

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

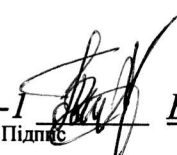
магістра

Освітньо-кваліфікаційний рівень


Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство
Освітньо-професійна програма Відновлення та технічний сервіс
автомобілів»

на тему: «Вдосконалення методики розрахунку витрат
пального автомобілей»

Шифр ***МРТАМ 2120154. 000 ПЗ***

Виконала: студентка 2-го курсу, група МТВАм 20-1 
Підпис Б.В. Потанська
Ініціали, прізвище

Керівник к.т.н., доц. каф. ТАМ.


Підпис О.П. Бабак
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТАМ д.т.н., проф.


Підпис О.В. Диха
Ініціали, прізвище

6 12 2021 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Світньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство»

Світньо-професійна програма Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Диха О.В.

21 жовтня 2021 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Потапській Богдані Валентинівні

Прізвище, ім'я, по батькові

Тема проекту (роботи) _____

досконалення методики розрахунку витрат пального автомобілей

Рівень проекту (роботи) Бабак Олег Петрович к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 25 серпня 2021р. № 102 (25)

Строк подання студентом проекту на кафедру 10 грудня 2021 року

Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали практики; робочі креслення досліджуваних деталей; нормативно – технологічна документація по розбиранню, ефектації, складанню і регулюванню вузла тертя; вимоги з охорони праці і безпеки роботи при виконанні ремонтних робіт; техніко – економічні показники роботи підприємства.

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз стану питання; 2. Теоретичні дослідження; 3. Експериментальні дослідження; 4. Практичне використання результа досліджень.

Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на айдах

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _----

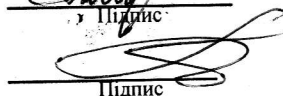
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Літературний огляд</i>	<i>30.09.2021</i>	
2	<i>Технологічний розділ</i>	<i>25.10.2021</i>	
3	<i>Дослідницький розділ</i>	<i>15.11.2021</i>	
4	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	<i>22.11.2021</i>	
5	<i>Оформлення презентації магістерської роботи</i>	<i>1.12.2021</i>	
6	<i>Нормоконтроль магістерської роботи</i>	<i>5.12.2021</i>	
7	<i>Підписання розділів. Затвердження дати захисту</i>	<i>10.12.2021</i>	

Студент


Підпис

Керівник проекту (роботи)


Підпис

Потанська Б.В.
Ініціали, прізвище

Бабак О.П.
Ініціали, прізвище

Реферат

Обсяг пояснювальної записки – 121 сторінок, кількість рисунків - 55, таблиць - 35, додатків, кількість джерел згідно із переліком посилань - 55.

Метою роботи є підвищення ефективності експлуатації автомобілів за рахунок об'єктивного нормування витрати палива на основі моделювання міського їздового циклу при низьких температурах навколишнього середовища.

Об'єкт дослідження - процес витрачання палива двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ) автомобіля при експлуатації в умовах низьких температур навколишнього середовища, а предмет дослідження - закономірності витрати палива автомобілями, обладнаними ДВЗ з розподіленим впорскуванням, залежно від структури та характеристик міського їздового циклу.

Наукова новизна:

- вперше встановлено закономірності формування структури та характеристик циклу руху легкових автомобілів у місті за низьких температур навколишнього середовища (на прикладі м. Хмельницького);

- розроблено оригінальну методику синтезу типових міських їздових циклів на основі виділення окремих фаз руху, угруповання в кластери методом К-середніх та об'єднання у безперервний швидкісний профіль циклу з використанням ланцюгів Маркова;

- вперше встановлено закономірності зміни частоти обертання колінчастого валу та ступеня відкриття дросельної заслінки двигуна розподіленим уприскуванням палива від температури охолоджуючої рідини при роботі на холостому ході;

- отримано нову імітаційну модель витрачання палива автомобілем під час руху міським їздовим циклом в умовах низьких температур навколишнього середовища.

Практична цінність. Використання таблиць і номограм визначення оптимального часу прогріву при різних температурах довілля скорочує витрати часу і палива на поїздку.

На захист виносяться:

- закономірності формування типового циклу руху при експлуатації легкових автомобілів у місті за низьких температур навколишнього середовища;

- методика одержання міського їздового циклу автомобілів;

- імітаційна модель витрати палива під час руху автомобіля за їздовим циклом за умов низьких температур;

- математичні та логічні залежності, що входять до імітаційної моделі.

Реалізація роботи. На основі результатів досліджень отримано диференційовані норми витрати палива для ряду марок та моделей легкових автомобілів, у тому числі і не мають офіційно затвердженої базової норми.

Перелік ключових слів: ВИТРАТА ПАЛЬНОГО, ПУСК ДВИГУНА, ПРОГРІВАННЯ, НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ АВТОМОБІЛЯ, ЇЗДОВІ ЦИКЛИ

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ.....	12
1.1 Чинники, що впливають на режими руху автомобіля у місті.....	12
1.2 Призначення, характеристики та основні типи їзових циклів автомобілів.....	15
1.3 Особливості їзових циклів у різних країнах.....	16
1.3.1 Європейські їзові цикли.....	17
1.3.2 Американські їзові цикли.....	20
1.3.3 Японські їзові цикли.....	24
1.3.4 Російські їзові цикли.....	29
1.3.5 Аналіз характеристик існуючих їзових циклів.....	31
1.4 Методи отримання стандартних їзових циклів.....	33
1.5 Вплив температури повітря та режиму руху на паливну економічність автомобіля.....	36
1.5.1 Режим руху.....	36
1.5.2 Температура повітря.....	38
1.5.3 Диференційоване нормування витрати пального.....	40
1.6 Взаємозв'язок характеристик їдового циклу, температури навколишнього середовища та паливної економічності.....	41
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	44
2.1 Загальна методика досліджень.....	44
2.2 Теоретичне обґрунтування синтезу міського їдового циклу в умовах низьких температур.....	48
2.2.1 Загальна структура циклу.....	48
2.2.2 Особливості режиму руху автомобіля, що встановився.....	48

MP TAM 21 20154 ПЗ

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	«Вдосконалення методики розрахунку витрат пального автомобілей»	Літ.	Арк.	Акрцшів
		Потапська		06.12.2021				
		Бабак					4	120
		Ридик				ХНУ група МТВАМ20-1		
		Духа						

2.3 Імітаційна модель процесу витрати палива під час руху автомобіля у їздовому циклі.....	49
2.3.1 Обґрунтування дискретного характеру імітаційної моделі... ..	49
2.3.2 Вибір системи моделювання.....	51
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	61
3.1 Методика експериментальних досліджень.....	61
3.1.1 Загальна методика експериментальних досліджень.....	61
3.1.2 Устаткування для проведення експериментальних досліджень.....	62
3.1.3 Програмне забезпечення для автоматизованого проведення експерименту.....	63
3.2 Методика обробки експериментальних даних.....	63
3.3 Результати експериментальних досліджень швидкісних профілів.....	65
3.3.1 Розпізнавання складових циклу руху та попередня обробка даних.....	65
3.3.2 Результати кластерного аналізу даних про режим руху автомобілів.....	70
3.3.3 Компонування типових циклів із набору кластерів.....	72
3.4 Визначення параметрів математичних моделей.....	79
4 ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	87
4.1 Визначення умов формування їздового циклу автомобіля та витрати палива у зимовий період.....	87
4.1.1 Дослідження закономірностей формування їздового циклу за низьких температур повітря.....	87
4.1.2 Моделювання прогріву на холостому ході в умовах негативних температур.....	90
4.1.3 Моделювання прогріву ДВЗ автомобіля в русі в зимовий період.....	96

4.1.4 Дослідження процесу витрати палива під час руху автомобіля за типовими їздовими циклами в умовах низьких температур.....	97
4.1.5 Дослідження витрати пального та часу прогріву на холостому ходу в умовах негативних температур навколишнього середовища.....	98
4.2 Методика отримання та використання їздового циклу.....	99
4.2.1 Синтез їздового циклу.....	100
4.2.2 Використання циклу в імітаційній моделі.....	101
4.3 Практичне використання результатів імітаційного моделювання.....	101
4.3.1 Методика розробки диференційованих норм витрати палива з урахуванням режиму руху та температури навколишнього середовища.....	101
4.3.2 Методика визначення та використання оптимального часу прогріву двигуна автомобіля перед початком експлуатації.....	106
4.4 Оцінка економічного ефекту.....	107
4.4.1 Розрахунок економічного ефекту від запровадження оптимального часу прогріву двигуна автомобіля перед початком експлуатації.....	107
4.4.2 Розрахунок економічного ефекту від впровадження диференційованого нормування витрат палива з урахуванням низьких температур та умов зберігання автомобіля.....	109
ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ.....	114
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	116
ДОДАТКИ.....	120

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

ВСТУП

Рух автомобіля в умовах сучасного міста є постійним процесом зміни швидкості, на відміну від умов руху по позаміських дорогах, де швидкість більшу частину часу підтримується на постійному рівні. Яскравим підтвердженням впливу їздового циклу на питому експлуатаційну витрату палива можуть бути дані EPA (US Environmental Protection Agency) про питомий пробіг у милях для міського та заміського випробувальних циклів. Ці дані свідчать, що при випробуванні за міським циклом паливна економічність приблизно на 50% менше, ніж при випробуваннях заміського циклу [89].

- Показники паливної економічності в міських умовах гірші внаслідок впливу різних факторів, найважливішим серед яких є особливості конструкції марки та моделі автомобіля, його силового агрегату та трансмісії. У міському циклі EPA значна частина енергії палива губиться у гальмівній системі. На експлуатаційні витрати палива автомобілем у місті впливають середня довжина поїздки, середня швидкість та інші фактори [89]. Особливістю сучасних автомобільних двигунів і те, що всяка зміна швидкості як і більшу, і у меншу бік істотно впливає величину питомої витрати палива, припадає на одиницю пробігу. У технічних характеристиках своїх автомобілів автовиробники зазвичай вказують три значення питомої витрати палива:

- при русі з постійною швидкістю, що встановилася;
- у міському циклі;
- у змішаному циклі.

Для об'єктивної оцінки паливної економічності автомобіля необхідно, щоб характеристики міського циклу, що відтворюються при випробування автомобілів, максимально відповідали середнім режимам руху передбачуваної експлуатації автомобіля. Базові норми витрати палива, які в Україні контролю споживання палива автомобілем в експлуатації, припускають встановлення величини норми з допомогою стандартних циклів руху - міського і змішаного. Величина базової норми визначається за допомогою імітаційної моделі руху

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автомобіля за стандартним їздовим циклом, реалізованою в пакеті програм MBK [52]. Тому наукове обґрунтування характеристик стандартних їздових циклів з метою оцінки паливної економічності автомобіля має дуже важливе значення.

Зростання автомобілізації неминує призводить до збільшення споживання моторних видів палива і пов'язаної з цим шкоди навколишнього середовища. Існує кілька основних напрямів вирішення цієї проблеми:

- використання альтернативних джерел енергії для силових установок автомобілів;
- застосування альтернативних видів палива з менш токсичними викидами;
- удосконалення конструкції автомобільних двигунів.

Постійне посилення нормативів викидів шкідливих речовин стимулює використання зазначених вище напрямків. У 70-80-х роках минулого століття штат Каліфорнія Сполучені штати Америки (США) ухвалив низку законів про емісію відпрацьованих газів, які дали імпульс автомобільній промисловості виробляти двигуни з більш високою енергоефективністю та нижчим вмістом шкідливих речовин у відпрацьованих газах. У зв'язку з цим виникла потреба у розробці процедури порівняння показників ефективності та викидів різних двигунів. Ці процедури перевірки назвали їздовими циклами [133].

Особливості експлуатації автомобілів у регіонах із тривалим періодом низьких температур навколишнього середовища протягом року призводять до збільшення витрати палива в цей період. Це збільшення суттєво залежить як від різних марок та моделей автомобілів, так і від особливостей їх експлуатації. Такий самий автомобіль, який використовується для приватних поїздок на роботу, як службовий автомобіль або, наприклад, автомобіль-таксі, матиме суттєво відмінні показники витрати палива, пов'язані з особливостями його експлуатації.

Чинний в Україні ГОСТ 20306-90 «Автотранспортні засоби. Паливна

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

економічність. Методи випробувань» [16], що встановлює характеристики їздових циклів, що використовуються при визначенні базових норм витрати палива, було створено понад 20 років тому. За цей час умови руху у містах кардинально змінилися. ГОСТ 41.83-2004, що стосується оцінки шкідливих викидів та випарів палива при сертифікації транспортних засобів [19], у частині регламентованих при цьому їздових циклів використовує положення Правил ЄЕК ООН № 83, тим часом умови руху в містах Європи та України також суттєво різняться. Ситуація, що склалася в Україні, зі стандартними їздовими циклами обумовлена значною трудомісткістю встановлення характеристик останніх. Міський їздовий цикл за ГОСТ 20306-90 визначався за результатами статистичної обробки кількох тисяч вимірів у різних містах Радянського Союзу. З іншого боку, контролери двигунів сучасних автомобілів мають стандартний інтерфейс, що дозволяє отримувати дані про режими руху та параметри автомобіля та двигуна в реальному часі. Методика визначення базових норм витрати палива за допомогою пакету МВК, розроблена НДІАТ, передбачає врахування особливостей експлуатації автомобілів тільки на основі комбінації міського та заміського циклів, що суттєво знижує відповідність норм витрати пального реальним що дозволяє отримувати дані про режими руху та параметри автомобіля та двигуна в реальному часі. Методика визначення базових норм витрати палива за допомогою пакету МВК, розроблена НДІАТ, передбачає врахування особливостей експлуатації автомобілів тільки на основі комбінації міського та заміського циклів, що суттєво знижує відповідність норм витрати пального реальним умовам експлуатації. Невідповідність випробувальних їздових

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

циклів реальним умовам експлуатації призводить до неправильної оцінки технічних характеристик автомобілів та пов'язаних із цим негативних наслідків.

