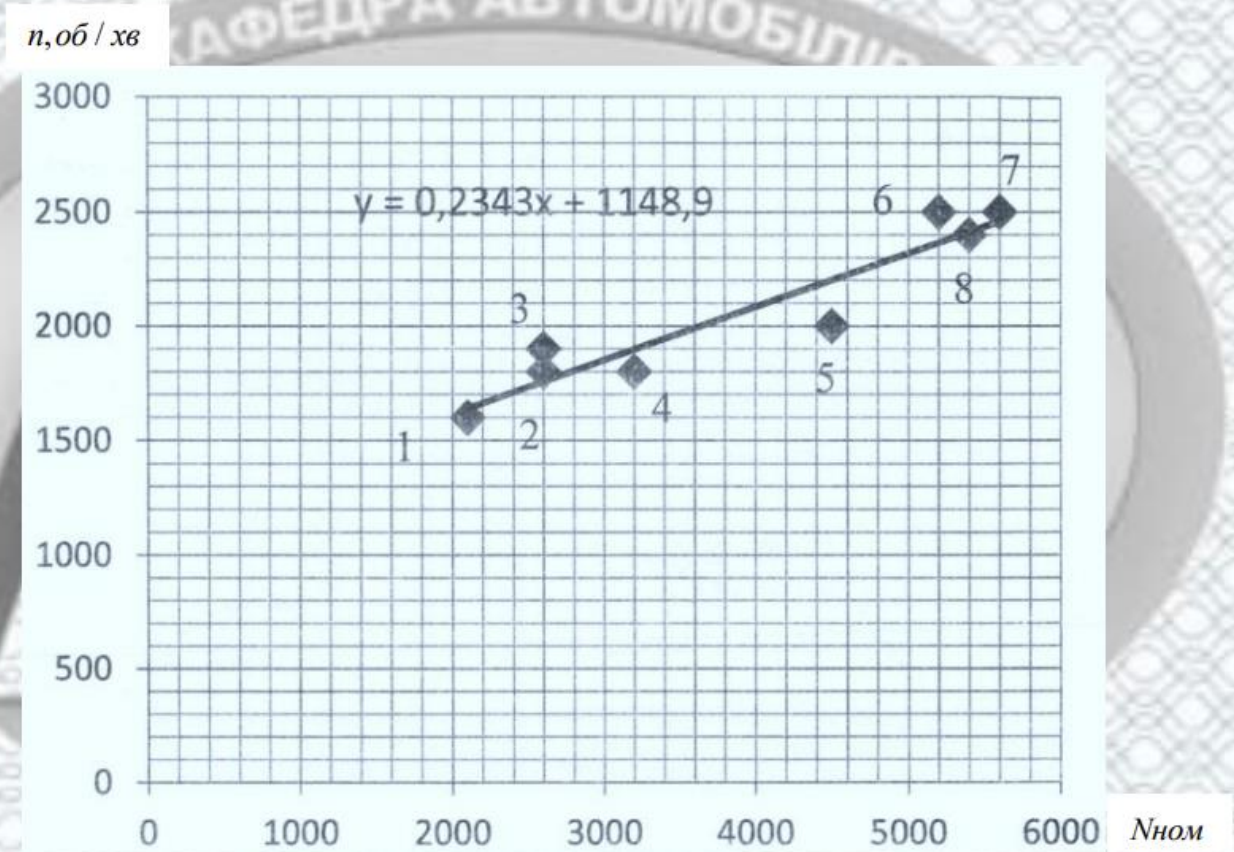


Рисунок 3.8 – Приблизна залежність рекомендованої частоти обертання колінчастого валу $n_{\text{об/хв}}$ в момент перемикання передач при розгоні від номінальної частоти обертання колінчастого валу $n_{\text{ном}}$

3.4.2 Визначення рекомендованої передачі при русі з постійною швидкістю

Для визначення мінімально стійкої швидкості на передачах необхідно визначити на найвищій передачі мінімально стійку швидкість. Для цього на горизонтальній ділянці дороги необхідно, рухаючись на найвищій передачі, поступово зменшувати швидкість усталеного руху та визначити її мінімальну

величину, при якій у випадку натискання на педаль акселератора розпочнеться стійкий розгін автомобіля.

Визначення мінімально стійкої швидкості на нижчій передачі проводиться з використанням рівняння:

$$V_i = \frac{V_{\text{вищ}}}{I_{\text{вищ}}} \times I_i, \quad (3.24)$$

де: V_i – мінімально стійка швидкість на i -тій передачі, км/год;

$V_{\text{вищ}}$ – мінімально стійка швидкість на найвищій передачі, км/год;

$I_{\text{вищ}}$ – передаточне число на найвищій передачі;

I_i – передаточне число на i -тій передачі.

Висновки до розділу 3

1. Розроблено розрахунково-експериментальна методика визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля в режимах розгону, усталеного руху та сповільнення. Її застосування дозволить суттєво скоротити кількість випробувань у режимі розгону і значно розширити кількість досліджуваних варіантів для вибору рекомендованої частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач при розгоні.

2. Застосування даної методики дозволяє на порядок скоротити кількість заїздів для визначення рекомендованої частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач при розгоні.

3. Для визначення рекомендованих передач при русі з постійною швидкістю передбачено визначення мінімально стійкої швидкості при русі на кожній передачі.

Розроблено методику визначення характеристики витрати палива від величини сповільнення автомобіля.

РОЗДІЛ 4

ВИЗНАЧЕННЯ АЛГОРИТМУ РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ ТА ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКОНОМІЧНОГО УПРАВЛІННЯ

4.1 Точні визначення економічного алгоритму управління

4.1.1 Розрахунково – експериментальне визначення економічного алгоритму регулювання швидкості легкового автомобіля

Лабораторно-дорожні випробування проводилися на автомобілі Bogdan-2111 із робочим об'ємом двигуна 1600 см³, на випробувальному автополігоні в місті Києві із масою, що відповідає навантаженню у вигляді водія та пасажирів. Для вимірювання швидкості та пройденого шляху використовувався прилад «п'яте колесо». Витрату палива вимірювали за допомогою поршневого витратоміра.

На кожній передачі здійснювався розгін. На 1-й передачі – з місця, на всіх наступних передачах – з мінімально-стійкої до максимальної швидкості на кожній передачі.

Під час проведення заїздів були визначені такі залежності та показники, необхідні для виконання розрахунків з визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля:

- залежність швидкості від часу розгону на всіх передачах;
- залежність витрати палива від пройденого шляху при розгоні на всіх передачах;
- паливно-швидкісна характеристика при сталому русі на всіх передачах;
- мінімальні стійкі значення швидкості при сталому русі на всіх передачах;
- годинна витрата палива при роботі двигуна на холостому ході;

- час вибігу в наступних діапазонах швидкостей: 60...0 і 90...40 км/год.

Відповідно до методики обробки експериментальних даних, наведеної в розділі 3, було отримано:

- залежність витрати палива при розгоні від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикання передач;
- залежність мінімальної витрати палива від швидкості сталого руху автомобіля;
- залежність ефективності перетворення палива в швидкість від величини швидкості сталого руху;
- залежність витрати палива від величини гальмування.

Значення мінімально стійкої частоти обертання колінчастого валу обчислювалося на основі даних про визначення мінімальної стійкої швидкості на передачах за рівнянням (3.1). Результати визначення значень мінімальної стійкої швидкості при сталому русі на передачах та відповідні їм частоти обертання колінчастого валу наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Значення мінімальної стійкої швидкості $V_{\min}$ та частоти обертання колінчастого валу $n_{\min}$ при сталому русі на передачах

№ передачі	1	2	3	4	5
$V_{\min}$, км/год	5	10	20	30	40
$n_{\min}$, об/хв	684	735	1100	1111	1200

Для визначення рекомендованої частоти обертання колінчастого валу в момент перемикання передач при розгоні були обрані такі значення швидкості, що відповідають початку та завершенню розгону:

1. Швидкість розгону з місця до дозволеної швидкості руху в населеному пункті, що дорівнює 60 км/год;
2. Швидкість розгону з місця до дозволеної швидкості руху поза населеним пунктом, що дорівнює 90 км/год;

3. Розгін від 40 до 90 км/год, що імітує умови руху в транспортному потоці поза населеним пунктом.

Відповідно до методики, наведеної в розділі 3, були визначені значення швидкості в момент перемикавання передач відповідно до обраних значень частот обертання колінчастого валу за рівнянням (3.1).

4.1.2 Розрахунок рекомендованої частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач при розгоні

Для визначення рекомендованої частоти обертання колінчастого валу необхідно побудувати залежність зміни витрати палива при розгоні від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач. Водночас експериментально були отримані характеристики зміни швидкості автомобіля від часу розгону на кожній передачі. Тому виникає необхідність визначення значення швидкості автомобіля, яке відповідає заданій частоті обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач. Отже, відповідно до формули (3.1) були визначені значення швидкості, що відповідають обраним значенням частот обертання колінчастого валу. Результати визначення значень швидкості в момент перемикавання передач при розгоні з місця до швидкості 60 і 90 км/год наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Значення швидкостей руху на передачах V_i при заданій частоті обертання колінчастого валу n (використовується для розрахунку при розгоні з місця до 60 і 90 км/год)

n, об/хв		1500	2000	2500	3500	4500	5500
V, км/год	V_1 , км/год	10,7	14,3	17,9	25,0	32,1	40,0
	V_2 , км/год	19,9	26,5	33,1	46,4	59,6	74,2
	V_3 , км/год	28,7	38,3	47,8	67,0	86,1	
	V_4 , км/год	41,4	55,2	69,0	96,4	124,0	
	V_5 , км/год	49,7	66,3	82,8			

При розгоні від 40 до 90 км/год були розглянуті 3 варіанти використання передач: розгін на 5-й передачі, розгін з використанням 4-ї і 5-ї передач та розгін з використанням 3-ї, 4-ї і 5-ї передач. Результати визначення швидкостей, що відповідають заданій частоті обертання колінчастого валу, наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Значення швидкостей руху на передачах V_i при заданій частоті обертання колінчастого валу n (використовується для розрахунків при розгоні від 40 до 90 км/год)

n , об/хв		1500	2000	2500	3260	3500	4500	5500
V_i , км/год	V_1 , км/год							
	V_2 , км/год				43,2			74,0
	V_3 , км/год			47,9	62,4	67,0	86,0	90,0
	V_4 , км/год	41,41	55,2	69,0	90,0			
	V_5 , км/год		40-90					

Визначення часу розгону до заданої швидкості. Дані, наведені в табл. 4.2 та 4.3, були використані для обробки експериментальних графіків, які описують залежності швидкості автомобіля від часу розгону на кожній передачі. Їх обробка дозволила визначити значення часу розгону на кожній передачі для заданих частот обертання колінчастого валу в момент перемикання передач. Швидкість початку розгону на кожній наступній передачі дорівнює швидкості завершення розгону на попередній передачі. Результати обробки графіків, значення швидкостей закінчення розгону та часу розгону на передачах для $n_{\text{пер}} = 1500$ об/хв, 2000 об/хв, 2500 об/хв, 3500 об/хв, 4500 об/хв, 5500 об/хв при розгоні з місця до швидкості 60 км/год. отриманих під час проведення даних випробувань, наведені в табл. 4.4 – 4.11.