Діюча на автомобільному транспорті методика нормування витрати палива [65] існує практично в незмінному вигляді з 1961 року. Незважаючи на очевидні переваги: простота використання, наочність, відповідність схеми нормування положенням теорії автомобіля вона піддавалася обґрунтованій критиці за ряд суттєвих спрощень та обмежень, що знижують точність визначення величини нормативної витрати палива. Нарешті, 20 квітня 2012 р. Мінекономрозвитку внаслідок незалежної експертизи ухвалив рішення [71] про відміну декларативного характеру норм, зазначених у документі [65]. Тепер значення базових і транспортних норм, інших нормативів, поправочних коефіцієнтів та методики розрахунку нормативної витрати палива мають рекомендаційний характер.

Таким чином, дослідження, спрямовані на розробку міського їздового циклу в зимовий період з урахуванням особливостей експлуатації автомобіля, дозволяють об'єктивніше визначати нормативи паливної економічності автомобілів, є актуальними.

Метою справжньої роботи є підвищення ефективності експлуатації автомобілів за рахунок об'єктивного нормування витрати палива на основі моделювання міського їздового циклу при низьких температурах навколишнього середовища.

Для досягнення мети сформульовано та вирішено такі завдання:

1. Теоретично обґрунтувати методику формування структури та характеристик міського їздового циклу для низькотемпературних умов експлуатації;
2. Розробити імітаційну модель процесу витрачання палива автомобілем під час руху по міському їздовому циклу та низьких температурах навколишнього середовища;

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>10</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3. На основі експериментальних досліджень синтезувати швидкісний профіль міського циклу їзди;

4. Експериментально підтвердити адекватність аналітичних закономірностей, що використовуються в імітаційній моделі процесу витрачання палива, провести її налагодження та налаштування;

5. Розробити практичні рекомендації щодо впровадження результатів роботи.

Об'єкт дослідження - процес витрачання палива двигуном внутрішнього згорання (ДВЗ) автомобіля при експлуатації в умовах низьких температур навколишнього середовища, а предмет дослідження - закономірності витрати палива автомобілями, обладнаними ДВЗ з розподіленим упорскуванням, залежно від структури та характеристик міського їздового циклу.

Наукова новизна:

- вперше встановлено закономірності формування структури та характеристик циклу руху легкових автомобілів у місті за низьких температур навколишнього середовища (на прикладі м. Хмельницького);

- розроблено оригінальну методику синтезу типових міських їздових циклів на основі виділення окремих фаз руху, угруповання в кластери методом К-середніх та об'єднання у безперервний швидкісний профіль циклу з використанням ланцюгів Маркова;

- вперше встановлено закономірності зміни частоти обертання колінчастого валу та ступеня відкриття дросельної заслінки двигуна розподіленим упорскуванням палива від температури охолоджуючої рідини при роботі на холостому ході;

- отримано нову імітаційну модель витрачання палива автомобілем під час руху міським їздовим циклом в умовах низьких температур навколишнього середовища.

Практична цінність. Синтезований міський їздовий цикл більш

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

достовірно відображає реальні умови руху у місті порівняно з чинним ГОСТ 20306-90. Імітаційна модель дозволяє визначати витрату палива автомобілями за різних умов експлуатації та температури навколишнього середовища. Таблиці диференційованих норм витрати палива підвищують точність визначення витрати палива під час експлуатації автомобілів у місті в зимовий період. Використання таблиць і номограм визначення оптимального часу прогріву при різних температурах довкілля скорочує витрати часу і палива на поїздку.

На захист виносяться:

- закономірності формування типового циклу руху при експлуатації легкових автомобілів у місті за низьких температур навколишнього середовища;
- методика одержання міського їздового циклу автомобілів;
- імітаційна модель витрати палива під час руху автомобіля за їздовим циклом за умов низьких температур;
- математичні та логічні залежності, що входять до імітаційної моделі.

Реалізація роботи. На основі результатів досліджень отримано диференційовані норми витрати палива для ряду марок та моделей легкових автомобілів, у тому числі і не мають офіційно затвердженої базової норми.

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>12</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

1.1. Чинники, що впливають на режими руху автомобіля у місті

Режим руху, що обирається водієм на дорозі, є результатом переробки величезної кількості інформації, що надходить до нього, про рядність руху, відстань між автомобілями, наявність технічних засобів регулювання, пішохідних переходів, перехресть, безперервного зустрічного потоку автомобілів [124].

На режими руху транспортних засобів в умовах міста впливає велика кількість факторів, основними з яких є:

- погодно-кліматичні умови,
- геометричні параметри вулиці,
- інтенсивність руху та склад транспортного потоку,
- наявність перетинів вулиць з організованим світлофорним регулюванням,
- дорожні знаки,
- наявність пішохідних переходів з неорганізованим та організованим регулюванням,
- розмітка проїжджої частини,
- якість дорожнього покриття.

Стан дорожнього полотна також впливає на режим руху автомобіля. Рух у ожеледицю, засніженою або мокрою дорогою вимагає підвищеної обережності, дотримання більшої дистанції між автомобілями та знижених швидкостей руху. До особливостей руху автомобілів у зимовий період слід віднести:

- прогрів ДВЗ перед початком руху після тривалої зупинки з непрацюючим двигуном,
- звуження проїжджої частини,
- ожеледиця та утворення колії на проїжджій частині,

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>13</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- відсутність видимої розмітки,
- пар від випускної системи автомобілів при дуже низькій температурі,
- обмеження видимості у снігопад,
- скорочення тривалості світлового дня,
- обмеження видимості внаслідок запотівання скла.

Згідно з Директивою ЄЕС 80/1268/CEE [102], витрата палива не вимірюється безпосередньо в ході випробувань, а розраховується на підставі виміру викиду забруднюючих речовин (CH/CO/CO₂).

Випробування з викиду забруднюючих речовин (міський цикл та заміський цикл) проводяться:

- із використанням еталонного палива;
- за жорстко регламентованих умов зовнішнього середовища;
- за однозначно регламентованим їздовим циклом;
- на моделі у «стандартній комплектації»;
- при не працюючому кондиціонері та іншому додатковому обладнанні.

Для отримання показників «змішаного» циклу результати міського та заміського циклу усереднюються заздалегідь заданими ваговими коефіцієнтами.

Розрахований викладеним вище способом витрата палива вказується потім у «повідомленні про офіційне затвердження типу транспортного засобу відповідно до Директиви 80/1268/CEE», а також наводиться виробником у посібниках з експлуатації автомобілів.

Однак зазначені показники можуть значно відрізнятись від середньої витрати палива при реальній експлуатації, який також залежить від індивідуального стилю водіння (кількості циклів гальмування та їх інтенсивності, часу роботи на холостому ході), експлуатації на високій швидкості внаслідок нелінійного збільшення аеродинамічного опору, використовуваного палива та його якості, пори року, співвідношення між пробігом по місту та швидкісними магістралями, кількості коротких поїздок,

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
						14
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

коли ДВС, а також вузли та агрегати трансмісії, підвіски та шини не встигають прогріватися до робочої температури, тиску повітря в шинах, завантаження автомобіля, ступеня обкатки автомобіля, розкиду виробничих допусків при складанні, використовуваних додаткових агрегатів (у тому числі кондиціонер, гідропідсилювач), використання автомобіля в горбистій місцевості (Тест має на увазі ідеально плоску поверхню).

На думку авторів [5, 9], на режим руху автомобіля впливають такі фактори: технічний стан автомобіля, стан та профіль дороги, інтенсивність руху транспортних засобів та пішоходів. За даними [101 с. 531] змінні режими для автомобілів складають: у місті 97%, на ґрунтових дорогах 92%, а на замських магістралях 34% всього часу роботи.

1.2. Призначення, характеристики та основні типи їздових циклів автомобілів

Через зростання кількості автомобілів і шкоди навколишньому середовищу, що постійно збільшується, актуальна проблема екології. У сімдесяті та вісімдесяті роки в Каліфорнії установою законів про емісію запропонували випускати двигуни з більш високою ефективністю та нижчою емісією. У зв'язку з цим виникла потреба у випробувальних процедурах, щоб порівняти кілька двигунів один з одним. Ці випробувальні процедури називають їздовими циклами.

Їздовий цикл - послідовність значень, що є тимчасовою залежністю зміни швидкості руху транспортного засобу [116].

При випробуванні автомобілів на токсичність імітується поїздка в реальних умовах. Це дозволяє отримати порівняні результати перевірок відпрацьованих газів на токсичність.

Їздові цикли проектувалися різними державами та організаціями для того, щоб визначити витрату палива та викиди шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобілів. Витрата палива та викиди шкідливих

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>15</i>

речовин визначають на роликівих випробувальних стендах. Забір газів, що відпрацювали, з отвору вихлопної труби дозволяє визначити концентрацію шкідливих речовин для певних технічних характеристик автомобіля.

Інше застосування їздових циклів полягає в імітації руху автомобіля. Особливо вони використовуються для моделювання силової установки (моделі, розроблені спеціально для того, щоб зімітувати лише систему приводу автомобіля, спрогнозувати експлуатаційні показники двигунів внутрішнього згоряння, трансмісій, електроприводів, акумуляторних батарей, паливних систем автомобіля тощо).

Деяка кількість їздових циклів була отримана теоретично і схвалена в Європейському Союзі, незважаючи на те, що вони розраховані без відповідних натурних випробувань [105].

Їздовий цикл – стандартизований шаблон їзди. Цей шаблон визначається значеннями в таблиці час-швидкість. Окремі складові мають бути розділені інтервалами часу, зазвичай це секунди. Прискорення протягом тимчасового кроку, як передбачається, є незмінним. В результаті швидкість протягом тимчасового кроку – лінійна функція часу.

Зазвичай виділяють два типи їздових циклів [106]:

- їздовий цикл, що не встановився (*Transient driving cycles*) включає множинні зміни швидкості, що відповідають звичайній поїздки;

- модальний їздовий цикл (*Modal driving cycles*), що включає тривалу їзду з постійною швидкістю.

1.3. Особливості їздових циклів у різних країнах

Більшість їздових циклів, що використовуються у світі, можуть бути розділені на три групи:

- Європейські їздові цикли;
- Американські їздові цикли;
- Японські їздові цикли.

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

в) EUDCL

EUDCL (Suburban cycle for low-powered vehicles) є заміським циклом для малопотужних транспортних засобів. Він схожий на EUDC, але максимальна швидкість обмежена 90 км/год [138].

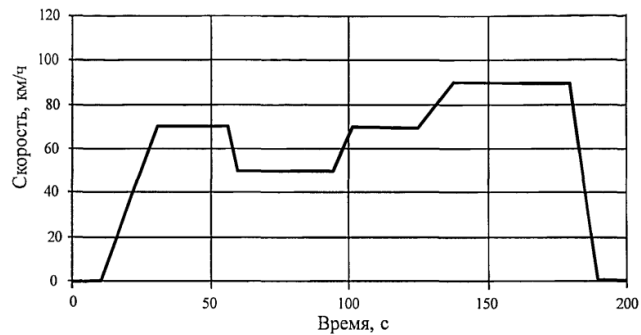


Рисунок 1.3. Циклограма руху по EUDCL

г) Новий європейський їздовий цикл NEDC

NEDC (New European Drive Cycle) – новий європейський їздовий цикл. Це комбінований цикл, що складається з чотирьох ECE 15 циклів, далі слідує EUDC або EUDCL цикл. NEDC також називають просто ECE – циклом.

Їздовий цикл NEDC відтворюється на динамометричному стенді. Випробування визначення витрати палива складається з чотирьох циклів, відповідних умовам міського руху, кожен із яких триває по 195 сек, і однієї додаткового циклу, відповідного умовам заміського руху, тривалістю 400 з (рис. 1.4). Параметри циклу: тривалість 11,007 км, середня швидкість руху 33,6 км/год, максимальна швидкість 120 км/год, маса випробуваного транспортного засобу дорівнює спорядженій масі плюс корисне навантаження 100 кг.

Аж до 1999 року NEDC був обов'язковим до застосування у країнах ЄС. Характерною особливістю цього їздового циклу була вимога роботи двигуна протягом 40 с перед початком вимірювання токсичності газів, що відпрацювали. Цей час вважатимуться фазою прогріву двигуна. Коли норми Євро III щодо токсичності відпрацьованих газів набули чинності 01.01.2000,

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимога дотримуватись час прогріву двигуна було видалено з опису даного їздового циклу. Отже, вимір починається безпосередньо у момент запуску двигуна.

Виняток цієї умови є мірою посилення даного методу вимірювання, оскільки дозволяє враховувати у вимірі ті речовини, які починають виділятися з холодного запуску двигуна і протягом фази прогріву.

Остання версія європейського циклу їзди NEDC представлена на рис. 1.5 [133].