Таблиця 4.4 – Значення швидкостей закінчення розгону та часу розгону на передачах для $n_{\text{пер}} = 1500$ об/хв при розгоні із місця до швидкості 60 км/год

№ передачі	V, км/год	t, с
1	10,7	0,89
2	19,8	0,87
3	28,7	1,92
4	41,4	3,00
5	60,0	7,60
Сумарний час розгону до 60 км/год		14,28

Таблиця 4.5 – Значення швидкостей закінчення розгону та часу розгону на передачах для $n_{\text{пер}} = 2000$ об/хв при розгоні із місця до швидкості 60 км/год

№ передачі	V, км/год	t, с
1	14,3	1,00
2	26,5	1,26
3	38,3	2,70
4	55,2	5,00
5	60,0	2,40
Сумарний час розгону до 60 км/год		12,36

Таблиця 4.6 – Значення швидкостей закінчення розгону та часу розгону на передачах для $n_{\text{пер}} = 2500$ об/хв при розгоні із місця до швидкості 60 км/год

№ передачі	V, км/год	t, с
1	17,9	1,4
2	33,1	1,71
3	47,9	3,38
4	60,0	3,99
5		
Сумарний час розгону до 60 км/год		10,5

Таблиця 4.7 – Значення швидкостей закінчення розгону та часу розгону на передачах для $n_{\text{пер}} = 3500$ об/хв при розгоні із місця до швидкості 60 км/год

№ передачі	V, км/год	t, с
1	25,0	2,20
2	46,4	2,77
3	60,0	3,58
4		
5		
Сумарний час розгону до 60 км/год		8,55

Таблиця 4.8 – Значення швидкостей закінчення розгону та часу розгону на передачах для $n_{\text{пер}} = 4500$ об/хв при розгоні із місця до швидкості 60 км/год

№ передачі	V, км/год	t, с
1	32,0	3,22
2	60,0	4,35
3		
4		
5		
Сумарний час розгону до 60 км/год		7,57

Таблиця 4.9 – Значення швидкостей закінчення розгону та часу розгону на передачах для $n_{\text{пер}} = 5500$ об/хв при розгоні із місця до швидкості 60 км/год

№ передачі	V, км/год	t, с
1	40,0	4,20
2	60,0	3,07
3		
4		
5		
Сумарний час розгону до 60 км/год		7,3

Таблиця 4.10 – Значення швидкостей закінчення розгону та часу розгону на передачах для $n_{\text{пер}} = 1500$ об/хв при розгоні із місця до швидкості 90 км/год

№ передачі	V, км/год	t, с
1	10,7	0,89
2	19,8	0,87
3	28,7	1,92
4	41,4	3,00
5	90,0	26,36
Сумарний час розгону до 90 км/год		33,04

Таблиця 4.11 – Значення швидкостей закінчення розгону та часу розгону на передачах для $n_{\text{пер}} = 2000$ об/хв при розгоні із місця до швидкості 90 км/год

№ передачі	V, км/год	t, с
1	14,3	1,00
2	26,5	1,26
3	38,3	2,70
4	55,2	5,00
5	90,0	18,48
Сумарний час розгону до 90 км/год		28,5

Визначення середнього прискорення розгону. На основі результатів обчислення часу розгону при зміні швидкостей автомобіля в заданих діапазонах були проведені обчислення середніх прискорень автомобіля в процесі розгону на різних передачах. Результати обчислень середнього прискорення при розгоні з місця до 90 км/год., для прикладу наведено в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Значення середнього прискорення при розгоні із місця до 60 км/год

n, об/хв	1500	2000	2500	3500	4500	5500
$J_1, \text{м/с}^2$	3,35	3,97	3,55	3,15	2,76	2,62
$J_2, \text{м/с}^2$	2,92	2,69	2,45	2,14	1,78	1,63
$J_3, \text{м/с}^2$	1,28	1,21	1,21	1,05		
$J_4, \text{м/с}^2$	1,17	0,99	0,84			
$J_5, \text{м/с}^2$	0,67	0,55				
$J_6, \text{м/с}^2$	1,17	1,35	1,6	1,95	2,2	2,28

Визначення довжини досліджуваної ділянки, шляхів розгону до заданої швидкості та сталого руху. Знаючи час розгону в заданому діапазоні швидкостей на кожній передачі та середнє прискорення, можна обчислити шлях розгону, що проходить на кожній передачі, за формулою (3.3).

Для визначення часу розгону до заданої швидкості необхідно визначити шлях, що проходить автомобілем в момент перемикавання передач. Для визначення шляху розгону до заданої швидкості необхідно скласти шляхи розгону на кожній передачі, додавши до них шляхи, що проходять автомобілем в момент перемикавання передач. Розрахунок часу при перемиканні передач проводився за формулою (3.4). Час перемикавання передач було прийнято рівним 0,5 с, відповідав швидкості завершення розгону на попередній передачі і протягом перемикавання залишався постійним.

Величина витрати палива в процесі розгону порівнювалася на ділянці постійної довжини, яка була прийнята рівною довжині ділянки найповільнішого розгону і обчислювалася за формулою (3.5). При підвищенні інтенсивності розгону автомобіль досягав заданої швидкості на меншому відрізку шляху і

проходив залишковий відрізок досліджуваної ділянки з постійною швидкістю. Довжина цього відрізка визначалася за формулою (3.6).

Визначення значень часу проходження ділянок при сталому русі та досліджуваної ділянки. Значення часу проходження ділянок при сталому русі при відомих величинах їхньої довжини та швидкості визначаються за формулою (3.7). Величини часу проходження досліджуваної ділянки визначаються за формулами (3.8) та (3.9). Результати обчислень наведено в табл. 4.13 – 4.15.

Таблиця 4.13 – Значення часу проходження ділянки усталеного руху та досліджуваної ділянки при розгоні з місця до 60 км/год

п, об/хв	1500	2000	2500	3500	4500	5500
$t_{\text{стал}}, \text{с}$	-	0,75	2,06	4,22	5,28	5,3
$t_{\text{д}}, \text{с}$	14,28	12,4	10,9	8,55	7,36	7,27

Таблиця 4.14 – Значення часу проходження ділянки усталеного руху та досліджуваної ділянки при розгоні з місця до 90 км/год

п, об/хв	1500	2000	2500	3500	4500	5500
$t_{\text{стал}}, \text{с}$	-	3,21	7,51	9,3	16,8	18,4
$t_{\text{д}}, \text{с}$	33,04	28,44	24,2	21,96	15,42	14,4

Таблиця 4.15 – Значення часу проходження ділянки усталеного руху та досліджуваної ділянки при розгоні від 40 до 90 км/год

п, об/хв	1500	2000	2500	3500	4500	5500
$t_{\text{стал}}, \text{с}$	-	2,82	6,30	8,46	15,24	16,86
$t_{\text{д}}, \text{с}$	26,86	23,48	19,56	18,07	11,61	11,0

Визначення витрати палива та середньої швидкості при проходженні досліджуваної ділянки. Величина витрати палива при розгоні на кожній передачі визначалась за формулою (3.11). Для обчислення витрати палива на ділянці сталого руху визначалися витрати палива при русі з заданою швидкістю. Витрата палива на ділянці сталого руху обчислювалася за формулою (3.12). Значення витрати палива при розгоні на передачах, ділянці сталого руху та сумарної

витрати палива при проходженні досліджуваної ділянки наведені в таблицях 4.16 – 4.18.

Таблиця 4.16 – Значення сумарної витрати палива при проходженні досліджуваної ділянки з місця до 60 км/год

n, об/хв	1500	2000	2500	3500	4500	5500
Q (см³)	19,05	19,83	20,63	21,42	21,90	25,00
g, л/100 км	11,32	11,79	12,27	12,74	13,02	14,87

Таблиця 4.17 – Значення сумарної витрати палива при проходженні досліджуваної ділянки з місця до 90 км/год

n, об/хв	1500	2000	2500	3500	4500	5500
Q (см³)	59,71	57,78	56,95	60,17	61,15	66,91
g, л/100 км	11,01	10,66	10,50	11,10	11,28	12,34

Таблиця 4.18 – Значення сумарної витрати палива Q та питомої витрати палива q при проходженні досліджуваної ділянки від 40 км/год до 90 км/год

n, об/хв	1500	2000	2500	3260	4500	5500
Q (см³)	53,01	51,05	48,90	52,36	55,40	55,20
g, л/100 км	10,64	10,25	9,82	10,51	11,00	11,08

Значення витрати палива в залежності від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач обчислювалися за формулою (3.14). Величини середньої швидкості проходження досліджуваної ділянки при заданій частоті обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач визначалися за формулою (3.10). Результати обчислень наведено в табл. 4.19 – 4.25 та на рисунках 4.1 та 4.4.

Таблиця 4.19 – Значення витрати палива та середньої швидкості проходження досліджуваної ділянки при розгоні з місця до 60 км/год

n, об/хв	1500	2000	2500	3500	4500	5500
g , л/100 км	11,32	11,79	12,27	13,1	13,9	14,5
V_c , км/год	37,96	39,51	40,84	42,83	43,94	44,16

Таблиця 4.20 – Значення витрати палива та середньої швидкості при розгоні з місця до 90 км/год

n, об/хв	1500	2000	2500	3500	4500	5500
g , л/100 км	11,01	10,66	10,50	10,8	11,24	11,55
V_c , км/год	55,70	58,00	57,90	59,58	60,60	61,00

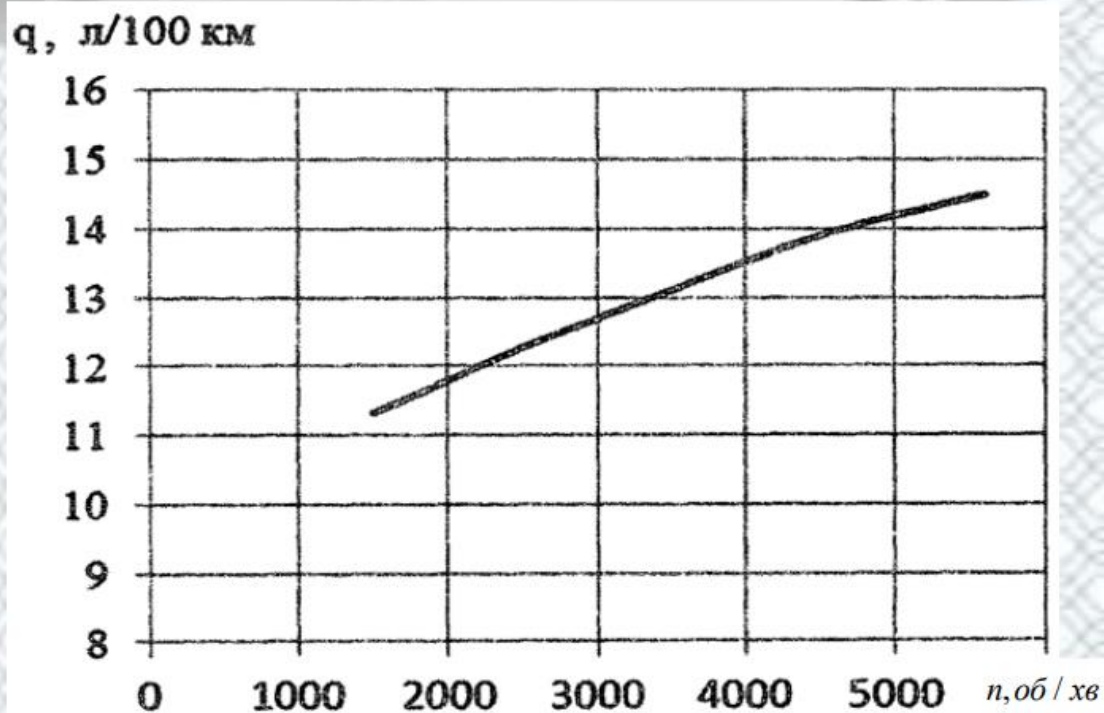


Рисунок 4.1 – Графік зміни витрати палива при розгоні з місця до 60 км/год в залежності від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач.

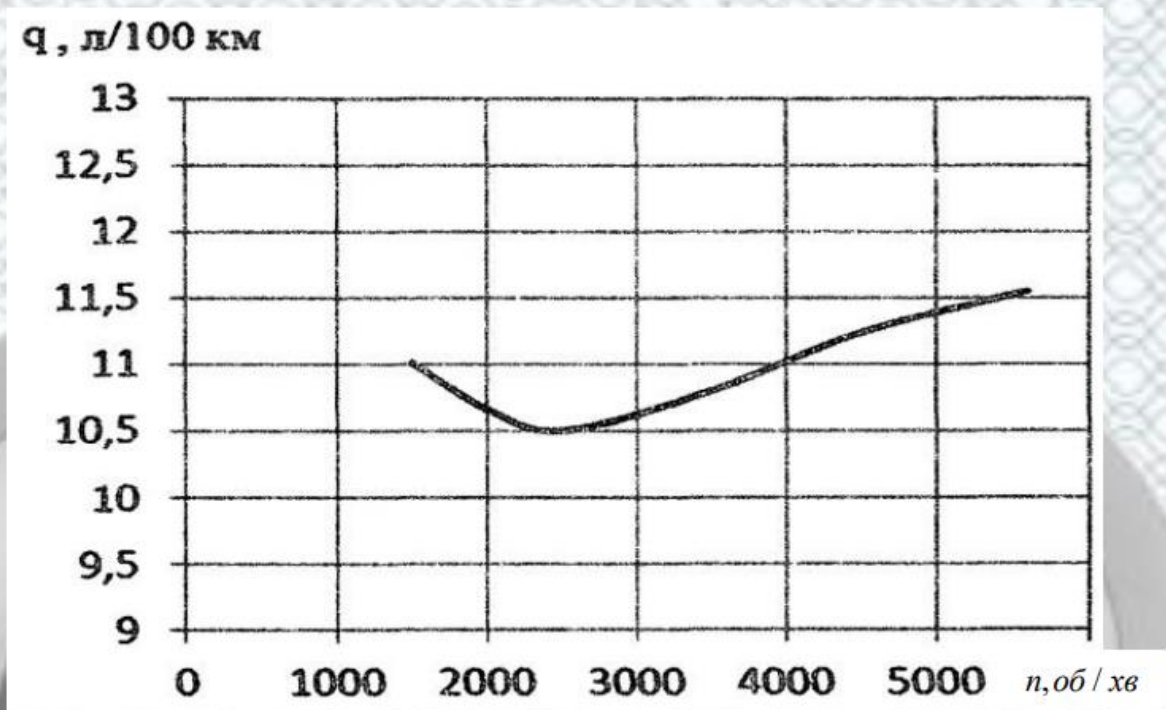


Рисунок 4.2 – Графік зміни витрати палива при розгоні з місця до 90 км/год в залежності від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач

Таблиця 4.21 – Значення витрати палива та середньої швидкості при розгоні з 40 до 90 км/год

$n, \text{об/хв}$	1500	2000	2500	3260	4500	5500
$g, \text{л/100 км}$	10,6	10,1	9,78	10,51	11,3	11,6
$V_c, \text{км/год}$	49,8	57,8	64	69,97	70,8	77,68

На основі розрахунків було встановлено, що при розгоні до швидкості 60 км/год рекомендована частота обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач дорівнює 1500 об/хв. При розгоні зі швидкістю вище 60 км/год рекомендована частота обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач дорівнює 2500 об/хв.

4.1.3 Визначення рекомендованої за витратою палива передачі при сталому русі

Щоб мінімізувати витрату палива при сталому русі, необхідно обирати таку передачу, на якій при заданій швидкості витрата палива буде мінімальною. Діапазони швидкостей та відповідні їм рекомендовані передачі наведено в таблиці 4.22.

Таблиця 4.22 – Значення рекомендованих передач для різних діапазонів швидкості

V , км/ч	0...10	10...20	20...30	30...40	40 і вище
№ передачі	1	2	3	4	5

4.1.4 Визначення характеристики витрати палива при сповільненні

Для визначення характеристики витрати палива при сповільненні використовувалися отримані експериментально: час вибігу в заданому діапазоні зміни швидкості та годинна витрата палива на холостому ході. Отримані дані наведено в таблиці 4.23.

Таблиця 4.23 – Значення часу вибігу в заданому діапазоні зміни швидкості та величина годинної витрати палива на холостому ході

(V_2-V_1) , км/год	60-0	90-40
t_B , с	111,1	92,5
Q , л/год	1,1	

Розхід палива при сповільненні розраховувався за формулами (3.15) - (3.20). Результати обчислення довжини досліджуваної ділянки, ділянки сталого руху, гальмівного шляху та витрати палива при сповільненні із 60 км/год до зупинки наведено в табл. 4.24.

В табл. 4.25 наведено результати обчислень витрати палива при сповільненні з 90 до 40 км/год.

Таблиця 4.24 – Значення довжини досліджуваної ділянки, ділянки сталого руху, гальмування та витрати палива для різних значень середнього сповільнення при зниженні швидкості з 60 км/год до нуля

$j, \text{ м/с}^2$	$S_{\text{дос}}, \text{ м}$	$S_{\text{стал}}, \text{ м}$	$S_{\text{гал}}, \text{ м}$	$q, \text{ л/100 км}$
0,15	925,9	-	-	2,67
0,5		648,2	277,8	3,00
1		787,0	138,9	3,55
2		856,5	69,4	4,16
3		879,6	46,3	4,50

Таблиця 4.25 – Значення довжини випробувальної ділянки, ділянки сталого руху, гальмування та витрати палива для різних значень середнього сповільнення при зниженні швидкості з 90 до 40 км/год

$j, \text{ м/с}^2$	$S_{\text{дос}}, \text{ м}$	$S_{\text{стал}}, \text{ м}$	$S_{\text{гал}}, \text{ м}$	$q, \text{ л/100 км}$
0,15	1663	-	-	1,22
0,5		1663,0	500,0	3,00
1		1413,0	250,0	4,00
2		1506,7	156,2	5,43
3		1558,8	104,1	6,80

4.2 Апробація економічної моделі керування автомобілем при проведення експлуатаційних випробувань

Експериментальні дослідження було проведено на автомобілі Bogdan – 2111. Технічні характеристики наведено у таблиці 4.26.

Таблиця 4.26 – Технічні характеристики автомобіля Bogdan – 2111

Кузов	
Тип кузова	Універсал
Кількість дверей	5
Кількість місць	5
Довжина, мм	4250
Ширина, мм	1670
Висота, мм	1500
Кліренс, мм	160
Об'єм багажника, л	235
Двигун	
Розташування двигуна	Спереду, поперечно
Об'єм двигуна, см ³	1596
Потужність, кВт	65
при оборотах за хвилину	5200
Крутний момент	127/4200
Система живлення	Бензин
Трансмісія	
Привід	Передній
Кількість передач (мех)	5
Кількість передач (авт.)	-

Продовження таблиці 4.26

Рульове керування	
Підсилювач	-
Діаметр розвороту, м	
Гальмівна система	
Передні гальма	Дискові
Задні гальма	Барабанні
Експлуатаційні показники	
Об'єм паливного бака, л	50
Розгін до 100 км/год, з	12,5
Максимальна швидкість, км/год	165
Витрата палива на шосе, л	6,5
Витрата палива у місті, л	8,6
Змішана витрата палива, л	8,3
Споряджена маса, кг	1080
Повна маса, кг	1555
Розмір шин	175/70 R13

На основі проведеного дослідження були розроблені рекомендації щодо управління автомобілем Bogdan – 2111, що включають рекомендовану модель поведінки водія в дорожньому русі, економічний алгоритм регулювання швидкості та рекомендації щодо управління автомобілем при виникненні нестандартних ситуацій.

Для вимірювання показників якості управління автомобілем, як носій програми обробки, використовувався нетбук, який отримував інформацію від штатних датчиків автомобіля (швидкості та витрати палива) по системі Bluetooth. Перелік вимірюваних показників наведено в таблиці 4.27.

Таблиця 4.27 – Перелік показників якості управління автомобілем

№ п/п	Вимірювані параметри	Позначення	Одиниця вимірювання	Діапазон вимірювання	Дискретність
1	Середня швидкість у поїздки	V_c	км/год	0...150	0,1
2	Витрата палива у поїздки	g	л/100 км	0...50	0,1
3	Максимальна швидкість у поїздки	V_{max}	км/год	0...200	0,1
4	Шум прискорення у поїздки	σ_j	м/с ²	0...5	0,01
5	Коефіцієнт часу руху у поїздки	k_t		0...1	0,01
6	Пробіг від початку поїздки	S	км	0...1000	1
7	Тривалість поїздки	T_n	год: хв: с	0...1 год	0,1 с

Випробування проводилися на постійному маршруті. На першому етапі фіксувалися показники якості управління автомобілем, коли водій використовував модель поведінки та алгоритм регулювання швидкості, які він інтуїтивно сформував за час свого водійського досвіду. Після завершення поїздки разом з водієм аналізувалися отримані результати, і водій отримував інформацію

про розроблену рекомендовану модель поведінки водія в дорожньому русі та економічний алгоритм регулювання швидкості автомобіля.

Заїзди проводилися за маршрутом завдовжки 77 км, з яких 22 км проходили містом, а 55 км – шосе. В експерименті взяли участь 10 водіїв. Під час експерименту з'ясувалося, що 5 водіїв використовують модель поведінки гонщика, а інші 5 – перевізника. Модель поведінки водія в дорожньому русі та алгоритм регулювання швидкості автомобіля до і після навчання водіїв наведено в таблиці 4.28.

Таблиця 4.28 – Модель поведінки та алгоритм регулювання швидкості водіїв до і після навчання

№ водія	Модель поведінки		Алгоритм регулювання швидкості	
	Інтуїтивно склалася (до навчання)	Після навчання	Інтуїтивно - склалася	Після навчання
1	Гонщик	Перевізник	Швидкісний	Економічний
2	Гонщик	Перевізник	Швидкісний	Економічний
3	Гонщик	Перевізник	Швидкісний	Економічний
4	Гонщик	Перевізник	Швидкісний	Економічний
5	Гонщик	Перевізник	Швидкісний	Економічний
6	Перевізник	Перевізник	Не швидкісний	Економічний
7	Перевізник	Перевізник	Не швидкісний	Економічний
8	Перевізник	Перевізник	Не швидкісний	Економічний
9	Перевізник	Перевізник	Не швидкісний	Економічний
10	Перевізник	Перевізник	Не швидкісний	Економічний

Результати порівняння показників якості управління автомобілем на 1-му та 2-му етапах випробувань показано на рисунках 4.3 ... 4.6.

На рисунку 4.3 показано залежність зміни витрати палива q від середньої швидкості V_c на 1-му та 2-му етапах випробувань.