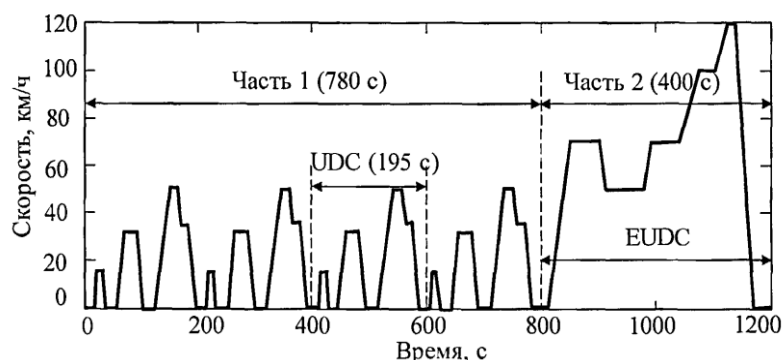


Рисунок 1.4. Новий європейський їздовий цикл NEDC

д) NYZEM

Розглянуті раніше європейські цикли є синтетичними і не можуть відтворювати реальні їздові шаблони. Цикли NYZEM - цикли, що не встановилися. Елементів, у яких швидкість є постійною, набагато менша, ніж у модальних циклах. Цикли NYZEM отримані з реальних шаблонів їзди, знятих на дорогах Європи. Тому вони краще відтворюють реальні умови експлуатації автомобілів, порівняно зі стандартними європейськими циклами. Розглянуті цикли NYZEM часто використовуються на практиці, але вони не є офіційними. Цикли NYZEM мають три варіанти: міський цикл (рис. 1.5), приміський цикл та цикл шосе.

До циклів, аналогічним NYZEM, відноситься і афінський їздовий цикл, що використовує реальні режими руху в столиці Греції 2002 року (ADC-2002) (рис. 1.6).

									Арк.
									19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2120154. 000 ПЗ				

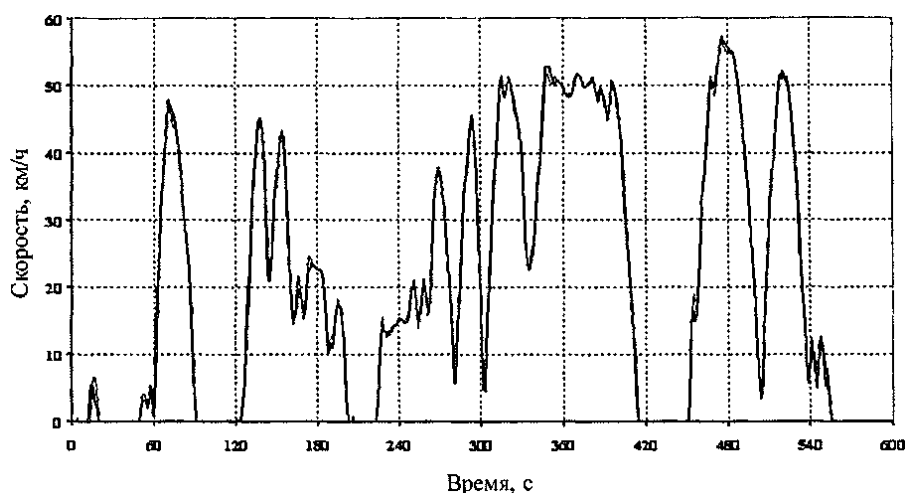


Рисунок 1.5. Невстановлений їздовий цикл NYZEM (NYZEM Urban cycle)

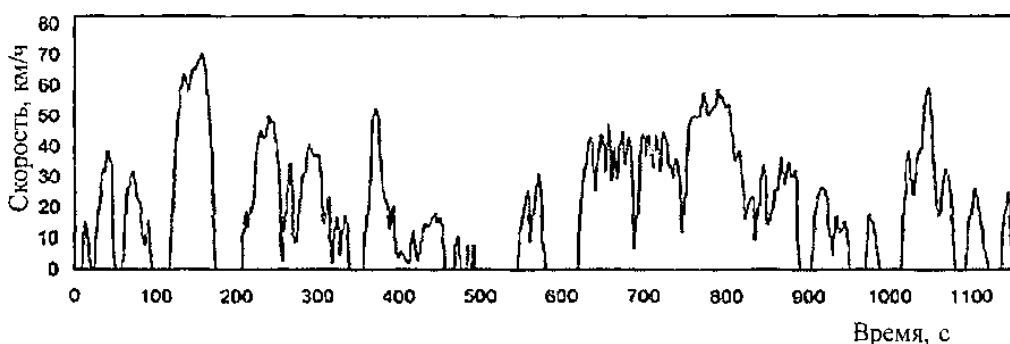


Рисунок 1.6. Афінський їздовий цикл (ADC-2002)

Порівняльні характеристики трьох європейських модальних циклів та одного нестановленого представлені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Типові параметри ECE 15, EUDC, NEDC та ADC

Параметри	Назва циклу			
	ЄСЕ 15	EUDC	NEDC	ADC
Довжина, м	4052	6955	11007	6512
Тривалість, з	780	400	1180	1160
Середня швидкість,	18,7	62,6	33,6	20,21
Макс. швидкість, км/год	50	120	120	70,86

Максимальна швидкість 90 км/год для автомобілів малої потужності.

1.3.2. Американські їздові цикли

У їздові цикли зазвичай розробляються таким чином, щоб найбільш точно описати реальні умови руху автомобіля [118, 121]. Екологічні

нормативи для автомобілів розроблені на федеральному рівні та окремо для штату Каліфорнія, що зумовлено напруженою екологічною ситуацією на його території. В останньому випадку діють жорсткіші обмеження [123].

Випробування відповідно до нормативів SFTP (Supplemental Federal Test Procedure - Федеральна методика випробувань) запроваджувалися поетапно у період з 2000 по 2004 роки. Разом вони становлять три їздові цикли: FTP 75, SC03 і US06 (див. табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Випробувальні (їздові) цикли США

Параметри	Випробувальний цикл			
	FTP 75	SC03	US06	Автомагістраль
Пробіг, км	17,87	5,76	12,87	16,44
Тривалість, с	1877(600 зупинка)	594	600	765
Середня швидкість, км/год	34,1	34,9	77,3	77,4
Максимальна швидкість, км/год	91,2	88,2	129,2	96,4

а) FTP (Federal Test Procedure)

У США нормування шкідливих викидів від автомобілів проводиться за тими самими показниками, що й у країнах:

- викиди з відпрацьованими газами двигунів при випробуванні автомобіля за їздовим циклом, прийнятим у США;
- вміст оксиду вуглецю під час роботи двигуна на холостому ході;
- випаровування палива із системи паливоподачі;
- викиди картерних газів

Американський їздовий цикл FTP 75, що відповідає федеральній процедурі US 75 FTP, передбачає 10-ти хвилинну зупинку автомобіля і складається з трьох режимів, що відповідають швидкостям руху, вимірним на вулицях Лос-Анжелеса вранці. Автомобіль розміщується на стоянці

протягом 12 годин за температури 20...30 °С. Після цього передбачається рух із послідовною реалізацією трьох режимів:

- фаза ct (холодна фаза), при якій розбавлені гази, що відпрацювали, збираються в ємність ct;
- фаза s (фаза обмежених швидкостей), коли гази, що відпрацювали, направляються в ємність s на початку фази (після 505 секунд); двигун вимикається на 10 хвилин після закінчення встановленого режиму випробувань (після 1372 секунди);
- фаза ht (фаза на прогрітому двигуні): Виконується повторний запуск двигуна для проведення випробувань прогрітого двигуна. Послідовність змін швидкості руху аналогічна до тієї, що була при випробуваннях в холодній фазі; відпрацьовані гази збираються в ємність ht.

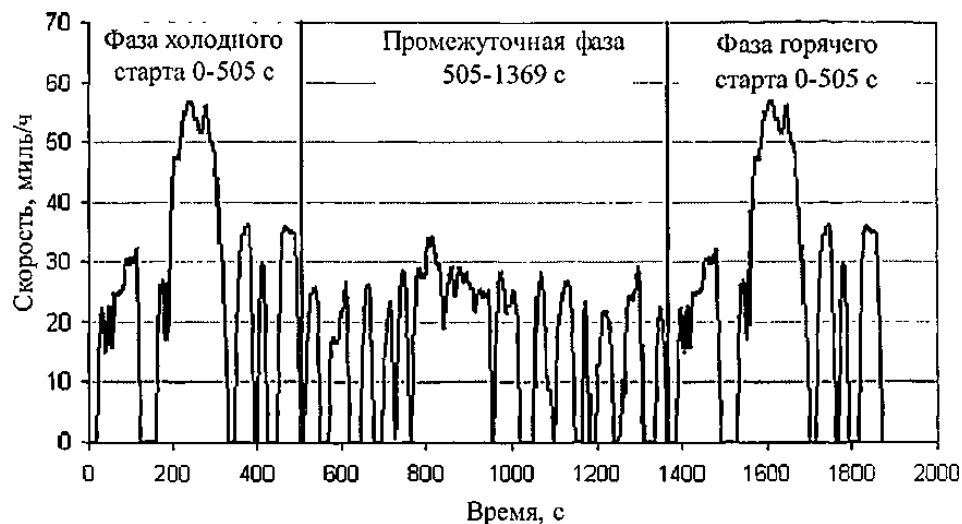


Рисунок 1.7. Їздовий цикл США (FTP 75)

Вагові сумарні значення викидів CO, CH і NO_x з усіх трьох ємностей оцінюються по відношенню до пройденої відстані і потім перераховуються у вагову кількість цих компонентів на 1 милю (1,6 км).

Ці цикли призначені для додаткової оцінки викидів шкідливих речовин у газах, що відпрацювали при використанні наступних технік водіння автомобіля:

- так зване агресивне водіння;

						Арк.
					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

достатнього навантаження акумуляторної батареї.

г) FTP 75

FTP 75 – це FTP 72 з додатковою четвертою фазою. Ця фаза ідентична першій фазі FTP 72, але починається з гарячого старту.

д) HFEDS

HFEDS (Highway Fuel Economy Driving Shedule). Цей цикл представляє замський швидкісний режим руху. Актуальний для відтворення руху швидкісними автомагістралями.

е) IM 240

Цей цикл використовується з метою періодичного контролю. Під час відтворення цього циклу викиди шкідливих речовин визначаються під час періодичного технічного обслуговування.

ж) LA-92

LA-92 представлений як FTP 72 у міському маршруті. LA-92 був розроблений в 1992 тому, що FTP 72 перестав відповідати реальним міським умовам. Наприклад, LA-92 має вищу середню швидкість.

з) NYCC

Цикл NYCC (New York City Cycle) представляє міський маршрут через Нью-Йорк. Відмінною особливістю є низька середня швидкість.

і) US 06

US 06 - так званий агресивний їздовий цикл. Він розроблений для відтворення шаблону керування з високим навантаженням двигуна.

1.3.3. Японські їздові цикли

Японські їздові цикли відносяться до модального типу. Для проведення повних випробувань автомобіля на токсичність у Японії застосовується комбінація із двох їздових циклів: 10-режимний їздовий цикл реалізується після пуску холодного двигуна 4 рази з оцінкою отриманих даних при всіх чотирьох циклах випробувань, 10-15 - режимний їздовий цикл (на прогрітому

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						24
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

двигуні) здійснюється лише один раз.

Попередня підготовка перед початком такого випробування містить регламентоване визначення токсичності газів, що відпрацювали на холостому ході і полягає в наступному.

Після прогріву двигуна автомобіль рухається із швидкістю 60 км/год протягом 15 хвилин; при цьому проводяться виміри вмісту у відпрацьованих газах СП, СО та СО₂. Потім при другому етапі прогріву автомобіль рухається зі швидкістю 60 км/год протягом 5 хвилин, після чого починаються випробування по 10-15 - режимному їздовому циклу.

Розглянемо типи їздових циклів.

а) 10 Mode (міський маршрут)

10-режимний цикл (10 Mode) використовувався для сертифікації викидів легкових автомобілів у Японії. Надалі його замінили новим 10-15 - режимним циклом.

10-режимний цикл імітує міські умови керування. Один сегмент циклу охоплює відстань 0,664 км. при середній швидкості 17,7 км/год. і триває 135 сек. Максимальна швидкість становить 40 км/год [137].

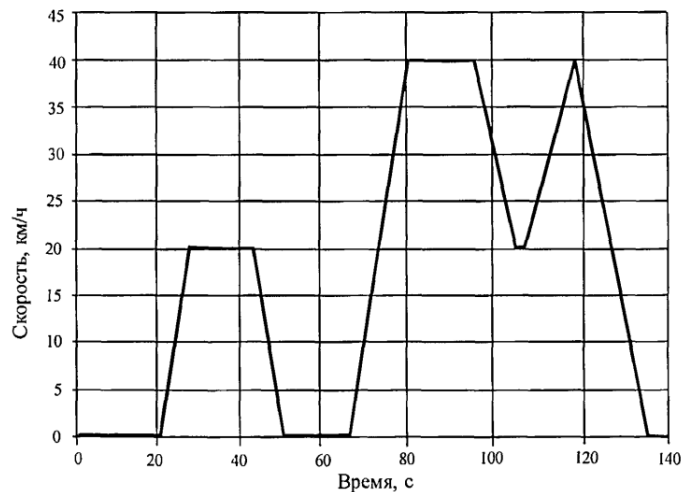


Рисунок 1.8. Циклограма руху за 10-режимним циклом

б) 15-Mode (заміський цикл)

Цей цикл представляє більш високу швидкість їзди заміською дорогою.

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Він триває 231 сек. і складається з серії прискорень та уповільнень на більш високих швидкостях, ніж у 10-режимному циклі. Максимальна швидкість 70 км/год, тоді як середня швидкість 33,88 км/год [137].

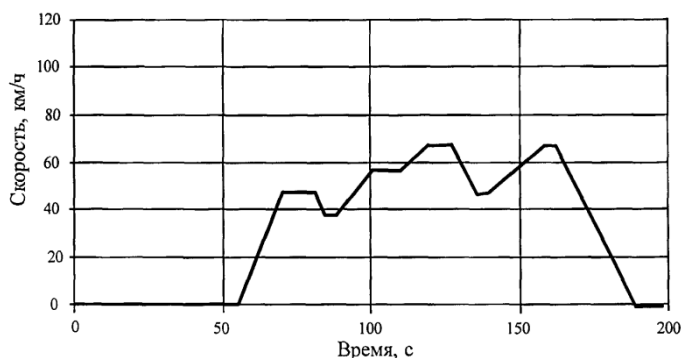


Рисунок 1.9. Циклограма руху за 15-режимним циклом

в) Комбінований режим 10-15

10-15 - режимний цикл в даний час використовується в Японії для сертифікації викидів та економії палива легкових автомобілів. Він є похідним від 10-режимного циклу, доданий ще 15-режимний сегмент із максимальною швидкістю 70 км/год. Викиди оцінюються у г/км.