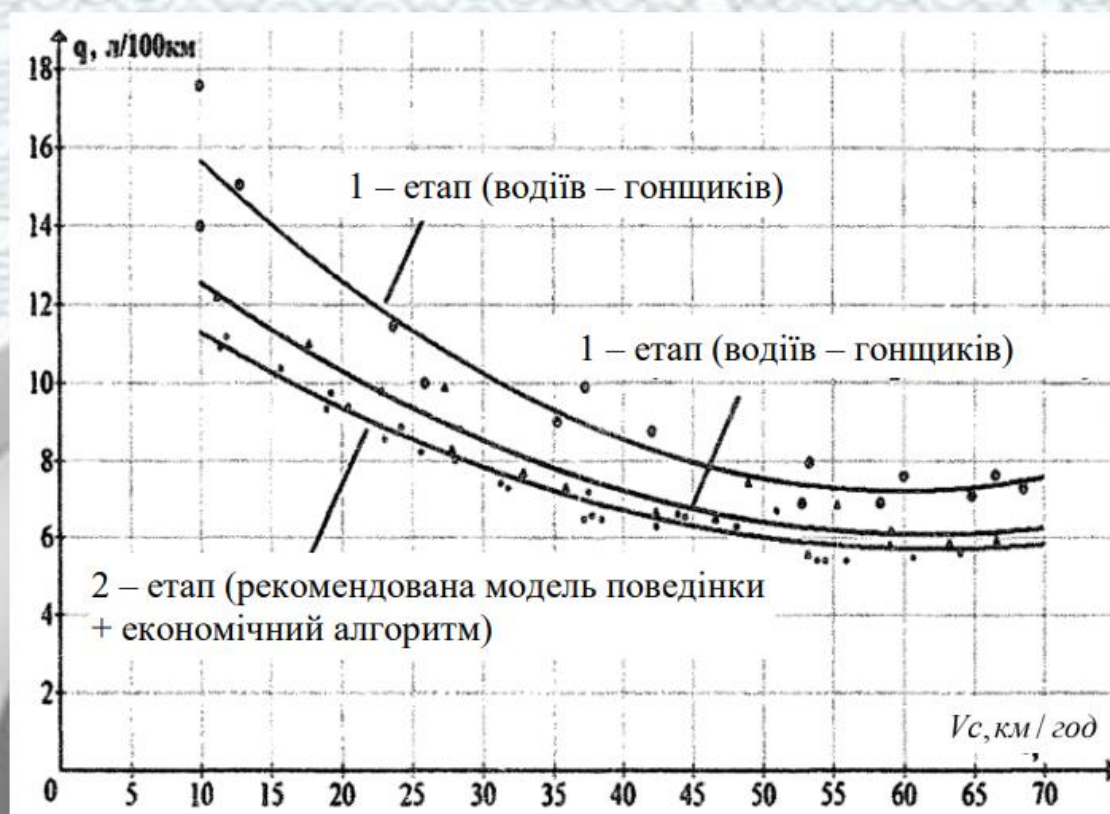


Рисунок 4.3 – Залежність витрати пального q від середньої швидкості V_c

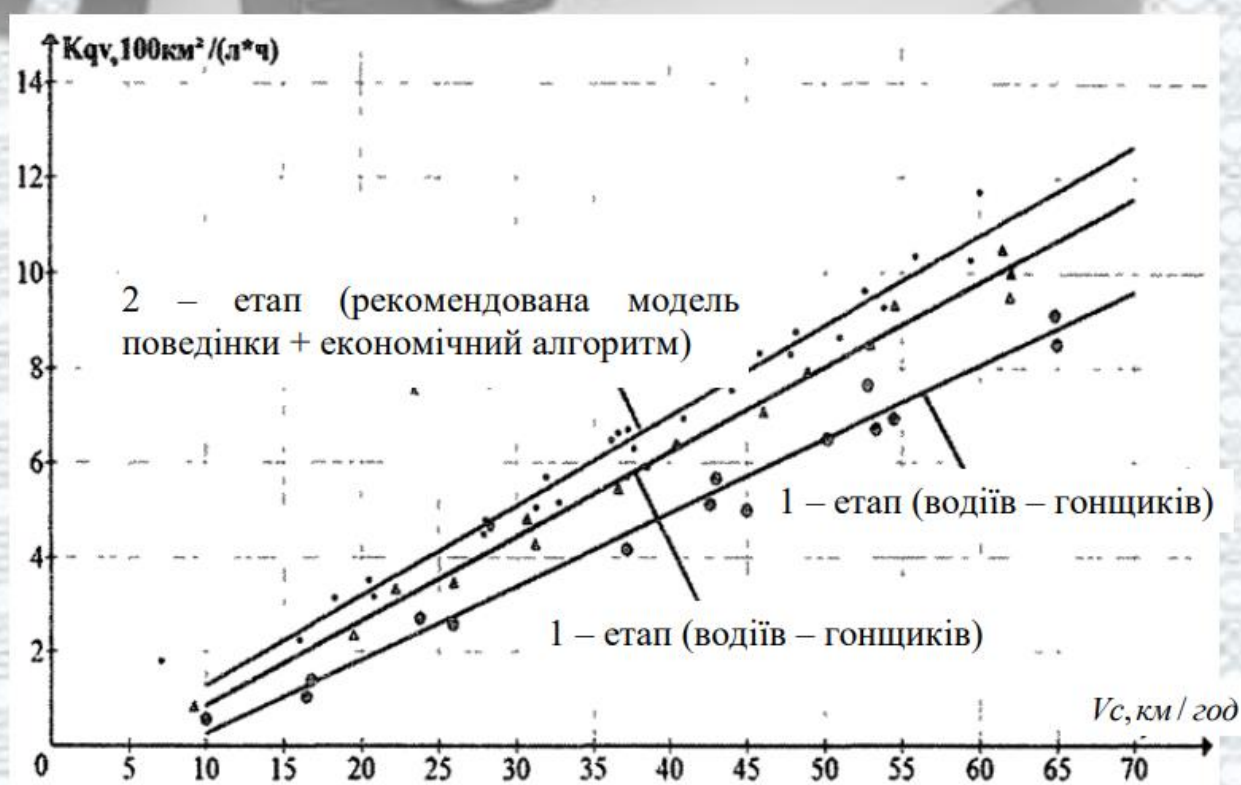


Рисунок 4.4 – Залежність коефіцієнта ефективності використання палива K_{qv} від середньої швидкості V_c

З наведеного графіка випливає, що при переході до рекомендованої моделі поведінки плюс економічний алгоритм, при зміні середньої швидкості в діапазоні від 10 км/год до 70 км/год, витрата палива зменшується на 17% – 27% порівняно з водіями-гонщиками, і на 4% – 9% порівняно з водіями-перевізниками.

На рисунку 4.4 показана залежність зміни коефіцієнта ефективності використання палива K_{qv} від середньої швидкості V_c на 1-му та 2-му етапах випробування.

Аналіз наведеного графіка демонструє, що коефіцієнт ефективності використання палива збільшується пропорційно зростанню швидкості. Застосування рекомендованої моделі поведінки водія разом з економічним алгоритмом дозволяє підвищити коефіцієнт ефективності використання палива порівняно з водіями-гонщиками: на 60% при швидкості 10 км/год і на 25% при швидкості 70 км/год. Для водіїв-перевізників це підвищення становить відповідно 31% і 11% при тих самих швидкостях.

На рисунку 4.5 показано залежність шуму прискорення σ від середньої швидкості V_c на 1-му та 2-му етапах випробування.

З наведеного графіка видно, що середнє значення шуму прискорення на другому етапі, порівняно з першим, знизилося на 31,5% для водіїв-гонщиків та на 15% для водіїв-перевізників. Зменшення шуму прискорення свідчить про те, що застосування рекомендованої моделі поведінки та економічного алгоритму регулювання швидкості підвищує безпеку дорожнього руху.

На рисунку 4.6 показано перевищення максимальної швидкості над середньою швидкістю $V_{max} - V_c$ в залежності від величини середньої швидкості V_c на 1-му та 2-му етапах випробування.

З наведеного графіка видно, що різниця між максимальною та середньою швидкістю становила від 18 км/год до 35 км/год для водіїв-гонщиків та від 6 км/год до 7 км/год для водіїв-перевізників. Зменшення цієї різниці при переході від моделі поведінки гонщика до рекомендованої моделі підвищує безпеку керування автомобілем.

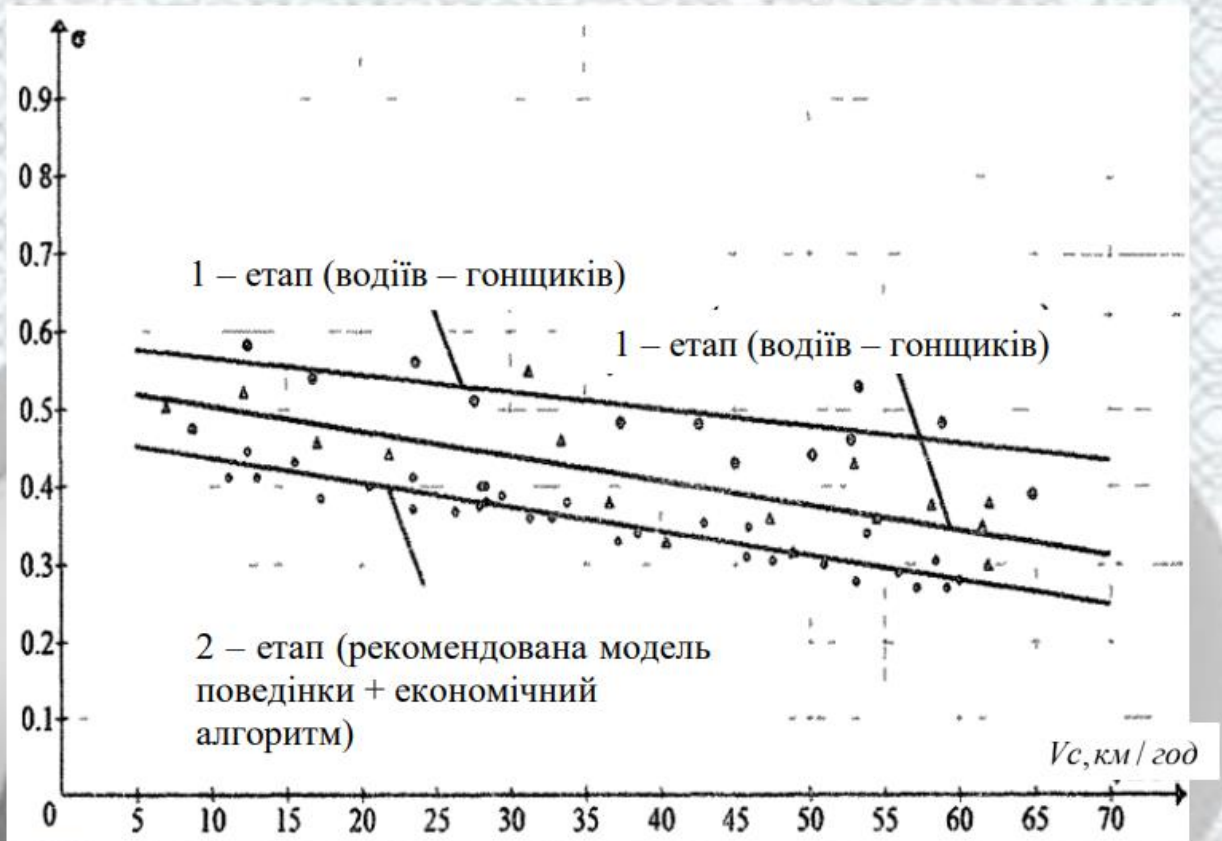


Рисунок 4.5 – Залежність шуму прискорення σ від середньої швидкості V_c

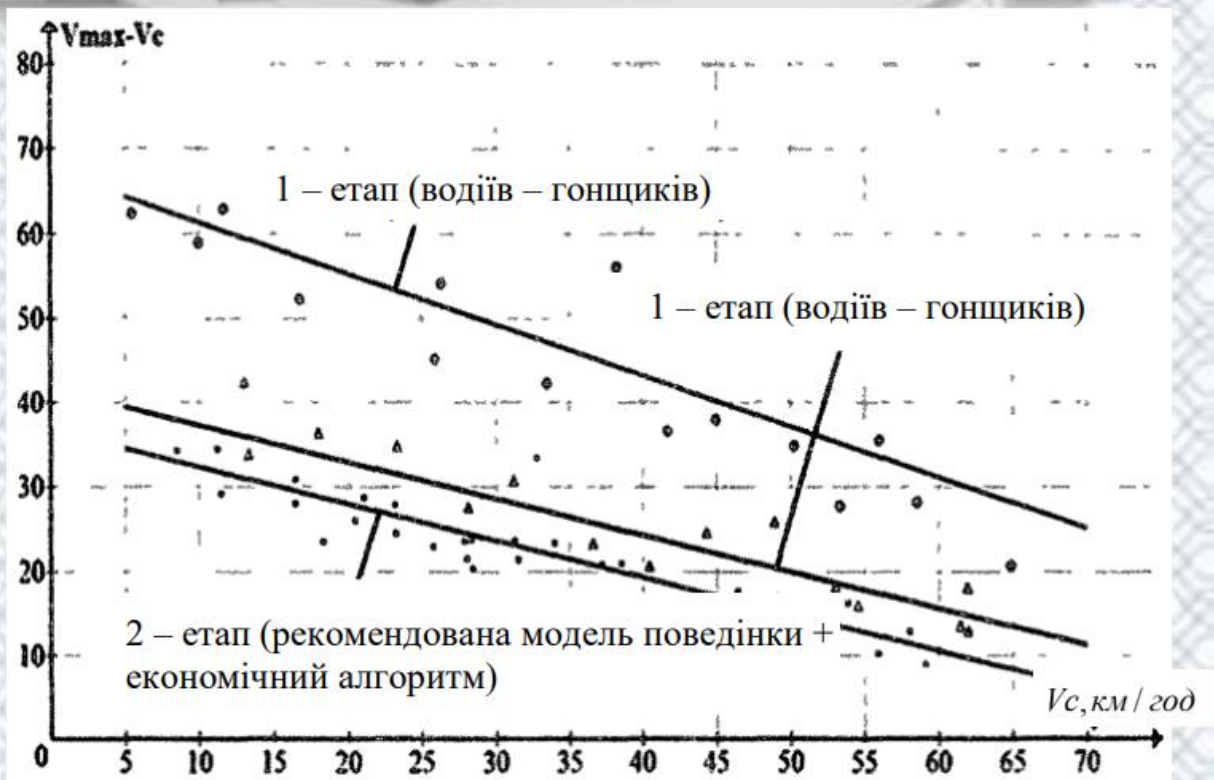


Рисунок 4.6 – Перевищення максимальної швидкості над середньою швидкістю $V_{\max} - V_c$ в залежності від величини середньої швидкості V_c

В результаті проведених експлуатаційних випробувань підтверджено обґрунтованість розроблених рекомендацій щодо економічного керування легковим автомобілем. Питання оцінки величини підвищення безпеки в даній роботі не розглядалося. Основні принципи економічного керування автомобілем можуть бути застосовані і до інших типів транспортних засобів.

Висновки до розділу 4

1. В результаті проведення розрахунково-експериментального дослідження визначено економічний алгоритм регулювання швидкості легкового автомобіля.

2. Рекомендована частота обертання колінчастого валу в момент перемикання передач дорівнює:

- при розгоні до швидкості 60 км/год – 1500 об/хв;
- при розгоні до швидкості вище 60 км/год – 2500 об/хв.