10-15 Mode – це комбінація п'яти циклів. Весь цикл триває 15 хвилин. Спочатку виконується прогрів автомобіля під час руху зі швидкістю 60 км/год, після чого слід виконання комбінації циклів. Першим виконується 15-режимний сегмент, далі три повторення 10-режимних циклів і потім знову 15-режимний сегмент [137].

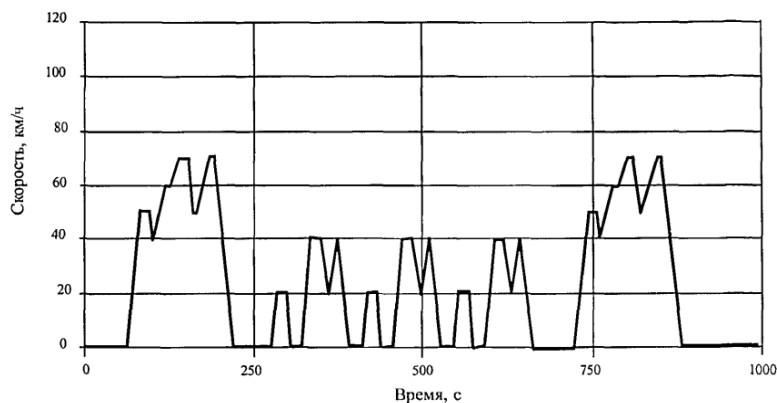


Рисунок 1.10. Циклограма руху за 10-15 режимним циклом

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

г) Цикл JC8

Японський їздовий цикл (JCO8) є наймолодшим, він розроблений у 2010 році і найбільше підходить для мегаполісів, де середня швидкість руху нижча, а простоїв у пробках і на світлофорах більше. Випробування займає 1204 с, за які автомобіль проїжджає 8,17 км із середньою швидкістю руху 24,4 км/год (рис. 1.11). За такого підходу, на відміну північноамериканського, істотно виграють автомобілі з гібридними силовими установками, системами «старт-стоп» і турбодизелями [125].

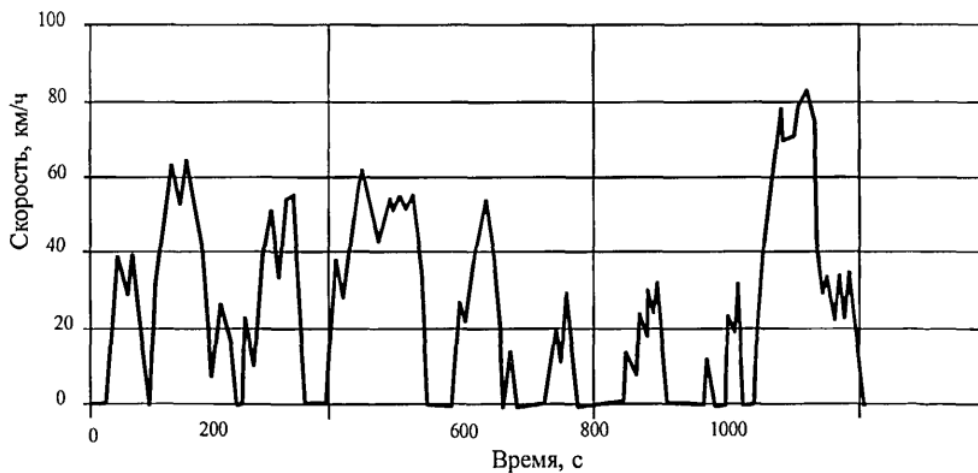


Рисунок 1.11. Циклограма руху за циклом JC 8Проект «Artemis»

CADC (Common Artemis Driving Cycles) цикли для динамометричного виміру викидів шкідливих речовин та витрати палива автомобілів, розроблені в межах європейського проекту «Artemis» [124], заснованого на статистичному аналізі великої бази даних реальних швидкісних профілів великих європейських міст. Цикли включають три шаблони: Urban-Міський, Rural road-Пригород та Motorway-Автострада. Профілі циклів представлені нижче у тій самій послідовності на рис. 1.12-1.14.

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

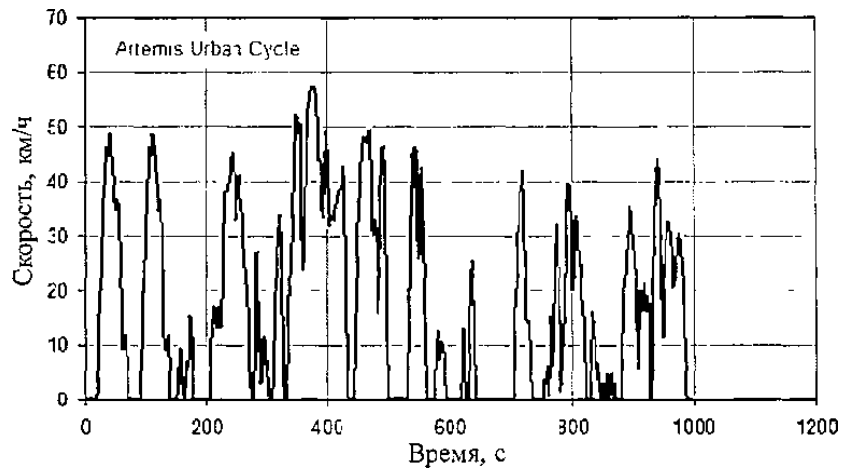


Рисунок 1.12. Циклограма руху за циклом CADC (Місто)

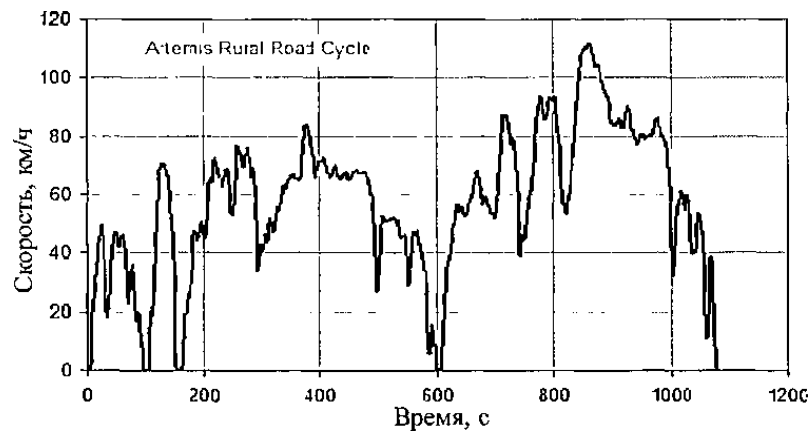


Рисунок 1.13. Циклограма руху за циклом CADC (Передмістя)

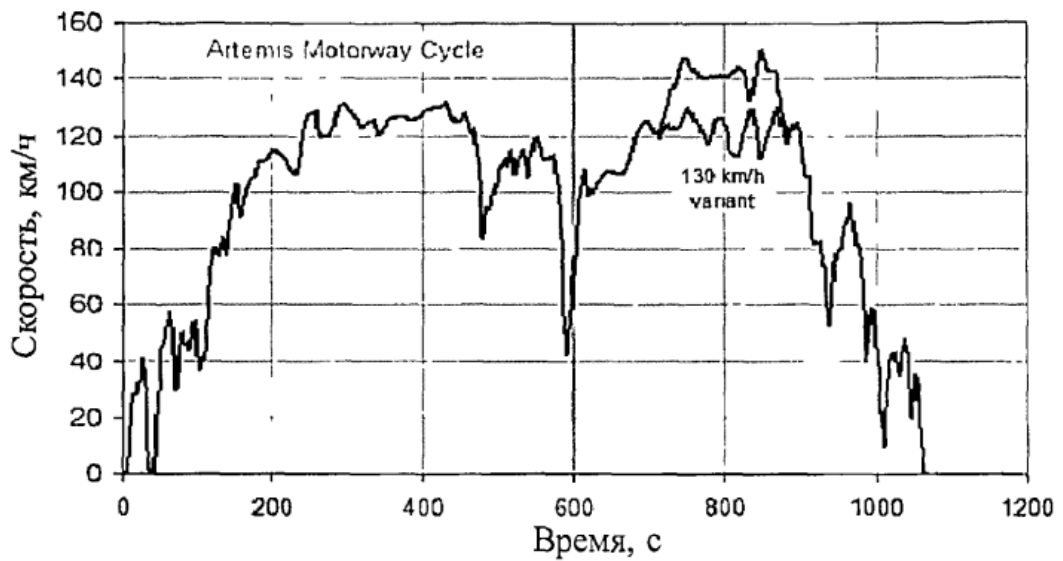


Рисунок 1.14. Циклограма руху за циклом CADC (Автострада)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.3.4. Російські їздові цикли

а) Цикли для оцінки паливної економічності автомобілів (ГОСТ 20306-90)

ГОСТ 20306-90 «Автотранспортні засоби. Паливна економічність. Методи випробувань» [16] визначає стандартні цикли, а також обумовлює умови їх виконання. Нижче наведено лише три варіанти циклів ГОСТ 20306, призначені для випробувань легкових автомобілів.

Перед стендовими випробуваннями автотранспортний засіб (АТС) повинен перебувати на відстої не менше 6 годин за температури повітря 20-30°C.

Пристрій для підігріву повітря системи живлення, що не має автоматичного керування, має бути в положенні "Літо". Системи опалення та кондиціонування повітря мають бути вимкнені. Допускається використання цих систем при порівняльних випробуваннях взимку.

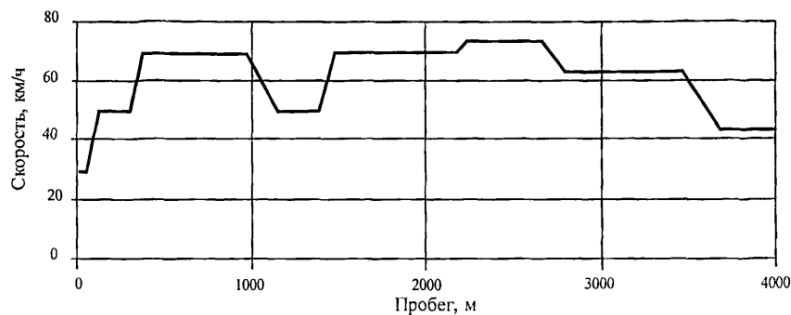


Рисунок 1.15. Схема магістрального циклу на дорозі для автомобілів повною масою до 3,5 т та автобусів далекого прямування

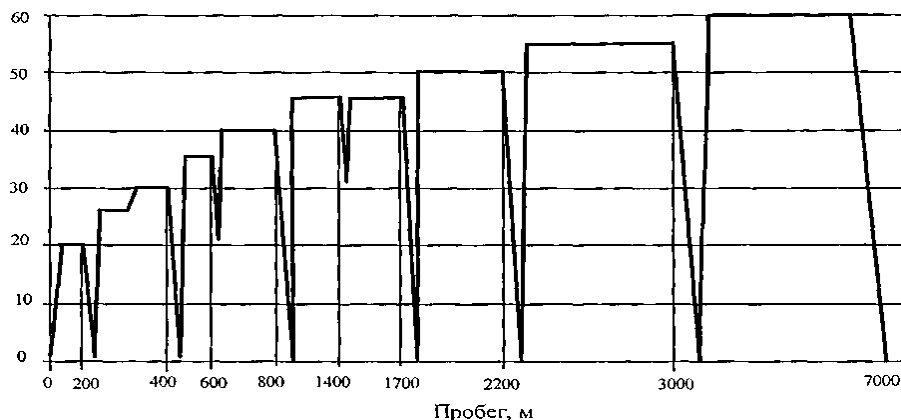


Рисунок 1.16. Схема міського їздового циклу на дорозі для АТС повною вагою до 3,5 т

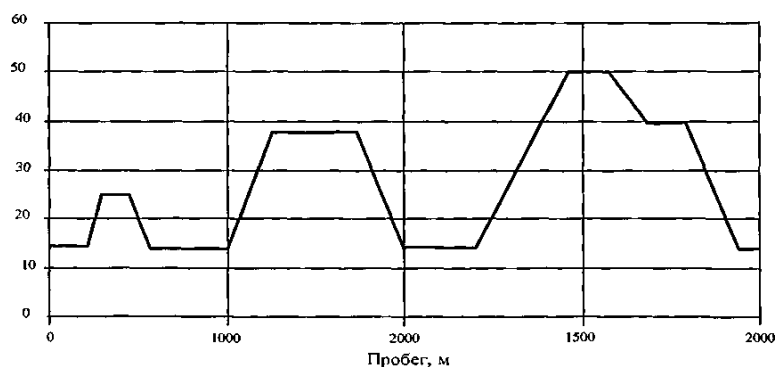


Рисунок 1.17. Схема міського циклу на стенді для АТС повною масою до 3,5 т (відстань, що проходить за кожне випробування, тобто два цикли – 2026 м)

ГОСТ 41.83-2004 «Єдині приписи щодо сертифікації транспортних засобів щодо викидів шкідливих речовин залежно від палива, необхідного для двигунів» [19] по суті є модифікованим варіантом чинних в ЄС Правил ЄЕК ООН № 83. Нижче представлені схеми їздових циклів, встановлювані ГОСТ 41.83-2004 під час випробування автомобілів на шкідливі викиди (рис. 1.18, 1.19).