3. Залежно від швидкості слід включати такі передачі:

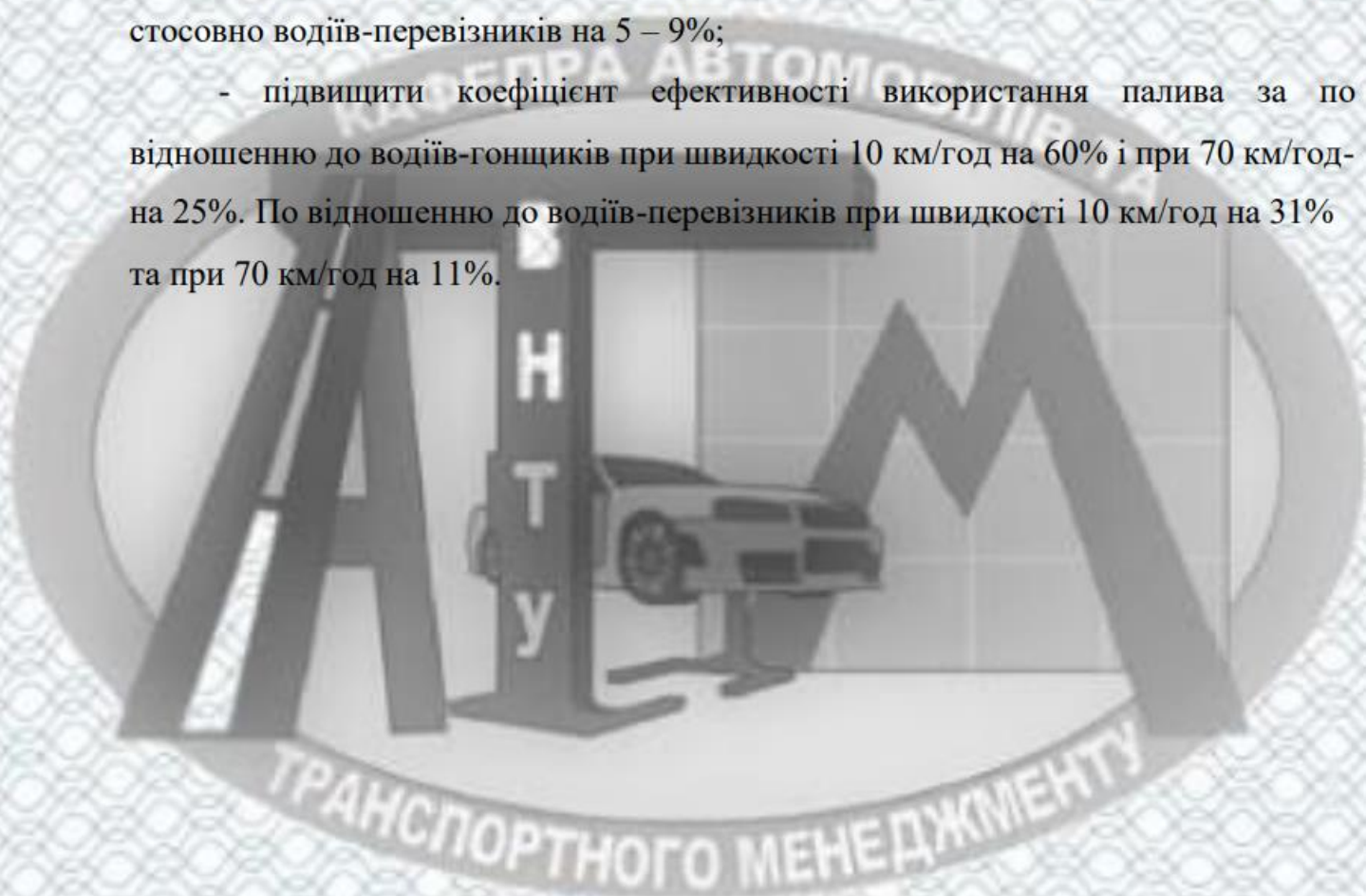
- 1 – ша передача – до 10 км/год;
- 2 – га передача – 10 ... 20 км/год;
- 3 – тя передача – 20 ... 30 км/год;
- 4 – та передача – 30 ... 45 км/год;
- 5 – та передача – понад 45 км/год;

4. Підтверджено, що застосування накату забезпечує мінімальні витрати палива при сповільненні. Тому всі планові сповільнення слід починати з руху накатом з подальшим переходом до гальмування двигуном і комбінованого гальмування.

5. Визначено економічний алгоритм регулювання швидкості легкового автомобіля Bogdan – 2111 та виконана експериментальна перевірка ефективності застосування розробленої моделі керування автомобілем в порівняно з моделями управління, що інтуїтивно склалися у водіїв.

Застосування розробленої моделі керування автомобілем дозволило:

- при зміні середньої швидкості в діапазоні від 10 км/год до 70 км/год зменшити витрату палива по відношенню до водіїв-гонщиків на 17 – 25%, та стосовно водіїв-перевізників на 5 – 9%;
- підвищити коефіцієнт ефективності використання палива за по відношенню до водіїв-гонщиків при швидкості 10 км/год на 60% і при 70 км/год-на 25%. По відношенню до водіїв-перевізників при швидкості 10 км/год на 31% та при 70 км/год на 11%.



ВИСНОВКИ

1. Завдяки розробленим експериментально – розрахунковим методам та математичним моделям з'явилася можливість вирішити важливе науково-практичне завдання зменшення експлуатаційної витрати палива шляхом підвищення якості управління автомобілем.

2. Проведено аналіз впливу рекомендованої моделі поведінки водія на економічність та безпеку керування автомобілем. На основі проведеного аналізу розроблено та теоретично обгрунтовано рекомендовану модель поведінки водія в дорожньому русі.

3. Виконано та уточнено теоретичне обгрунтування економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля.

4. На основі проведеного аналізу розроблено методику експериментально-розрахункового визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля при розгоні, усталеному русі та сповільненні.

5. Визначено економічний алгоритм регулювання швидкості легкового автомобіля Bogdan – 2111 та виконано експериментальну перевірку ефективності застосування розробленої моделі управління автомобілем у порівнянні з інтуїтивно складеними у водіїв моделями управління.

Застосування розробленої економічної моделі управління автомобілем дозволило:

- при зміні середньої швидкості в діапазоні від 10 км/год до 70 км/год зменшити витрату палива по відношенню до водіїв – гонщиків на 17-27%, а по відношенню до водіїв – перевізників на 4-9%;

- підвищити коефіцієнт ефективності використання палива по відношенню до водіїв-гонщиків при швидкості 10 км/год на 60% і при 70 км/год – на 25%. По відношенню до водіїв – перевізників при швидкості 10 км/год на 31% і при 70 км/год на 11%;

- підвищити безпеку керування автомобілем за рахунок зниження показників шуму прискорення та перевищення максимальної швидкості над

середньою швидкістю.

6. Розроблено рекомендації щодо керування автомобілем Bogdan-2110, які включають:

- модель поведінки водія в дорожньому русі;
- економічний алгоритм регулювання швидкості автомобіля;
- алгоритм дій водія в нестандартних ситуаціях.

7. Розроблено наближений метод визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля на основі даних, наведених у технічній характеристиці автомобіля.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автомобілі. Теорія експлуатаційних властивостей : навчальний посібник / В. В. Біліченко, О. Л. Добровольський, В. О. Огневий, Є. В. Смирнов – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 163 с.
2. Андрусенко С.І., Бугайчук О.С. Моделювання бізнес-процесів підприємства автосервісу: монографія. – К.: Кафедра, 2014. – 328 с.
3. Бідняк, М. Н., Біліченко, В. В. Виробничі системи на транспорті: теорія і практика: монографія. Вінниця, 2006. — 176 с.
4. Біліченко В.В. Виробничо-технічна база підприємств автомобільного транспорту: навч. посібник / В.В. Біліченко, В.Л. Крещенецький, С.О. Романюк, Є.В. Смирнов. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 182 с.
5. Біліченко В. В. Стратегії технічного розвитку автотранспортних підприємств [Електронний ресурс] : монографія / В. В. Біліченко, Є. В. Смирнов. – Електронні текстові дані (1 файл (PDF) : 7,57 Мбайт). – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 144 с. – Режим доступу: <https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/534>. (6,5/3,3 авт. арк.).
6. Волков, В. П. Теорія руху автомобіля: підручник / В. П. Волков, Г. Б. Вільський. — Суми : Університетська книга, 2015. — 320 с.
7. Вовк Ю.Я., Вовк І.П. Основи теорії транспортних процесів і систем. Навчальний посібник (курс лекцій). – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 104 с.
8. Виробничі системи на транспорті: навч. посібник / За ред. І.П.Курнікова. – К.: ІЗМН, 1999. – 181 с.
9. Вітлінський В.В. Економіко-математичні методи та моделі: оптимізація : навч. посібник [Електронний ресурс] / Вітлінський В. В., Терещенко Т. О., Савіна С. С. — К. : КНЕУ, 2016. — 303 с.
10. Дипломне проектування виробничих підрозділів підприємств автомобільного транспорту. : навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, О. В. Рудь, Л. В. Кукурудзяк – Вінниця : 2010. – 336 с.

11. Дмитрієв І.А. Економіка підприємств автомобільного транспорту: навчальний посібник для самостійної роботи та поточного контролю знань студентів закладів вищої освіти / І.А. Дмитрієв, О.С. Іванілов, І.Ю. Шевченко., І.М. Кирчата – Х.: ФОП Бровін О.В., 2018. – 308 с.
12. ДСТУ 4100:2014. Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. Чинний від 2014-12-29. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 106 с.
13. Інжиніринг систем автосервісу: підручник / О.Д. Марков, В.П. Матейчик, В.П. Волков. Харків: ХНАДУ, 2021 – 508 с.
14. Канарчук В. Є. , Полянський С. К., Дмитрієв М. М. Надійність машин: підручник / — Київ: Либідь, 2003. — 424 с.
15. Кашканов, А. А. Безпека дорожнього руху : навчальний посібник / А. А. Кашканов, О. Г. Грисюк, І. І. Гуменюк. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 90 с.
16. Кожушаний М.В., Митко М. В. Аналіз та обґрунтування рекомендованої моделі поведінки водія при керуванні автомобілем під час дорожнього руху. Матеріали Міжнародна науково-практична інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)». Вінниця, ВНТУ. 2024 URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2025/paper/view/22834>.
17. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: підручник. – К.: Знання-Прес, 2003. – 511 с.
18. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: підручник. – К.: Вища шк., 2007. – 527 с.
19. Митко М. В. Підвищення ефективності роботи автотранспортних підприємств удосконаленням структури виробничих підрозділів: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Митко Микола Васильович. – К., 2019. – 20 с.
20. Митко М. В. Підвищення ефективності роботи автотранспортних підприємств удосконаленням структури виробничих підрозділів: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Митко Микола Васильович. – К., 2019. – 251 с.

21. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів : навчальний посібник / Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 118 с.
22. Парасюк В. М., Демків Р. Я., Когут В. М. Безпека дорожнього руху : навчальний посібник. Львів: Львівський державний університет внутрішніх справ, 2022. – 340 с.
23. Познаховський В. А. Транспортна статистика : навч. посіб. / В. А. Познаховський, О. Г. Кірічок. – Рівне : НУВГП, 2016. – 196 с.
24. Про дорожній рух : Закон України від 30 червня 1993 р. № 3353-ХІІ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3353-12/ed20040316#Text> (дата звернення: 12.10.2023).
25. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с.
26. Савін Ю.Х. Методика визначення доцільності створення виробничих підрозділів з обслуговування та ремонту транспортних засобів / Ю.Х. Савін, М.В. Митко // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – № 2 (6). – С. 130-138.
27. Технологічне проектування підприємств автосервісу: навч. посібник / За ред. І.П.Курнікова. – К.: Видавництво «Іван Федоров», 2003. – 262 с.
28. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: навч. посібник / За ред. С.І.Андрусенка. – К.: Каравела, 2009. – 368 с.
29. Форнальчик Є.Ю., Качмар Р.Я., Основи технічного сервісу транспортних засобів. Львів: Львівська політехніка, 2017. – 324 с.
30. Щурик М.В., Ключенко А.В. Статистика: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. усіх рівнів акредит. – 3-тє вид., оновлене і доповнене/ М.В. Щурик, А.В. Ключенко. – Івано-Франківськ: НАІР, 2016. – 274 с.
31. youcontrol.com.ua Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: https://youcontrol.com.ua/catalog/fop_details/71730682/ (дата звернення 02.10.2024).