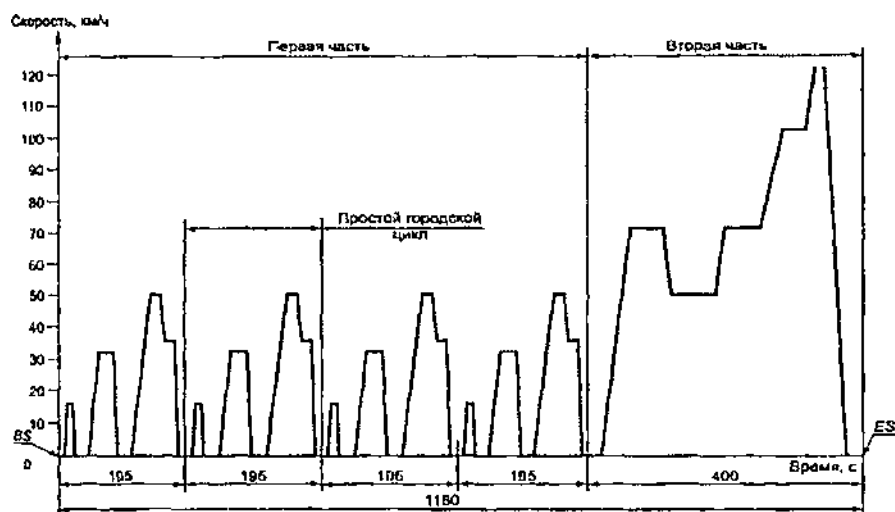


Рисунок 1.18. Випробувальний цикл, що складається з першої частини (міський цикл) та другої частини (позаміський цикл)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MPTAM 2120154. 000 ПЗ

Арк.

30

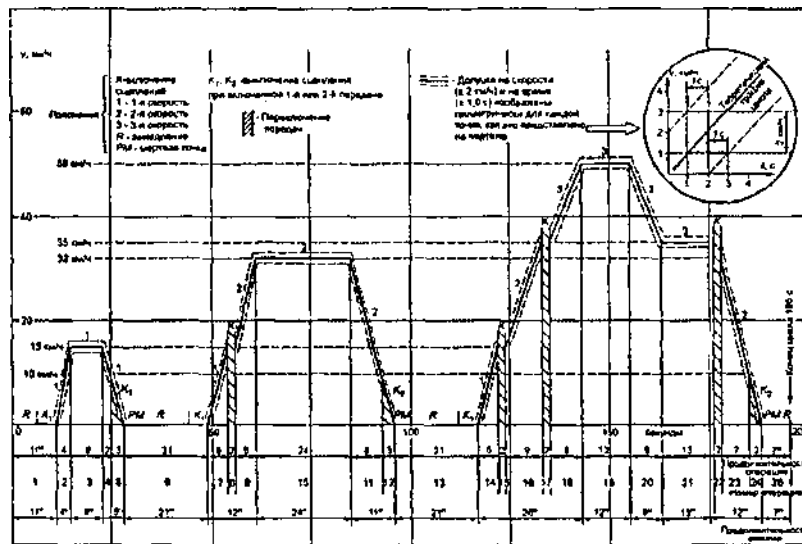


Рисунок 1.19. Простий міський випробувальний цикл на динамометричному стенді

Неважко помітити, що це цикл є точною копією NEDC (див. рис. 1.5).

Особливістю простого міського їздового циклу, що відповідає NEDC, є тривала фаза холостого ходу 30,8% і тривалий рух із постійною швидкістю 29,2% [19], що дозволяє віднести цей цикл, як і позаміський (друга частина рис. 1.18), до модального типу.

При використанні даних циклів для оцінки шкідливих викидів транспортних засобів за низької температури навколишнього середовища (випробування за типом VI), номінальна температура навколишнього середовища повинна бути $266 \text{ K } (-7 \text{ }^\circ\text{C}) \pm 3 \text{ K}$, але не менше $260 \text{ K } (-13 \text{ }^\circ\text{C})$ і не більше $272 \text{ K } (-1 \text{ }^\circ\text{C})$.

1.3.5. Аналіз характеристик існуючих їздових циклів

Проведемо коротке порівняння основних їздових циклів. Залежно від того, наскільки точно швидкісні профілі циклів відтворюють реальний їздовий шаблон, можна виділити американський FTP-75 і неофіційний європейський їздовий цикл NYZEM, що відносяться до їздових циклів, що не встановилися. На противагу їм європейський NEDC та японський 10-15 Mode цикли є

модальними.

З-поміж останніх найпоширенішими і використовуються є (модальний) Європейський NEDC і (невстановлений) Американський їздовий цикл FTP-75 [116].

Всі американські їздові цикли суттєво різняться залежно від середньої швидкості v (км/год), максимального значення прискорення a_{max} (м/с²) та максимальної специфічної потужності K_{max} (м²/с³). Значення K_{max} визначається як подвоєне твір швидкості на прискорення і є зміною кінетичної енергії автомобіля. Ці параметри представлені для п'яти циклів їзди США в табл. 1.3. HFEDS відтворює замиське ведення з найменшим K_{max} та найвищою середньою швидкістю, FTP 72 помірний цикл з низькими v , a_{max} та K_{max} оцінками. LA 92 істотно більш динамічний цикл, ніж HFEDS і FTP 72 цикли з більш високими a_{max} та K_{max} .

Таблиця 1.3 - Порівняльні характеристики їздових циклів США

Найменування	Параметри циклу		
	v (км/година)	a_{max} (м/с ²)	K_{max} (м ² /с ³)
HFEDS	77,6	1,5	31,4
FTP 72	31,4	1,5	38,4
LA 92	39,7	4,0	74,3
NYCC	11,4	2,7	38,8
US 06	77,2	3,8	97,3

NYCC відтворює міське водіння, що включає світлофори та пробки, із середньою швидкістю $v = 11,4$ км/год. US 06 дуже динамічний цикл із середньою швидкістю $77,2$ км/год, максимальне прискорення $a_{max} = 3,8$ м/с², а максимальна специфічна потужність $K_{max} = 91$ м²/с³ у 2,5 рази перевищує аналогічну змінну FTP циклу.

Європейські норми токсичності газів, що відпрацювали, часто порівнюються з нормами, що застосовуються в США, оскільки США були першою країною, яка застосувала законодавство для врегулювання проблеми вмісту токсичних речовин у відпрацьованих газах.

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для більш точної ілюстрації відмінностей між Європейським циклом їзди NEDC і американським циклом FTP-75 на малюнку нижче наведені дві криві, накладені один на одного [116] (рис. 1.20).

Вони різняться з погляду:

- тривалості перевірки,
- середньої швидкості автомобіля,
- максимальної швидкості автомобіля,
- інтервалів швидкості,
- фази запуску двигуна.

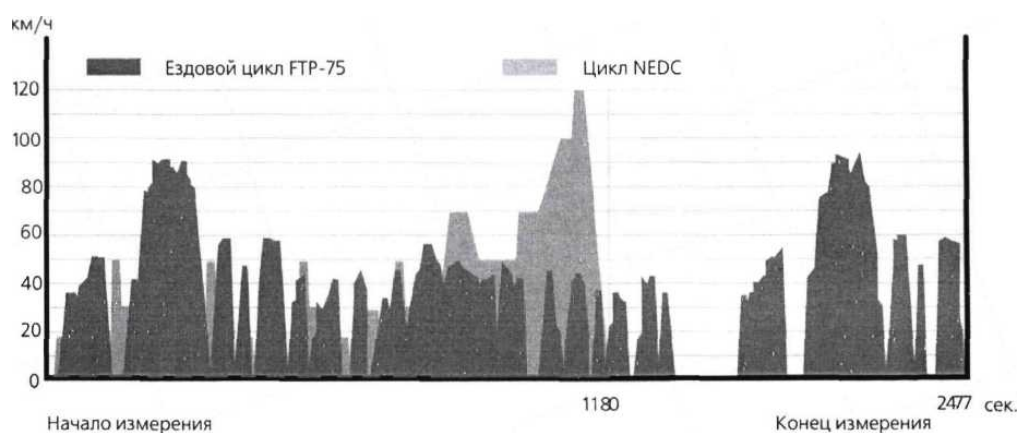


Рисунок 1.20. Накладання швидкісних профілів американського та європейського їздових циклів

Цикл FTP-75 є значно вимогливішим щодо фази запуску двигуна, ніж цикл NEDC, оскільки після холодного запуску в процесі прогріву каталізатора досягаються вищі швидкості.

Порівняльні характеристики їздових циклів США, ЄС та Японії представлені в табл. 1.4.

1.4. Методи отримання стандартних їздових циклів

Раніше їздові цикли отримували шляхом тривалих експериментальних досліджень з використанням спеціально обладнаних автомобілів – ходових лабораторій. Шляхом обробки зібраних у найбільших містах СРСР

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

експериментальних даних було отримано їздові цикли ГОСТу 20306-90 [16]. Звичайно, рівень автомобілізації в той період та в сучасних умовах кардинально різниться. Останнім часом набули великого поширення штучні чи синтетичні їздові цикли.

Таблиця 1.4 - Порівняння показників їздових циклів різних країн

Країна, регіон	Назва циклу	Час, сек	Середня довжина, м	Середня швидкість, км/год	Максимальна швидкість, км/год	Особливості виконання циклу
1	2	3	4	5	6	7
ЄС	NEDC	1180	11007	33,6	120	Початкова температура ОЖ двигуна дорівнює температурі навколишнього повітря
ЄС, Греція	ADC	1160	6512	20,21	70,86	
ЄС	ЄСЕ 15	780	4052	18,7	50	
	EUDC	400	6955	62,6	120	
США	FTP 75	1874	17770	34,1	91.2	
	SCO	594	5760	34.9	88.2	
Японія	10-15 mode (холодний старт)	120	4084	39,1	60	Двигун прогрітий до робочої температури
	10-15 mode (гарячий старт)	135	3980	24,15	40	

Постійні дослідження з розробки та вдосконалення їздових циклів проводять у США лабораторії EPA та SAE. Наприклад, лабораторія EPA вперше при розробці циклів використовувала електронну базу даних експерименту - накопичення даних про реальні швидкісні профілі у файлах [118]. Там же використовували звані «driving pattern» - елементарні складові циклів чи фази руху автомобіля [120]. Європейські вчені вперше використали кластерний аналіз та ланцюги Маркова при синтезі їздового циклу [122, 103,

104, 124]. В даний час ведуться роботи над проблемою скорочення часу та витрат для отримання типових їздових циклів, що відповідають заданим умовам руху.

Дослідники університету Cardiff University (Велика Британія) запропонували моделювати міські цикли руху за допомогою нейронних мереж. Основою розробки мережевої моделі є реальний міський дорожній цикл [114].

У роботі [115] запропоновано новий імовірнісний метод для дослідження їздових циклів, використаний для об'єднання базових циклів за допомогою дискретних ланцюгів Маркова. Базові цикли були поділені на 5 різних класів відповідно до максимальної оцінки ймовірності. Ці штучні фази руху об'єднуються відповідно до зміни прискорення і точно відтворюють особливості зміни швидкості реальних фаз руху за часом. Репрезентативний їздовий цикл було побудовано згідно з оцінками 14 характерних параметрів. Практичне застосування даного методу отримання їздового циклу було виконано на прикладі типових доріг у Хефеї (Китай). Раціональність методу ланцюгів Маркова для отримання циклів їзди була підтверджена незалежним тестом. Результати показують, що в порівнянні з традиційним експериментальним способом,

Дослідниками зі США у роботі [121] розвинена імовірнісна методологія визначення характеру зміни швидкості транспортного засобу та середньої варіації швидкості з урахуванням використання емпіричних розподілів даних виміру шкідливих викидів.

Найпоширенішим методом для оцінки витрати палива автомобілем є моделювання їздового циклу на бігових барабанах або використання імітаційного програмного забезпечення. Перший метод дуже складний, нефункціональний, тривалий у часі і затратний.

У роботі [133] представлена портативна бортова система "Drive Assist", призначена для випробування транспортного засобу на дорозі, без

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>35</i>

використання динамометра та інших приладів. Тут же запропоновано новий підхід, який полягає у моделюванні їздових циклів у реальному часі для прогнозування економії палива. Щоб визначити їздовий цикл «На дорозі», на транспортному засобі встановлюються необхідні засоби вимірювання та програмне забезпечення, а експлуатаційні параметри реєструються у міських транспортних умовах. Заснований на аналізі зареєстрованих даних, дорожній цикл їзди модифікується з використанням програмного забезпечення. Потіки інформації, такі як швидкість та координати автомобіля, знімаються із частотою 10 Гц від датчика GPS. Їздовий цикл відтворювався на відповідній випробувальній трасі.

1.5. Вплив температури повітря та режиму руху на паливну економічність автомобіля

Ступінь впливу різних факторів на витрату палива не однакова. А.М. Шейніним [97] зазначено, що при міському режимі руху 72-79% палива витрачається на теплові втрати у двигуні, 8-14% йде на подолання механічних втрат, 6-7% - на подолання інерційного опору розгону автомобіля, 3-4% - на подолання опору коченню шин і лише 1,5-2% пов'язані з втратами трансмісії і стільки ж з аеродинамічний опором. З зазначених вище співвідношень можна зробити висновок про переважний вплив на витрату палива температурного режиму двигуна та опору розгону, порівняно з іншими зовнішніми силами, що діють на автомобіль.

1.5.1. Режим руху

Торкання автомобіля з місця та рух його у важких дорожніх умовах відбуваються на нижчих передачах з недостатнім використанням потужності двигуна та збільшеним значенням питомої ефективної витрати палива g_e . Чим більше передатне число трансмісії, тим зазвичай більша кутова швидкість обертання колінчастого валу двигуна менше ступінь використання його потужності. Тому рух автомобіля на нижчих передачах супроводжується

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						36
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

збільшенням витрат палива [97].

Вивченню взаємозв'язку режиму руху автомобіля та його паливної економічності присвячено велику кількість робіт таких вчених як О.О. Чудаков, Д.А. Рубець, Б.С. Фалькевич, Н.А. Яковлев, Н.Х. Дяченко, М.І. Лур'є, О.М. Нарбут, Г.В. Зімелюв, Н.Я. Говорущенко, О.О. Токарев [1, 15, 30, 63, 64, 94, 97] та сучасних авторів.

Найбільш важким для формального аналітичного опису є процес витрачання палива під час руху автомобіля у режимі розгону. Зазвичай використовується принцип дискретного інтегрування, при цьому визначають витрату палива для малих прирощень часу, а потім підсумовуючи отримані значення і відносячи їх до пройденого шляху, отримують середнє значення дорожньої витрати палива [63].

Іншим варіантом розрахункового визначення витрати палива у процесі розгону є інтегрування секундної витрати палива за довжиною ділянки розгону [95].

Недоліки зазначених методів розрахункового визначення експлуатаційної витрати пов'язані з тим, що витрата палива в одиницю часу в процесі розгону не залишається постійною [84], що знижує точність визначення інтегральної величини витрати. Зазначених недоліків можна уникнути, якщо використовувати величину оборотної витрати палива, вперше запропонованого Леніним І.М у роботі [44], та використовувати імітаційне моделювання процесу витрати палива в псевдореальному часі як це реалізовано у роботі [98].

Розрахункове визначення витрати палива в режимі руху і при зупинці з працюючим двигуном добре піддається аналітичному опису, так як параметри роботи ДВС автомобіля в цьому випадку залишаються постійними. Математичні моделі для розрахунку витрати при роботі ДВЗ на холостому ході та русі автомобіля з постійною швидкістю описані в роботах [15, 63, 64, 94, 97].

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						37
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Авторами дослідження [25] пропонується рівняння регресії, що враховує вплив технічної швидкості, коефіцієнта використання місткості, середньої відстані між зупинками та температури повітря, що пропонується для визначення витрати палива розрахунковим шляхом. Тут же запропоновано встановлювати маршрутну норму окремо для години пік, міжпікової зони, вечірніх та ранкових годин. Аналогічне рівняння для вантажного автомобіля з урахуванням його експлуатації у міських умовах представлено у роботі [1].

Необхідно відзначити, що багато математичних моделей залежностей витрати палива від різних факторів для автомобілів з бензиновими двигунами, розроблені в період до 80-90-х років минулого століття, втратили свою актуальність з переходом автомобільної промисловості на двигуни з електронним управлінням упорскуванням палива. Наприклад, у режимі гальмування при включеному зчепленні подача палива сучасних двигунів з упорскуванням палива відключається. Навпаки, при гальмуванні з вимкненим зчепленням (накаті), частота обертання колінчастого валу та годинна витрата палива збільшуються в порівнянні з аналогічними показниками, що досягаються при зупинці з працюючим двигуном.

З останніх досліджень щодо впливу режиму руху на витрату палива автомобілем можна відзначити роботи [64, 94, 97].

1.5.2. Температура повітря

Експлуатація автомобілів у зимовий час має низку специфічних особливостей. При негативних температурах навколишнього середовища пуск та прогрів двигуна утруднений у зв'язку з погіршенням випаровування палива та зростанням механічних втрат.

Взимку автомобілі витрачають близько 50% палива при неоптимальних режимах роботи двигуна, а для коробки передач, заднього моста та шин ці режими взагалі не досягають оптимальних значень. Експлуатація автомобілів зі зниженою температурою рідини, що охолоджує, завжди пов'язана зі збільшенням витрати палива, що у непрогрітого двигуна призводить до

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

збагачення горючої суміші. Це відбувається через збільшені втрати на тертя, пов'язані з підвищенням в'язкості моторного масла.

Дані [89] свідчать про те, що економіка палива для міського їздового циклу при холодному пуску і русі 4 км з непрогрітим двигуном погіршується на 50% від паливної економічності повністю прогрітого автомобіля [102].

За даними роботи [25] питома дорожня витрата палива автомобіля «Ніссан Кашкай» при зміні температури повітря з 10 °С до -30 °С при швидкості 60 км/год збільшується на 12,3 %, а при швидкості 90 км/год - на 24,2%. Крім зазначеного автором роботи [25] збільшення аеродинамічного опору повітря при низькій температурі і високій швидкості, тут швидше за все, впливає збільшення потоку охолоджуючого повітря через підкапотний простір і пов'язане з цим зміна теплового балансу двигуна.

Дослідженню процесів прогріву автомобільних двигунів на холостому ходу та у русі присвячені роботи [22, 24, 33, 41, 42]. Однак останніми роками, у зв'язку з появою сучасних форсованих двигунів з розподіленим упорскуванням, керованим мікропроцесором, багато хто з них втратив актуальність. У зв'язку з цим розглянемо основні особливості прогріву саме таких двигунів, процес витрачання палива в яких об'єкт дослідження дисертаційної роботи.

Ще кілька років тому автомобілі з упорсковими двигунами, що імпортуються до України, не були адаптовані до холодного пуску. Наприклад, за даними [69] з 10 автомобілів Toyota RAV4 жоден не запустився за температури нижче -20 °С. Зараз більшість автомобілів, що поставляються в Росію, так і збираються на наших заводах, впевнено запускаються і при нижчих температурах.

У роботі [31] введено поняття «мінімальні пускові обороти колінчастого валу» та зазначено, що їхня величина безпосередньо залежить від температури двигуна.

Автори [28] відзначають, що швидкість прогріву двигуна пов'язана з

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частотою обертання його колінчастого валу і дозою палива, що впорскується, а також вказують на необхідність використання для дослідження цього процесу імітаційного моделювання.

У роботі [100] зроблено висновок про те, що процес прогріву автомобільного двигуна складається з трьох стадій: нерегулярного прогріву, регулярного та стаціонарного, причому перша стадія занадто нетривала, а остання практично недосяжна, при регулярному прогріванні його швидкість або темп прогріву буде пропорційним потужності внутрішнього джерела енергії і обернено пропорційним теплоємності та масі двигуна.

Автори дослідження [29] на прикладі впорскування двигуна ВАЗ-21093 роблять висновок про доцільність використання для його прогріву при температурах повітря нижче -10°C комбінованого режиму, тобто поєднання прогріву на холостому ході і в русі.

Багато дослідників відзначають, що сучасні синтетичні олії значно знижують знос автомобільних двигунів при холодному пуску, проте більшість, наприклад [1, 69], рекомендують роботу двигуна на початку прогріву на оборотах холостого ходу.

1.5.3. Диференційоване нормування витрати пального

Значний вплив температури навколишнього середовища та режиму руху автомобіля на величину витрати палива послужило основою розробки та впровадження диференційованого, залежно від значень зазначених факторів нормування, витрат палива. Коригування величини базових норм витрати палива в діючій методиці [65] здійснюється за допомогою граничних значень фіксованих коефіцієнтів-надбавок. Однак положення [65] не забороняють встановлення величини надбавок відповідно, наприклад, із середньодобовою температурою повітря. Це стало основою розробки в 70-ті роки минулого століття системи диференційованих, залежно від температури та режиму роботи автомобіля («місто», «за містом»), зимових надбавок до норм витрати палива [74]. До недоліків системи диференційованого коригування за

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допомогою зимових надбавок можна віднести ступінчасту за інтервалами зміну температури навколишнього середовища та недостатній облік впливу режиму руху автомобіля.

1.6. Взаємозв'язок характеристик їздового циклу, температури навколишнього середовища та паливної економічності

Природно припустити, що міський їздовий цикл, покликаний імітувати усереднений реальний цикл руху автомобілів у місті, за своїми характеристиками має бути наближений до нього. Витрата палива в циклах, що імітують їзду в місті, безпосередньо залежить від характеристик цих циклів, чим більше змін швидкості, тим гірша паливна економічність, причому найбільш негативний вплив на економічність циклу надають зупинки з працюючим двигуном. Авторами [112] встановлено, що викиди шкідливих речовин для одного і того ж двигуна при різних температурах навколишнього повітря та різних циклах руху істотно відрізняються. Це свідчить, що має місце спільне вплив цих чинників на викиди шкідливих речовин, отже, і витрата палива у циклі.

Наразі немає єдиної думки щодо необхідності попереднього прогріву двигуна перед початком руху автомобіля, як серед фахівців-дослідників у галузі технічної експлуатації автомобілів, так і серед інженерів-експлуатаційників. Про це свідчить той факт, що посібники з експлуатації сучасних автомобілів іноземного виробництва наказують починати рух відразу після холодного пуску двигуна, водночас вітчизняні автовиробники у своїх посібниках вказують на необхідність обов'язкової роботи двигуна на холостому ходу перед початком експлуатації. Думка перших викликана міркуваннями екології, що у Європі, навіть Японії має найвищий пріоритет. В Україні діє ГОСТ. 54120-2010 [20], який встановлює норматив часу для підготовки двигуна до прийняття навантаження, наприклад, для бензинових ДВЗ при температурі -20°C цей час не перевищує 8 хвилин. Незважаючи на заперечення необхідності прогріву, такий великий виробник автомобілів як

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«Тойота Моторе Компані» в останній моделі свого автомобіля Toyota RAV4 2013 встановлює індикатор низької температури ОЖ ДВЗ, який, як показали випробування, відключається при температурі 45 °С, що відповідає зсуву індикатора температури до другого поділу шкали.

Необхідно враховувати той факт, що поки температура охолоджуючої рідини не досягла певного значення (для більшості сучасних ДВЗ з розподіленим упорскуванням це 30 - 40 °С) двигун працює в режимі відкритого циклу [89]. Це означає, що склад робочої суміші не є оптимальним і повинен лише забезпечувати стійку роботу на неодруженому ході і тільки після досягнення цієї температури алгоритм керування упорскуванням палива переходить на замкнутий цикл. Цей режим передбачає використання всіх датчиків для визначення оптимального складу паливо-повітряної суміші, у тому числі й тих, що забезпечують зворотний зв'язок по відпрацьованих газах, тобто Лямбда-зонти або датчиків кисню. Переведення двигуна, що працює за відкритим циклом, фактично в аварійному режимі, на підвищенні навантаження, може призвести до небажаних наслідків як для екології,

Висновки. Завдання дослідження

За результатами аналізу стану питання можна зробити такі основні висновки:

1. Більшість розвинених країн світу мають кілька стандартних їздових циклів, які призначені для оцінки паливної економічності та екологічних якостей автомобіля у різних типових умовах. Причому порядок та умови проведення різних їздових циклів навіть у межах однієї країни суттєво різняться.

2. Постійне оновлення та заміна застарілих циклів пов'язані з тим, що умови руху в містах і поза ними досить швидко змінюються з часом.

3. Найбільш адекватні реальним умовам руху їздові цикли, що не встановилися.

4. Методи отримання синтетичних їздових циклів постійно

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вдосконалюються для того, щоб скоротити час синтезу циклу і підвищити точність відтворення реальних умов руху автомобілів.

5. Переважна кількість відомих їздових циклів передбачає початок виконання циклу з повністю прогрітим двигуном, тим часом доведено вплив низької температури навколишнього середовища на характеристики їздового циклу автомобіля в місті.

6. Встановлено, що виконання їздового циклу з непрогрітим двигуном суттєво погіршує показники паливної економічності та екологічності автомобілів.

У якості робочих гіпотез дослідження передбачається:

1. Об'єктивне визначення витрати палива автомобіля за низьких температур повітря в міських умовах можливе на базі імітаційного моделювання спеціального «зимового» їздового циклу.
2. Характеристики міського їздового циклу в умовах низьких температур повітря суттєво відрізнятимуться від аналогічного шаблону для позитивних температур.
3. В умовах міста, де довжина поїздки обмежена та значно нижча, ніж за містом, переважатиме перша фаза повного їздового циклу – прогрів ДВС на холостому ході.

На підставі сформульованої проблеми та мети дослідження визначено завдання роботи:

1. Теоретично обґрунтувати методику формування структури та характеристик міського їздового циклу для низькотемпературних умов експлуатації;
2. Розробити імітаційну модель процесу витрачання палива автомобілем під час руху по міському їздовому циклу та низьких температурах навколишнього середовища;
3. На основі експериментальних досліджень синтезувати швидкісний профіль міського циклу їзди;

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						43
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4. Експериментально підтвердити адекватність аналітичних закономірностей, що використовуються в імітаційній моделі процесу витрачання палива, провести її налагодження та налаштування;
5. Розробити практичні рекомендації щодо впровадження результатів роботи.

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>44</i>

«температура навколишнього» повітря». Таким чином, елементи «водій», «дорога» та частково «довкілля» системи ВАДС у нас будуть представлені одним елементом – «типовий їздовий цикл». Доцільність виділення вивчення та використання такого елемента була відзначена у попередньому розділі.

Такий підхід дозволить уникнути необхідності врахування впливу численних факторів навколишнього середовища, дорожніх умов, психофізіологічних, особистісних та професійних характеристик водія тощо. Всі ці фактори опосередковано будуть представлені елементом типовий їздовий цикл автомобіля. Схема взаємодії елементів ВАДС та нашого структурного елемента «їздовий цикл автомобіля» представлена нижче (рис. 2.2).