32. www.volvocars.com/uk-ua/ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <http://www.volvocars.com/ua/campaigns/misc/drive-campaign/pages/drive-campaign.aspx> (дат. звернен. 10.10.2024).
33. eauto.org.ua/news/ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://eauto.org.ua/news/422-rinok-novih-avto-trimayetsya-torgi-zmenshilisya-vsogo-na-0-7-pidsumki-listopada> (дата звернення 12.10.2024).
34. eauto.org.ua/news/ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://eauto.org.ua/news/440-ukrajinskiy-avtorinok-prognoz-na-2024-rik-vid-institutu-doslidzhen-avtorinku> (дата звернення 12.10.2024).
35. [www.nissan-global.com](https://www.nissan-global.com/EN/SUSTAINABILITY/ENVIRONMENT/GREENPROGRAM_2010/) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: https://www.nissan-global.com/EN/SUSTAINABILITY/ENVIRONMENT/GREENPROGRAM_2010/ (дата звернення 10.10.2024).
36. [https://yume-honda.com.ua](https://yume-honda.com.ua/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA34S7BhAtEiwACZzv4WKzetBoaaLZaf61P_E4CMFM8-sS1qs-fyDTWoxANthpTksL9ImZERoCiBEQAvD_BwE) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: https://yume-honda.com.ua/?gad_source=1&gclid=CjwKCAiA34S7BhAtEiwACZzv4WKzetBoaaLZaf61P_E4CMFM8-sS1qs-fyDTWoxANthpTksL9ImZERoCiBEQAvD_BwE (дата звернення 10.10.2024).
37. <https://www.iea.org/> [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://www.iea.org/> (дата звернення 12.10.2024).
38. <https://lite.telegraf.com.ua> [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://lite.telegraf.com.ua/ukr/lite/2024-01-04/5826236-yak-zmenshiti-vitrati-na-palivo-layfkhak-vid-ekspertiv> (дата звернення 14.10.2024).
39. [vmr.gov.ua](https://2021.vmr.gov.ua/ContentLibrary/C%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%96%D1%8F%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D1%83.pdf) [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://2021.vmr.gov.ua/ContentLibrary/C%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%96%D1%8F%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D1%83.pdf>.
40. lite.telegraf.com.ua/ukr/lite [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – URL: <https://lite.telegraf.com.ua/ukr/lite/2024-01-04/5826236-yak-zmenshiti-vitrati-na-palivo-layfkhak-vid-ekspertiv> (дата звернення 14.10.2024).

Додаток А

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

до магістерської кваліфікаційної роботи
зі спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт»

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ТА ЕКОНОМІЧНИХ
ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛІВ ФІЗИЧНОЇ ОСОБИ – ПІДПРИЄМЦЯ
«ЗАЯЦЬ ЄВГЕН ВІКТОРОВИЧ» СЕЛИЩЕ СТРИЖАВКА
ВІННИЦЬКОГО РАЙОНУ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ

Розробив студент гр. ІАТ-23м

Керівник роботи: к.т.н., доцент

Кожушаний М.В.

Митко М.В.

Мета дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження для зменшення експлуатаційної витрати палива автомобілем внаслідок дотримання водієм певних правил поведінки в дорожньому русі та застосування економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля.

Завдання дослідження:

Для реалізації поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

1. Теоретичне обґрунтування рекомендованої моделі поведінки водія в дорожньому русі та економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля.
2. Розробити формалізований опис рекомендованої моделі поведінки водія та макет опису економічного алгоритму регулювання швидкості.
3. Розробка експериментально-розрахункової методики економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля.
4. Визначення економічного алгоритму регулювання швидкості легкового автомобіля та експериментальна перевірка ефективності розроблених методів економічного управління.
5. Розробка рекомендацій для водіїв щодо економічного управління легковим автомобілем.

Об'єкт дослідження – є система «водій – автомобіль», яка включає взаємодію водія, транспортного засобу та зовнішнього середовища. Ця система охоплює психофізіологічні характеристики водія, технічні особливості автомобіля, їхній зворотний зв'язок, а також вплив дорожніх і погодних умов. Метою аналізу є забезпечення безпеки, ефективності та надійності цієї взаємодії.

Предмет дослідження – це проведення дослідження на основі наукових праць вітчизняних та зарубіжних фахівців, які досліджували проблеми високих витрат палива автомобілем, формування стратегії та методи економічного водіння.

Загальний вигляд виробничо-технічної бази та огороженої території для стоянки автомобілів станції технічного обслуговування автосервісу ФОП «Заяць Є. В.»



Рисунок А.1 – Загальний вигляд заїзду воріт приміщення виробничих постів зони ТО та ПР для легкових автомобілів та комерційних автомобілів малої вантажопідйомності автомобілів СТО ФОП «Заяць Є. В.»

Програма навчання водіїв економному водінню існує в Швеції, а також на таких фірмах, як Volvo, Nissan, Toyota, Volkswagen, Honda.

Результати узагальнення рекомендацій щодо застосування економічного алгоритму регулювання швидкості наведені в таблицях А1. та А2. У них відображено 2 принципи підвищення якості керування автомобілем:

1. Реалізація економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля при розгоні, сталому русі та гальмуванні.
2. Проведення заходів, спрямованих на:
 - ✓ зменшення опору руху автомобіля;
 - ✓ зменшення механічних втрат у двигуні та трансмісії;
 - ✓ зменшення потужності, що споживається додатковим обладнанням.

Таблиця А.1 – Рекомендації щодо економічного регулювання швидкості легкового автомобіля

Дії водія	Автори рекомендацій
1	2
Пуск та зупинка двигуна	
Починати рух після запуску двигуна, не прогріваючи його на холостому ході	Австрія; Швеція.
Вимикати двигун відразу ж по прибутті до пункту призначення	Швеція; Nissan.
Техніка регулювання швидкості автомобіля	
Розгін	
Величина переміщення педалі газу акселератора	Volvo; Швеція.
Перемикання з першої передачі на другу якомога раніше	Volvo; Австрія; Volkswagen.
Частота обертання колінчастого валу в момент перемикання передач	Volvo: -при 2000 об/хв на автомобілях із дизельним двигуном; -при 3000 об/хв на автомобілях із бензиновим двигуном.
	Toyota: -при 2000 – 2500 об/хв на автомобілях із бензиновим двигуном.

Продовження таблиці А.1

1	2
Пропуск передач	Австрія; Швеція.
Установився рух	
По можливості рух з постійною швидкістю на самій високій передачі	Швеція; Австрія; Volvo; Honda; Volkswagen; Toyota.
Застосування регулятора швидкості	Volvo; Австрія.
Рух на спускові	
Гальмування двигуном	Швеція; Volkswagen.
Сповільнення	
Гальмування двигуном	Швеція;
	Volvo;
	- переходити на нижчі передачі при частоті обертання колінчастого валу із 1600 – 1200 об/хв.
	Volkswagen.

Одним з найважливіших факторів, що впливають на економічність керування, є техніка регулювання швидкості автомобіля.

Таблиця А.2 – Заходи зі зменшення опору руху автомобіля, внутрішніх втрат у двигуні та трансмісії, зниження споживаної двигуном потужності

Фактори, що впливають на опір руху	Автори рекомендацій
1	2
Знижений тиск у шинах	Австрія.
	Швеція: - підтримувати тиск на 10%-15% вище рекомендованого виробником.
	Honda: - перевіряти тиск у шинах не рідше 1 разу на місяць (зниження тиску на 25% підвищує опір коченню на 10%).
	Volkswagen: - зниження витрати палива до 15%».
	Toyota: - зниження витрати палива на 3% за підтримки тиску повітря в шинах відповідно до рекомендацій заводу – виробника.
Підвищена вага автомобіля	Honda: - збільшення ваги на 45 кг. Підвищує витрату палива на 1%.
	Volkswagen, Toyota: - не завантажувати автомобіль непотрібними речами.
Підвищений опір повітря	Австрія: - закривати вікна за швидкості руху понад 50 км / год.
	Швеція: - встановлювати багажник на даху тільки при необхідності (багажник на даху підвищує витрату палива на 10%).
	Toyota: - встановлювати багажник на даху лише за необхідності (багажник на даху підвищує витрату палива до 40%).
Підвищені внутрішні втрати у двигуні та трансмісії	Toyota: - своєчасна заміна олії знижує втрати в двигуні та трансмісії.
	Volkswagen: - застосування високоякісних мастил знижує витрату палива на 5%.
Втрати на привід додаткового обладнання	Volkswagen: - увімкнення електроприладів підвищує витрату палива.
	Toyota: - використання кондиціонера підвищує витрату палива на 25%.

Практично у всіх рекомендаціях частота обертання колінчастого валу в момент перемикання передач змінюється від 2000 об/хв (на автомобілях із низькооборотними двигунами) до 2500 об/хв на автомобілях із високооборотними двигунами. Крім того, рекомендується використовувати при розгоні не всі передачі.

При наявності двох показників ефективності керування автомобілем виникає необхідність у застосуванні комплексного показника, що дозволяє оцінити зміну ефективності керування при одночасному зміні середньої швидкості і витрати палива. Таким показником є відношення середньої швидкості руху V_c до витрати палива q :

$$K_{qv} = \frac{V_c}{q_s} \times 100 \text{ км}^2 / (\text{л} \times \text{год}) \quad (\text{A.1})$$

Величина коефіцієнта K_{qv} показує, яку швидкість забезпечує кожен літр палива, витрачений на 100 кілометрів шляху. Іншими словами, перевищення максимальної швидкості автомобіля над його середньою швидкістю не повинна бути більше рекомендованої величини, як показано на рис. А.3.

Узагальнюючи вищезазначене, можна зробити висновок про те, що для підвищення ефективності керування автомобілем водій повинен виконувати такі умови: середня швидкість руху V_c повинна бути рівною швидкості, яка близька до середньої швидкості транспортного потоку; перевищення максимальної швидкості V_{max} над середньою швидкістю руху не повинно бути більшим за необхідну величину; шум прискорення повинен бути мінімально можливим.

Модель поведінки водія, що підвищує ефективність керування автомобілем, одночасно підвищує безпеку керування.

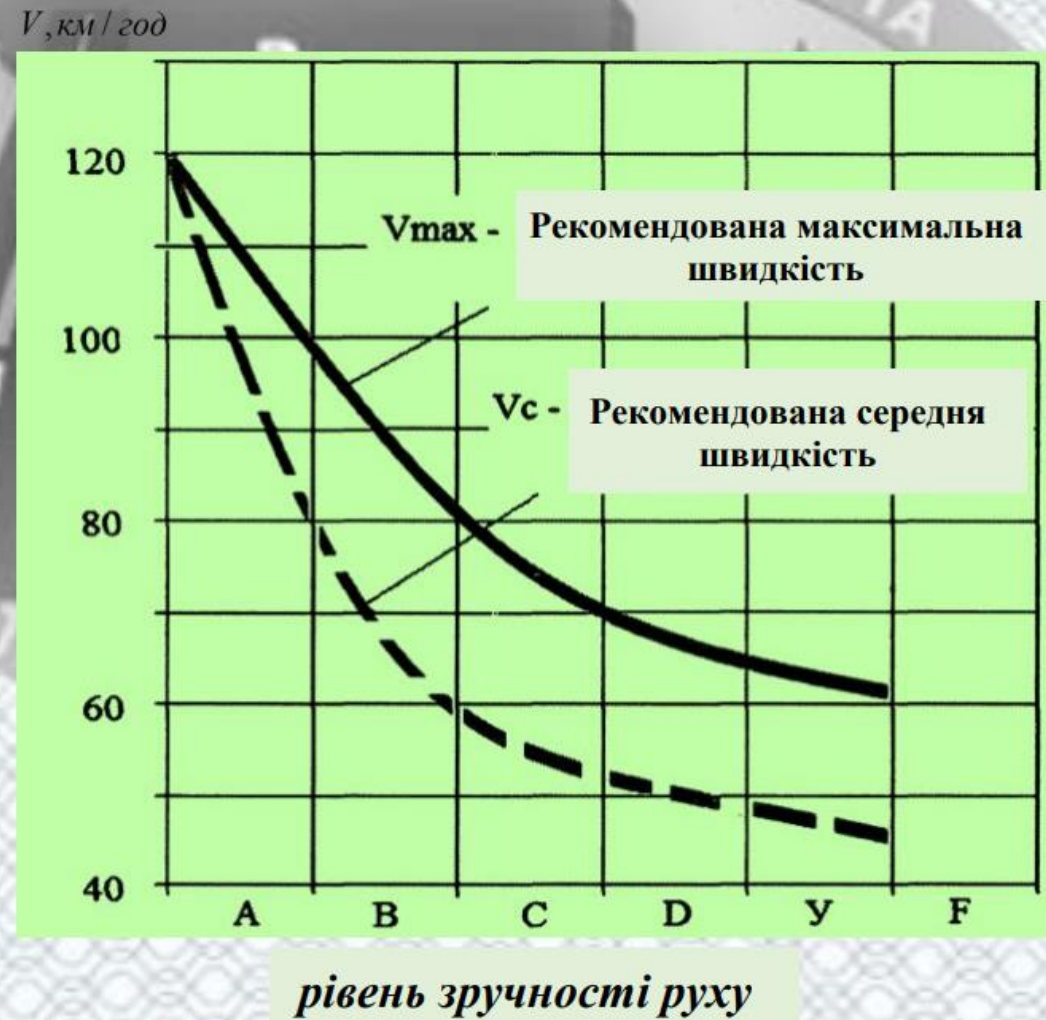


Рисунок А.2 – Рекомендоване змінення максимальної швидкості $V_{\max}$ при зменшенні середньої швидкості руху V_c залежно від зниження рівня комфорту руху в транспортному потоці.