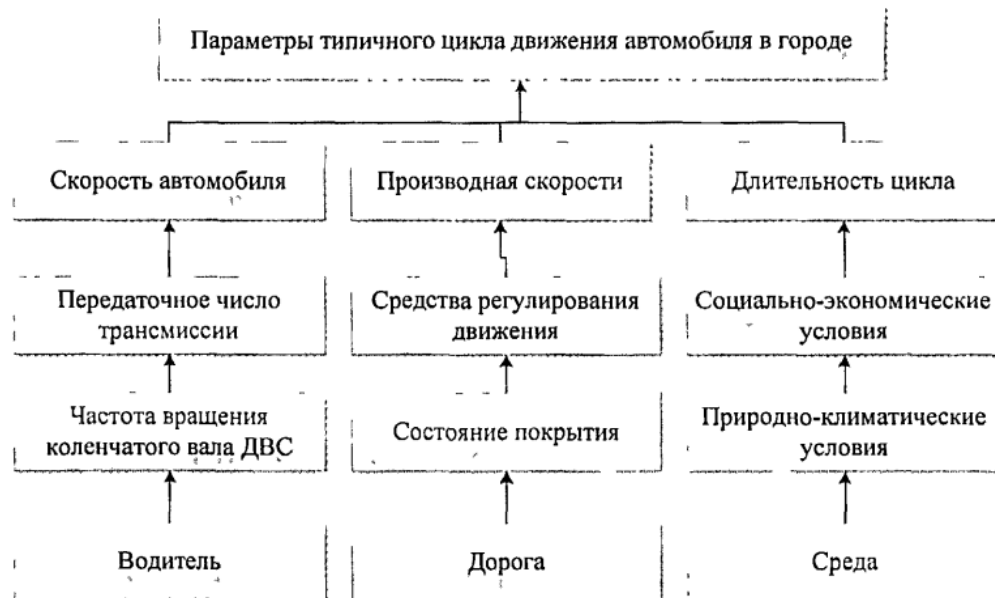


Рисунок 2.2. Схема формування параметрів циклу

Елемент «автомобіль» також матиме взаємозв'язок із параметрами циклу, але його вплив на них нівелюється тим, що ми розглядаємо автомобілі одного типу з приблизно співвідносними конструктивними особливостями. Елемент «двигун», хоч і входить у підсистему «автомобіль», але виділений як окремий елемент, оскільки саме він зрештою визначає паливну економічність усієї системи таким чином, система, що вивчається, матиме вигляд (рис. 2.3).

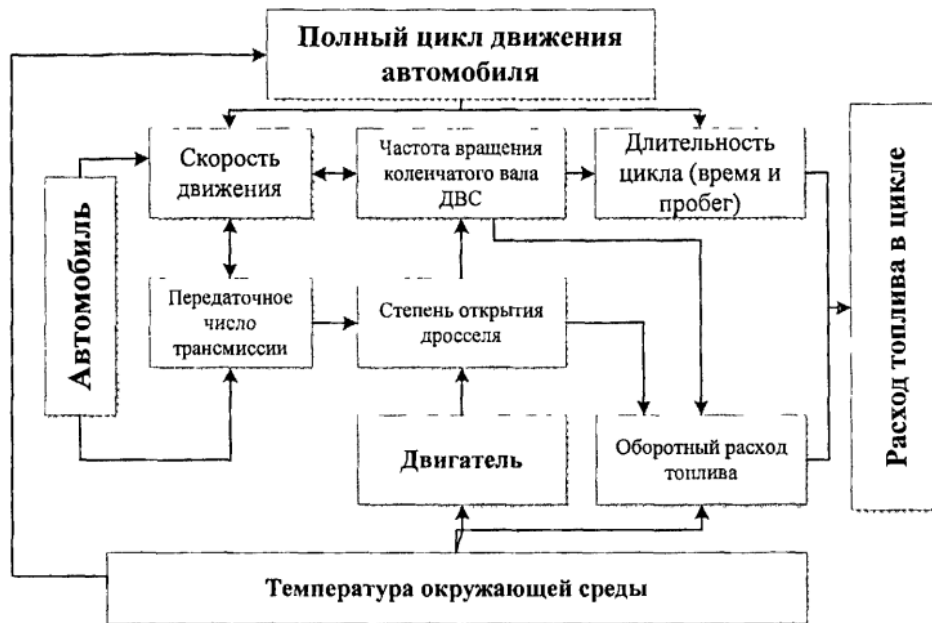


Рисунок 2.3. Структурна схема системи, що вивчається

А загальна методика досліджень представлена на рис. 2.4.

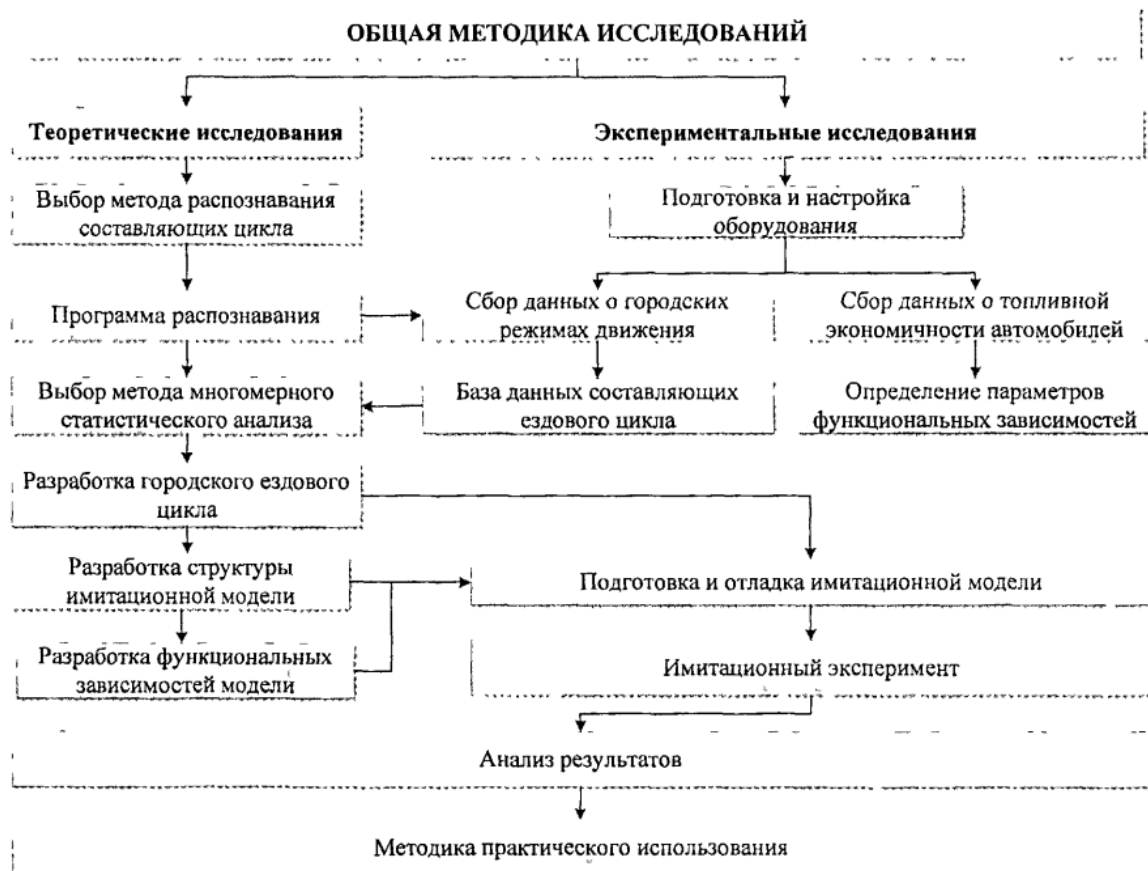


Рисунок 2.4. Загальна методика досліджень

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.2. Теоретичне обґрунтування синтезу міського їздового циклу в умовах низьких температур

2.2.1. Загальна структура циклу

Відомо, що рух автотранспортного засобу, особливо у міських умовах, є циклічним, тобто періодично повторюються характерні складові (фази) повного циклу руху. Прийнято виділяти такі фази руху:

- зупинка з працюючим двигуном;
- рух, що встановився;
- розгін;
- гальмування двигуном;
- гальмування з вимкненою трансмісією;
- комбіноване гальмування;
- накат.

В даний час над створенням синтетичних їздових циклів активно працюють за кордоном, у нас такі дослідження практично не проводяться.

Лабораторія ЕРА США [118, 122, 123] як елементи структури циклу виділяє мікропоїздки - «Microtrips», частина швидкісного профілю, що починається і закінчується зупинкою автомобіля. Дані про швидкісні профілі накопичуються в цифровому вигляді в базі даних.

З урахуванням наявного програмного забезпечення [50], як елементарні складові повного циклу руху автомобіля, використовуємо окремі фази руху з встановленими чисельними значеннями їх параметрів - початкової та кінцевої швидкості, протяжності та часу виконання.

2.2.2. Особливості режиму руху автомобіля, що встановився

У спеціальній літературі дуже часто використовують термін «усталений рух автомобіля» або «режим руху автомобіля, що встановився» [12, 15, 24, 30, 74, 86, 89]. Відповідно до Великої радянської енциклопедії [132], «встановлений режим - стан, в який приходить механізм або технічна система після перехідного процесу, викликаного появою впливу, що обурює, або

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

початковим відхиленням координат системи». У нашому випадку впливами, що обурюють, будуть розгін і гальмування. Виникає питання, чи це рух з постійною швидкістю. Практика показує, що рух автомобіля з постійною швидкістю досить тривалий час для того, щоб враховувати його як окремий елемент повного їздового циклу, практично неможливо. Навіть автомобілі, обладнані системою круїз-контроль, допускають незначну зміну швидкості активації цього режиму. Відхилення швидкості від заданого значення обумовлені впливом різних випадкових чинників, наприклад, змінної швидкості вітру, рельєфу місцевості, дороги у плані тощо. У нашому випадку за режим, що встановився, будемо приймати класичне визначення з теорії машин і механізмів. режим руху машини настає тоді, коли робота зовнішніх сил за цикл не змінює її енергії, тобто сумарна робота зовнішніх сил за цикл руху дорівнює нулю [48]

$$A_{\text{дц}} = A_{\text{ср}}, A_{\Sigma}^u = \Delta T = 0,$$

де: $A_{\text{д}}^u$, $A_{\text{с}}^u$, A_{Σ}^u - відповідно, роботи рушійних сил за цикл, сил опору за цикл; сумарна робота зовнішніх сил за цикл;

ΔT - збільшення кінетичної енергії.

На відміну від класичної теорії машин, у нашому випадку, аналізуючи баланс робіт, розглядатимемо не кутову, а лінійну швидкість.

2.3. Імітаційна модель процесу витрати палива під час руху автомобіля у їздовому циклі

2.3.1. Обґрунтування дискретного характеру імітаційної моделі

Процес роботи впорскованого автомобільного двигуна, що є базовим елементом нашої системи та імітаційної моделі, лише умовно можна вважати безперервним. Сам принцип дії чотиритактного двигуна внутрішнього згоряння, що передбачає чотири окремі такти, має на увазі деяку дискретність, з метою її зменшення використовується маховик. Не кажучи вже про сучасний двигун, де впорскування палива здійснюється дозовано і через певні проміжки часу. На думку [12], поршневий автомобільний двигун можна представити як

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

об'єкт, на вхід якого надходить аналогова керуюча інформація - керуючий вплив з боку водія, що обурює вплив з боку трансмісії та агрегатів і так далі, а виходом якого є імпульси індикаторної потужності, тобто як об'єкт із внутрішньою дискретизацією, у якому циклічність функціонування є органічною властивістю. Звідси зрозуміло, що розглядати питання про характер організації управління робочим процесом поршневого двигуна слід із двох точок зору. З погляду показників управляючих впливів і сигналів і з погляду внутрішніх властивостей двигуна як об'єкта циклічного впливу.

Проблема відтворення безперервних процесів за допомогою дискретних відліків (значень фізичної величини, яка є безперервною, що фіксуються у певні проміжки часу). При певному інтервалі часу між сусідніми відліками, що називається частотою дискретизації, дискретний процес адекватно відтворює відповідний безперервний (рис. 2.5). Існує теорема Котельникова [85] (в англійській літературі - теорема Найквіста - Шеннона або теорема відліків), яка свідчить, що якщо аналоговий сигнал має обмежений спектр, то він може бути відновлений однозначно і без втрат за своїми дискретними відрахунками, взятими з частотою суворо більшої подвоєної максимальної частоти спектра Ω .

$$f > \frac{\Omega}{\pi},$$

де Ω - Верхня частота в спектрі.

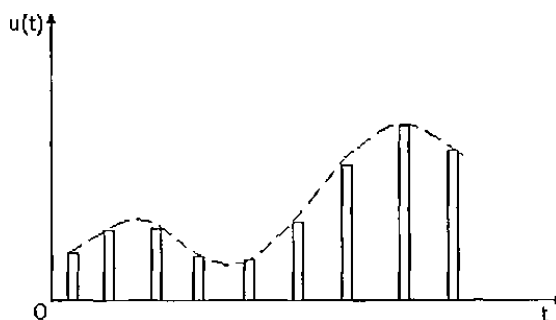


Рисунок 2.5. Відтворення безперервної функції дискретними відліками

Теоретично, у разі частота спектра визначатиметься частотою обертання колінчастого валу двигуна. Якщо ми візьмемо максимальну частоту обертання

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

колінчастого валу двигуна сучасного легкового автомобіля 6000 хв^{-1} і переведемо її в с^{-1} , то отримаємо максимальну частоту спектра роботи ДВЗ 100 Гц. Насправді частота обертання рідко сягає частоти 6000 об^{-1} , тому достатньо частоти дискретизації в 200 Гц. Перевівши її в період між відліками Д отримаємо – 5000 мкс. Оптимальним з точки зору швидкості моделювання було б використання плаваючої частоти дискретизації, наприклад, на холостому ході вона може бути знижена до $\Delta=10^6/(2 \cdot (600/60))=50000 \text{ мкс}$ чи 50 мс.