Для проведення розрахунків перш за все необхідно визначити швидкість автомобіля на кожній передачі, що відповідає заданій частоті обертання колінчастого валу в момент перемикання передач. Розрахунок швидкості автомобіля V в залежності від частоти обертання колінчастого валу n проводиться за формулою:

$$V = 0,377 \times n r_k / i_i \times i_0 \text{ км/год}, \quad (\text{A.2})$$

де: V – задана швидкість автомобіля в момент перемикання на вищій передачі, км/год;

n – задана частота обертання колінчастого валу в момент перемикання на вищій передачі, об/хв;

r_k – радіус кочення колеса, м; i_i – передаточне число включеної передачі; i_0 – передаточне число головної передачі.

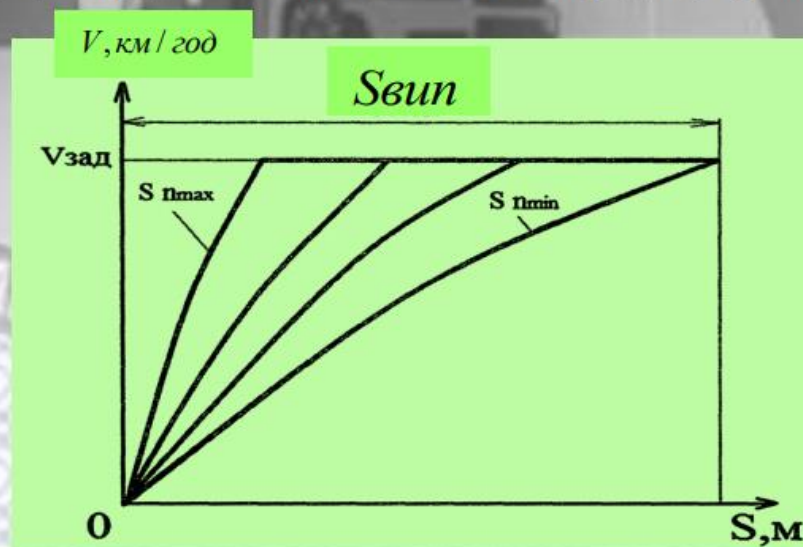


Рисунок А.4 – Схема зміни швидкості автомобіля V при проходженні випробувального відрізка S ;

Sn_{min} – відстань, що проходить автомобілем при найменшій частоті обертання колінчастого валу в момент перемикання передач;

Sn_{max} – відстань, що проходить автомобілем при максимальній частоті обертання колінчастого валу в момент перемикання передач.

Зміна витрати палива в залежності від пройденого шляху при розгоні описується лінійним рівнянням:

$$Q_i = k_{sQ} \times S_i \text{ см}^3, \quad (\text{A.3})$$

де Q_i – витрата палива при розгоні на i -й передачі, см^3 ;

k_{sQ} – відношення витрати палива до пройденого шляху, $\text{см}^3/\text{м}$;

S_i – шлях, пройдений в процесі розгону на i -й передачі, м.

Витрата палива при проходженні випробувальної ділянки визначається за формулою:

$$q = 100 \times \Sigma Q_j / S_{\text{досл}}, \text{ л/100 км}, \quad (\text{A.4})$$

де q – витрата палива на досліджуваній ділянці, л/100 км;

ΣQ_j – витрата палива на проходження випробувальної ділянки в j -му заїзді;

$S_{\text{досл}}$ – довжина випробувальної ділянки, м.

За результатами обчислень витрати палива в різних заїздах будується графік зміни витрати палива при розгоні до заданої швидкості в залежності від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикання передач.

Розробка методики приблизного визначення економічного алгоритму регулювання швидкості при розгоні

Визначення рекомендованої частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач в неусталених режимах руху

Результати випробувань легкових автомобілів Bogdan – 2111, DAEWOO Sens, результати випробувань автомобілів КРАЗ – 65055, отримані на випробувальному автополігоні в місті Києві, а також дані, наведені в керівництві з експлуатації автомобілів VOLVO FL7, FL10, були зведені в таблицю А.3. Використовуючи отримані дані, була побудована залежність рекомендованої частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач при розгоні від номінальної частоти обертання колінчастого валу, наведена на рис. А.5.

Таблиця А.3 – Залежність рекомендованої частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач при розгоні від номінальної частоти обертання колінчастого валу

№ п/п	Марка автомобіля	Номінальна частота обертання колінчастого валу ($n_{ном}$)	Рекомендована частота обертання колінчастого валу ($n_{онт}$)
1	КРАЗ – 65055	2100	1600
2	Volvo – FL7	2600	1900
3	Volvo – FL10	3200	1800
4	DAEWOO Sens	5600	2500
5	Bogdan – 2111	5200	2500

Як видно з графіка, представленого на рис. А.5, залежність рекомендованої частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач від номінальної добре апроксимується лінійним рівнянням:

$$n_{онт} = 0,234 \times n_{ном} + 1150 \text{ об/хв} \quad (\text{A.5})$$

Використовуючи отриману формулу, можна приблизно визначити рекомендовану частоту обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач при розгоні.

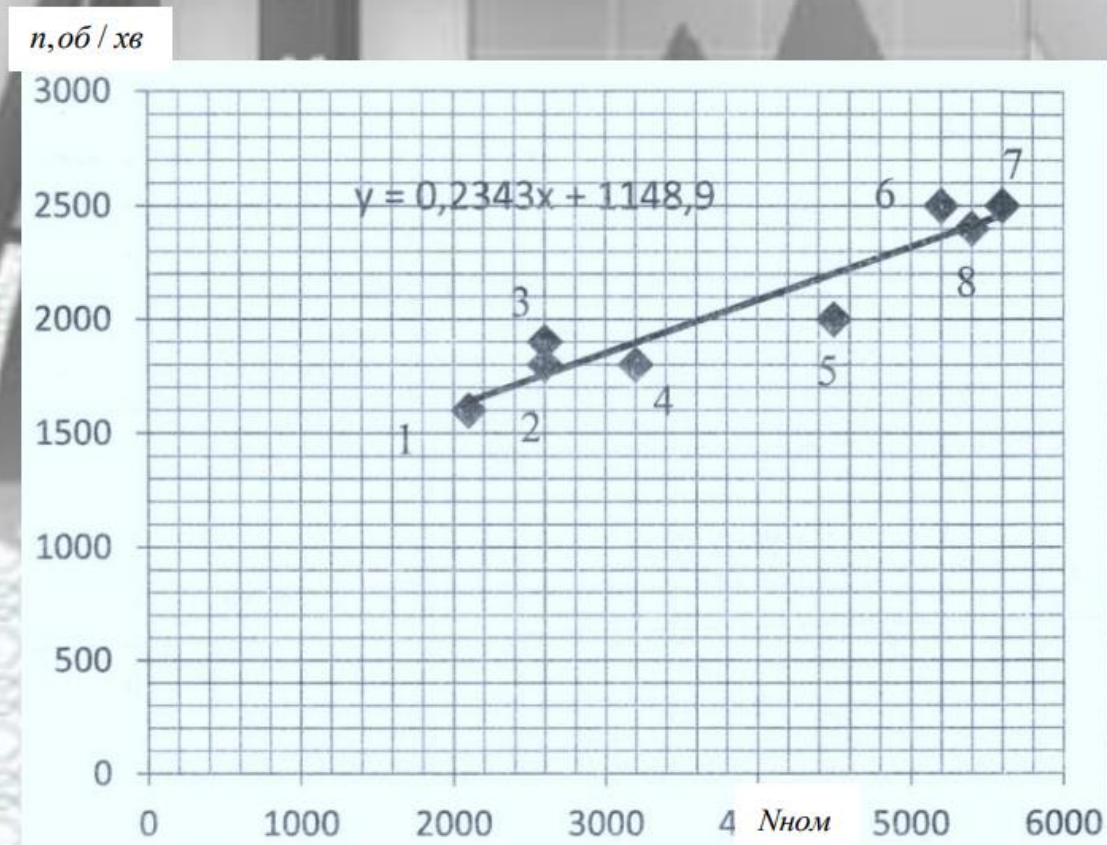


Рисунок А.5 – Приблизна залежність рекомендованої частоти обертання колінчастого валу $n_{об/хв}$ в момент перемикавання передач при розгоні від номінальної частоти обертання колінчастого валу $n_{ном}$

Розрахунково – експериментальне визначення економічного алгоритму регулювання швидкості легкового автомобіля

Лабораторно-дорожні випробування проводилися на автомобілі Bogdan-2111 із робочим об'ємом двигуна 1600 см³, на випробувальному автополігоні із масою, що відповідає навантаженню у вигляді водія та пасажирів. Для вимірювання швидкості та пройденого шляху використовувався прилад «п'яте колесо». Витрату палива вимірювали за допомогою поршневого витратоміра.

На кожній передачі здійснювався розгін. На 1-й передачі – з місця, на всіх наступних передачах – з мінімально-стійкої до максимальної швидкості на кожній передачі.

Під час проведення заїздів були визначені такі залежності та показники, необхідні для виконання розрахунків з визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля:

- залежність швидкості від часу розгону на всіх передачах;
- залежність витрати палива від пройденого шляху при розгоні на всіх передачах;
- паливно-швидкісна характеристика при сталому русі на всіх передачах;
- мінімальні стійкі значення швидкості при сталому русі на всіх передачах;
- годинна витрата палива при роботі двигуна на холостому ходу;
- час вибігу в наступних діапазонах швидкостей: 60...0 і 90...40 км/год.

Відповідно до методики обробки експериментальних даних, наведеної в розділі 3, було отримано:

- залежність витрати палива при розгоні від частоти обертання колінчастого валу в момент перемикавання передач;
- залежність мінімальної витрати палива від швидкості сталого руху автомобіля;
- залежність ефективності перетворення палива в швидкість від величини швидкості сталого руху;
- залежність витрати палива від величини гальмування.

Значення мінімально стійкої частоти обертання колінчастого валу обчислювалося на основі даних про визначення мінімальної стійкої швидкості на передачах за рівнянням (А.2). Результати визначення значень мінімальної стійкої швидкості при сталому русі на передачах та відповідні їм частоти обертання колінчастого валу наведено в таблиці А.4.

Таблиця А.4 – Значення мінімальної стійкої швидкості $V_{\min}$ та частоти обертання колінчастого валу $n_{\min}$ при сталому русі на передачах

№ передачі	1	2	3	4	5
$V_{\min}$, км/год	5	10	20	30	40
$n_{\min}$, об/хв	684	735	1100	1111	1200

Для визначення рекомендованої частоти обертання колінчастого валу в момент перемикання передач при розгоні були обрані такі значення швидкості, що відповідають початку та завершенню розгону:

4. Швидкість розгону з місця до дозволеної швидкості руху в населеному пункті, що дорівнює 60 км/год;
5. Швидкість розгону з місця до дозволеної швидкості руху поза населеним пунктом, що дорівнює 90 км/год;
6. Розгін від 40 до 90 км/год, що імітує умови руху в транспортному потоці поза населеним пунктом.

Відповідно до методики, наведеної в розділі 3, були визначені значення швидкості в момент перемикання передач відповідно до обраних значень частот обертання колінчастого валу за рівнянням (А.2).

Визначення характеристики витрати палива при сповільненні

Для визначення характеристики витрати палива при сповільненні використовувалися отримані експериментально: час вибігу в заданому діапазоні зміни швидкості та годинна витрата палива на холостому ході. Отримані дані наведено в таблиці А.5.

Таблиця А.5 – Значення часу вибігу в заданому діапазоні зміни швидкості та величина годинної витрати палива на холостому ході

$(V_2 - V_1)$, км/год	60-0	90-40
t_B , с	111,1	92,5
Q , л/год	1,1	

Розхід палива при сповільненні розраховувався за формулами. Результати обчислення довжини досліджуваної ділянки, ділянки сталого руху, гальмівного шляху та витрати палива при сповільненні із 60 км/год до зупинки наведено в табл. А.6.

В табл. А.6 наведено результати обчислень витрати палива при сповільненні з 90 до 40 км/год.

Таблиця А.6 – Значення довжини досліджуваної ділянки, ділянки сталого руху, гальмування та витрати палива для різних значень середнього сповільнення при зниженні швидкості з 60 км/год до нуля

$j, \text{ м/с}^2$	$S_{\text{дос}}, \text{ м}$	$S_{\text{стал}}, \text{ м}$	$S_{\text{гал}}, \text{ м}$	$q, \text{ л/100 км}$
0,15	925,9	-	-	2,67
0,5		648,2	277,8	3,00
1		787,0	138,9	3,55
2		856,5	69,4	4,16
3		879,6	46,3	4,50

Апробація економічної моделі керування автомобілем при проведенні експлуатаційних випробувань

Експериментальні дослідження було проведено на автомобілі Bogdan – 2111. Технічні характеристики наведено у таблиці А.7.

Таблиця А.7 – Технічні характеристики автомобіля Bogdan – 2111

Кузов		Кількість передач (авт.)	-
Тип кузова	Привід		
Кількість дверей	Кількість передач (мех)	Рульове керування	
Кількість місць	Кількість передач (авт.)	Підсилювач	-
Довжина, мм	4250	Діаметр розвороту, м	
Ширина, мм	1670	Гальмівна система	
Висота, мм	1500	Передні гальма	Дискові
Кліренс, мм	160	Задні гальма	Барабанні
Об'єм багажника, л	235	Експлуатаційні показники	
Двигун		Об'єм паливного бака, л	50
Розташування двигуна	Спереду, поперечно	Розгін до 100 км/год, з	12,5
Об'єм двигуна, см ³	1596	Максимальна швидкість, км/год	165
Потужність, кВт	65	Витрата палива на шосе, л	6,5
при оборотах за хвилину	5200	Витрата палива у місті, л	8,6
Крутний момент	127/4200	Змішана витрата палива, л	8,3
Система живлення	Бензин	Споряджена маса, кг	1080
Трансмісія		Повна маса, кг	1555
Привід	Передній	Розмір шин	175/70 R13
Кількість передач (мех)	5		

На основі проведеного дослідження були розроблені рекомендації щодо управління автомобілем Bogdan – 2111, що включають рекомендовану модель поведінки водія в дорожньому русі, економічний алгоритм регулювання швидкості та рекомендації щодо управління автомобілем при виникненні нестандартних ситуацій.

Таблиця А.8 – Модель поведінки та алгоритм регулювання швидкості водіїв до і після навчання

№ водія	Модель поведінки		Алгоритм регулювання швидкості	
	Інтуїтивно – склалася (до навчання)	Після навчання	Інтуїтивно - склалася	Після навчання
1	Гонщик	Перевізник	Швидкісний	Економічний
2	Гонщик	Перевізник	Швидкісний	Економічний
3	Гонщик	Перевізник	Швидкісний	Економічний
4	Гонщик	Перевізник	Швидкісний	Економічний
5	Гонщик	Перевізник	Швидкісний	Економічний
6	Перевізник	Перевізник	Не швидкісний	Економічний
7	Перевізник	Перевізник	Не швидкісний	Економічний
8	Перевізник	Перевізник	Не швидкісний	Економічний
9	Перевізник	Перевізник	Не швидкісний	Економічний
10	Перевізник	Перевізник	Не швидкісний	Економічний

Результати порівняння показників якості управління автомобілем на 1-му та 2-му етапах випробувань показано на рисунках 4.3 ... 4.6 пояснювальної записки МКР.

Для прикладу наведено на рисунку А.6 показано залежність зміни витрати палива q від середньої швидкості V_c на 1-му та 2-му етапах випробувань.

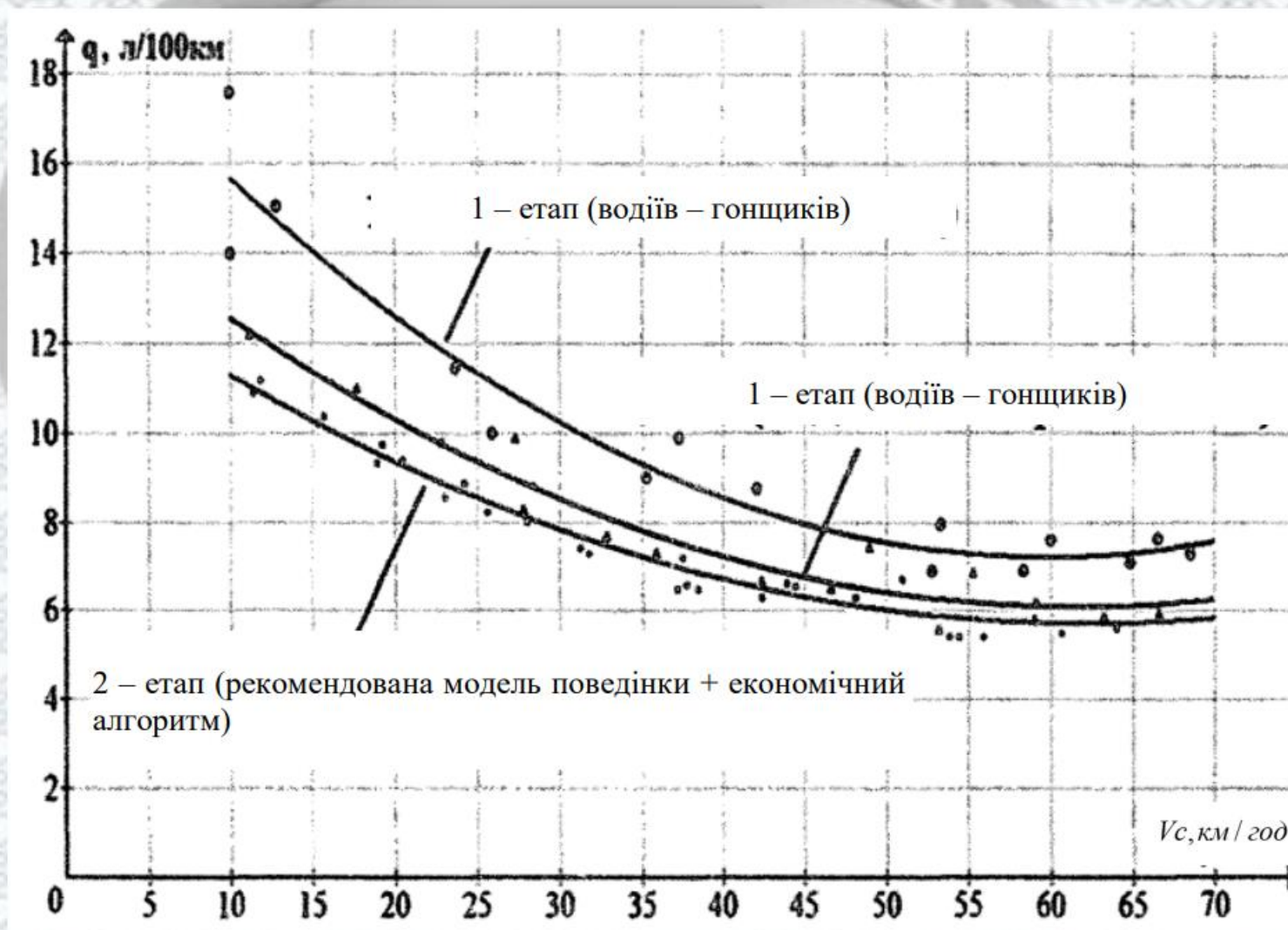


Рисунок А.6 – Залежність витрати пального q від середньої швидкості V_c

В результаті проведених експлуатаційних випробувань підтверджено обґрунтованість розроблених рекомендацій щодо економічного керування легковим автомобілем.

Питання оцінки величини підвищення безпеки в даній роботі не розглядалося.

Основні принципи економічного керування автомобілем можуть бути застосовані і до інших типів транспортних засобів.

1. В результаті проведення розрахунково-експериментального дослідження визначено економічний алгоритм регулювання швидкості легкового автомобіля.

2. Рекомендована частота обертання колінчастого валу в момент перемикання передач дорівнює:

- при розгоні до швидкості 60 км/год – 1500 об/хв; - при розгоні до швидкості вище 60 км/год – 2500 об/хв.

3. Залежно від швидкості слід включати такі передачі:

1 – ша передача – до 10 км/год;

2 – га передача – 10 ... 20 км/год;

3 – тя передача – 20 ... 30 км/год;

4 – та передача – 30 ... 45 км/год;

5 – та передача – понад 45 км/год;

4. Підтверджено, що застосування накату забезпечує мінімальні витрати палива при сповільненні. Тому всі планові сповільнення слід починати з руху накатом з подальшим переходом до гальмування двигуном і комбінованого гальмування.

5. Визначено економічний алгоритм регулювання швидкості легкового автомобіля Bogdan – 2111 та виконана експериментальна перевірка ефективності застосування розробленої моделі керування автомобілем в порівняно з моделями управління, що інтуїтивно склалися у водіїв.

Застосування розробленої моделі керування автомобілем дозволило:

- при зміні середньої швидкості в діапазоні від 10 км/год до 70 км/год зменшити витрату палива по відношенню до водіїв-гонщиків на 17 – 25%, та стосовно водіїв-перевізників на 5 – 9%;

- підвищити коефіцієнт ефективності використання палива за по відношенню до водіїв-гонщиків при швидкості 10 км/год на 60% і при 70 км/год - на 25%. По відношенню до водіїв-перевізників при швидкості 10 км/год на 31% та при 70 км/год на 11%.

ВИСНОВКИ

1. Завдяки розробленим експериментально – розрахунковим методам та математичним моделям з'явилася можливість вирішити важливе науково-практичне завдання зменшення експлуатаційної витрати палива шляхом підвищення якості управління автомобілем.
2. Проведено аналіз впливу рекомендованої моделі поведінки водія на економічність та безпеку керування автомобілем. На основі проведеного аналізу розроблено та теоретично обґрунтовано рекомендовану модель поведінки водія в дорожньому русі.
3. Виконано та уточнено теоретичне обґрунтування економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля.
4. На основі проведеного аналізу розроблено методику експериментально-розрахункового визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля при розгоні, усталеному русі та сповільненні.
5. Визначено економічний алгоритм регулювання швидкості легкового автомобіля Bogdan – 2111 та виконано експериментальну перевірку ефективності застосування розробленої моделі управління автомобілем у порівнянні з інтуїтивно складеними у водіїв моделями управління.

Застосування розробленої економічної моделі управління автомобілем дозволило:

- при зміні середньої швидкості в діапазоні від 10 км/год до 70 км/год зменшити витрату палива по відношенню до водіїв – гонщиків на 17-27%, а по відношенню до водіїв – перевізників на 4-9%;

- підвищити коефіцієнт ефективності використання палива по відношенню до водіїв-гонщиків при швидкості 10 км/год на 60% і при 70 км/год – на 25%. По відношенню до водіїв – перевізників при швидкості 10 км/год на 31% і при 70 км/год на 11%;

- підвищити безпеку керування автомобілем за рахунок зниження показників шуму прискорення та перевищення максимальної швидкості над середньою швидкістю.

6. Розроблено рекомендації щодо керування автомобілем Bogdan – 2110, які включають:

- модель поведінки водія в дорожньому русі;
- економічний алгоритм регулювання швидкості автомобіля;
- алгоритм дій водія в нестандартних ситуаціях.

7. Розроблено наближений метод визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля на основі даних, наведених у технічній характеристиці автомобіля.

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Вдосконалення техніко-експлуатаційних та економічних показників автомобілів фізичної особи - підприємця «Заяць Євген Вікторович» селище Стрижавка Вінницького району Вінницької області

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра автомобілів та транспортного менеджменту
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

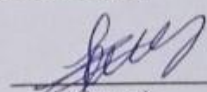
Оригінальність 91% Схожість 9%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібно):

☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

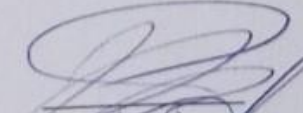
☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Цимбал О.В.
(прізвище, ініціали)

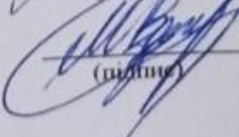
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Кожушаний М.В.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Митко М.В.
(прізвище, ініціали)