Все це було б справедливо, якби не було інерції частин двигуна і маховика, що обертаються, тобто частота обертання реально падала б до деякого значення і зростала до максимуму в кожному циклі роботи двигуна. Враховуючи досить рівномірну роботу двигуна, як максимальний спектр для нашої моделі необхідно вибрати огиначну спектрограму частоти обертання ДВС, виділивши з неї максимальну частоту. Це легко зробити, використовуючи дані про частоту обертання ДВЗ, що знімаються з швидкого CAN-контролера через OBD.

2.3.2. Вибір системи моделювання

Нині відомі кілька видів імітаційного моделювання. Агентне моделювання - відносно нове (1990 - 2000-і рр.) [148] напрямок в імітаційному моделюванні, яке використовується для дослідження децентралізованих систем, динаміка функціонування яких визначається не глобальними правилами та законами (як в інших парадигмах моделювання), а навпаки, коли ці глобальні правила та закони є результатом індивідуальної активності членів групи. Мета агентних моделей — отримати уявлення про ці глобальні правила, загальну поведінку системи, виходячи з припущень про індивідуальну, приватну поведінку її окремих активних об'єктів та взаємодію цих об'єктів у системі. Агент — певна сутність, що має активність, автономну поведінку, може приймати рішення відповідно до деякого набору правил.

Система керування двигуном або ЕБУ враховує стан значної кількості

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						51
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

датчиків [12] (див. рис. 2.7).

Обмеженнями моделі, що розробляється, буде те, що ми імітуватимемо і враховуватимемо стани датчиків, що визначають вихідний параметр нашої системи - витрата палива.

За даними [12] параметри робочого циклу двигуна поділяються на дві групи. Перша називається умовами перебігу робочого циклу. До неї відносяться: частота обертання колінчастого валу двигуна $n_{об}$, температура повітря на впуску $t_в$, температура охолоджуючої рідини $I_{ож}$. Друга - керовані параметри чи регулювання робочого циклу: циклова подача палива $q_ц$, склад суміші α , Кут випередження запалювання $U_{оз}$, кількість рециркулюючих залишкових газів E_{gr} і так далі. Ми будемо враховувати першу групу параметрів, всі інші елементи системи управління двигуном вважатимемо справними і виконують всі свої функції, але не впливають на величину витрати палива або впливають у фоновому режимі, що враховуватимемо через встановлення взаємозв'язків між елементами блоку.



Рисунок 2.7. Структура системы керування робочим процесом двигуна

Найпростішим і найточнішим способом імітації процесу витрати палива при русі автомобіля за їздовим циклом було б використання в блоці «Двигун» алгоритму роботи контролера та карти прошивок, проте, враховуючи закритість цієї інформації, а також те, що нам необхідно імітувати процес для різних марок і моделей автомобілів, що мають індивідуальні особливості реалізації систем керування двигуном, використовуватимемо менш точний, але більш універсальний підхід. Це буде встановлення функціональних залежностей між параметрами роботи двигуна та зовнішніми параметрами у реальному двигуні, що фіксуються за допомогою датчиків.

Важливим фактором, що визначає циклову витрату палива $q_{ц}$, є циклове наповнення $G_{ци}$. На його величину впливають температура, об'єм та тиск залишкових газів, що залежать від протитиску на пуску та ступеня їх перетікання у впускну систему при перекритті клапанів; температура та тиск повітря на впуску, що визначаються газодинамічними процесами та умовами теплообміну повітря, що надходить, з деталями впускної системи та переточними газами; дійсний ступінь стиснення, що обумовлюється фазами газорозподілу та ступенем газодинамічного наддуву; склад залишкових газів тощо. Більшість параметрів, визначальних циклове наповнення, може бути виміряно безпосередньо навіть у лабораторних умовах [12]. А значить, ці фактори не можуть бути визначені в процесі керування робочим процесом двигуна та можуть змінювати своє значення під час експлуатації автомобіля. Крім зазначених вище, циклове наповнення є функцією ступеня відкриття дросельної заслінки та частоти обертання двигуна. Ці ж параметри впливають на оборотну витрату палива, тому величину циклової витрати можна враховувати в одній математичній моделі із зазначеним фактором.

У реальному двигуні циклова витрата враховується за допомогою показань анеометричного датчика масової витрати повітря та датчика частоти обертання колінчастого валу. У разі чотиритактного чотирициліндрового ДВС циклова витрата відповідає зворотному. Оборотної витрати палива в

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чотиритактному чотирициліндровому ДВС з розподіленим упорскуванням відповідає паливу, що впорскується в циліндр форсункою протягом робочого ходу. Ця величина може бути обчислена з урахуванням часу відкриття клапана форсунки, її прохідного перерізу та тиску в рампі. Цей показник функціонально пов'язаний із температурою зовнішнього середовища та температурою повітря на вході в двигун. Таким чином, частота обертання колінчастого валу, ступінь відкриття дроселя і температура зовнішнього середовища, що використовуються в моделі, опосередковано враховувати фактор циклової витрати повітря при визначенні оборотної витрати з урахуванням кута відкриття дроселя, частоти обертання колінчастого валу, температури двигуна та зовнішнього середовища.

Оборотний або цикловий витрата палива, як величина постійна для цієї марки і моделі двигуна, вже використовувався в імітаційній моделі прогріву автомобільного двигуна, реалізованої також на базі системи «Stamm» [98], де встановлено, що температура двигуна та навантаження на нього впливатимуть на величину оборотної витрати у вигляді:

$$q_{об} = a + s_1 \cdot (t_0 - t_{дв})^2 + s_2 \cdot \varphi, \quad (2.1)$$

де a – параметр моделі, мг;

s_1 - параметр чутливості витрат палива до зміни температури, мг/°C²;

t_0 - оптимальна витрата палива температура двигуна, °C;

$t_{дв}$ - температура двигуна, °C;

s_2 - параметр чутливості щодо витрати палива до зміни ступеня відкриття дроселя, мг/%;

φ - ступінь відкриття дроселя, %.

Ця модель критично переосмислена та уточнена на основі наступних припущень:

- дане рівняння не враховує впливу наповнення циліндрів робочою сумішшю, що в реальному двигуні контролюється за допомогою датчика масової витрати палива; відомо, що наповнення циліндрів свіжим зарядом

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

погіршується у разі підвищення частоти обертання двигуна [98];

- значення часу упорскування палива в циліндр збільшується при зниженні температури охолоджуючої рідини, логічно припустити, що ця корекція виконується першою, так як вона має місце при роботі двигуна на холостому ході та в режимі примусового холостого ходу, коли частота обертання колінчастого валу двигуна та ступінь відкриття дроселя постійні;

- оборотна витрата палива та ступінь відкриття дроселя пов'язані лінійно, це визначається логікою управління двигуном та швидкістю автомобіля за допомогою дросельної заслінки.

Таким чином, рівняння для визначення оборотної витрати (мг/оборот) матиме вигляд:

$$q_{об} = q_0(t_{дв}) + a \cdot (\varphi - \varphi_0) + a \cdot n_{дв}, \quad (2.2)$$

де $q_0(t_{дв})$ - значення оборотної витрати, що коригується залежно від температури двигуна, мг;

φ - ступінь відкриття дроселя, %;

φ_0 - мінімальний ступінь відкриття дроселя під час роботи прогрітого до робочої температури двигуна на холостому ході, %;

$n_{дв}$ - частота обертання колінчастого валу двигуна, хв⁻¹;

a, a_1 - параметри-константи моделі, мг/% та мг/хв⁻¹.

Функцію $q_0(t_{дв})$ визначимо як:

$$q_0 = q_{0xx} + a_2 \cdot (t_{дв0} - t_{дв}), \text{ при } t_{дв} < t_{дв0} \quad (2.3)$$

де q_{0xx} - базове значення обігової витрати палива на холостому ході при робочій температурі двигуна, мг;

$t_{дв0}$ - робоча температура охолоджувальної рідини, що визначається оптимальними характеристиками системи охолодження, одержуваними при проектуванні ДВЗ і автоматично підтримувана термостатом, °С;

a_2 - параметр моделі, мг/°С.

Ця гіпотеза потребує експериментальної перевірки.

У цій же роботі [98] висунуто припущення про вплив оборотної витрати

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на швидкість прогріву двигуна через збільшення температури за один оборот колінчастого валу двигуна $\Delta t_{дв}$, ця залежність представлена у вигляді моделі:

$$\Delta t_{дв} = b + c \cdot (q_0 - q_{об})^2 - d \cdot t_в - e \cdot t_{дв}, \quad (2.4)$$

де $q_{об}$ – витрата палива за один оборот колінчастого валу, мг;

q_0 - мінімальне значення обігової витрати палива, мг;

$t_в$ - температура довкілля, °С;

$t_{дв}$ - температура охолоджуючої рідини двигуна, °С;

b, c, d, e - параметри моделі, °С, °С/мг, -, -.

На основі критичного аналізу цієї моделі, а також теоретичних положень, висунутих при її обґрунтуванні [98], припустимо, що залежність збільшення температури на один оборот матиме такий вигляд:

$$\Delta t_{дв} = a_3 q_{об} + a_4 \cdot (t_{дв0} - t_{дв}) + a_5 t_в, \quad (2.5)$$

де a_3, a_4, a_5 – параметри моделі, °С/мг, -, -.

Ця залежність встановлена на підставі таких припущень:

- кількість теплової енергії, що вноситься в двигун при згорянні палива, пропорційно кількості палива, що впорскується в циліндр;
- знижена, порівняно з робочою, температура двигуна зменшуватиме швидкість його нагрівання, пропорційно різниці цих температур; з моменту відкриття термостата її вплив відсутній, оскільки тепло, що віддається в радіатор, регулюється автоматично;
- температура навколишнього середовища є негативним членом теплового балансу двигуна, при припущенні про те, що навколишнє середовище має нижчу температуру і забирає тепло.

Висунута гіпотеза також потребує експериментального підтвердження.

Більшість сучасних автомобілів мають підвищену частоту обертання колінчастого валу ДВС при його пуску, що поступово знижується під час його прогріву до робочої температури. Припустимо лінійний вид функціональної залежності між температурою $t_{дв}$ та частотою $n_{дв}$:

$$n_{дв} = n_{дв0} + a_6 \cdot (t_{дв0} - t_{дв}), \quad (2.6)$$

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $n_{\text{дв0}}$ - частота обертання колінчастого валу двигуна на холостому ході при робочій температурі рідини, що охолоджує, хв^{-1} ;

$t_{\text{дв0}}$ - робоча температура охолоджуючої рідини, $^{\circ}\text{C}$;

a_6 - параметр моделі, $\text{мін}^{-1}/^{\circ}\text{C}$.

Для роботи холодного двигуна на холостому ході необхідна збагачена суміш, значить положення дроселя також буде пов'язане з $t_{\text{дв}}$, як гіпотезу використовуємо:

$$\varphi = \varphi_0 + a_7 \cdot (t_{\text{дв0}} - t_{\text{дв}}), \quad (2.7)$$

де φ_0 - положення дросельної заслінки двигуна на холостому ході при робочій температурі рідини, що охолоджує, %;

$t_{\text{дв0}}$ - робоча температура охолоджуючої рідини, $^{\circ}\text{C}$;

a_7 - параметр моделі.

Значний вплив на величину $\Delta t_{\text{дв}}$ надає включений вентилятор обігрівача салону автомобіля. З метою спрощення імітаційною моделлю можна параметри моделей для темпу приросту температури визначати з обмеженнями у вигляді мінімального положення регулятора вентилятора обігрівача, що цілком допустимо в більшості випадків зимової експлуатації. Компонент, що імітує вплив температури повітря та швидкості вентилятора на швидкість прогріву, може бути пізніше вбудований у діючі моделі без необхідності суттєвого втручання у вже реалізовані залежності.

Процес теплопередачі в теплообміннику, яким є радіатор нагрівника салону, описується рівнянням теплового балансу для стаціонарного режиму, з якого випливає співвідношення [8, с.233]:

$$\frac{M_2 \cdot c_2}{M_1 \cdot c_1} = \frac{t_1' - t_1''}{t_2'' - t_2'}, \quad (2.8)$$

де M_1 і M_2 - вартові витрати відповідно гріє і нагрівається середовищ, кг/годину ;

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

c_1 та c_2 - їх середні масові теплоємності, ккал/(кг·град);

$t_1' - t_1''$ - Падіння температури гріючого середовища, ° С;

$t_2'' - t_2'$ - приріст температури середовища, що нагрівається, °С.

Продуктивність насоса пропорційна частоті обертання його валу. Насос системи охолодження наводиться від колінчастого валу двигуна з постійним передатним числом і рух теплоносія через радіатор обігрівача йде по малому колу системи охолодження та у разі відсутності системи клімат-контролю масову витрату охолоджуючої рідини через обігрівач можна записати у вигляді:

$$M_2 = \frac{M_{\text{мин}} \cdot n_{\text{дв}} \cdot i}{n_{\text{хх}} \cdot i} = \frac{M_{\text{мин}} \cdot n_{\text{дв}}}{n_{\text{хх}}} = a_1 \cdot n_{\text{дв}} \quad (2.9)$$

де $M_{\text{мин}}$ - мінімальна продуктивність насоса системи охолодження при роботі ДВЗ на холостому ході, г/сек;

$n_{\text{дв}}$ - частота обертання колінчастого валу двигуна, с^{-1} ;

$n_{\text{хх}}$ - мінімальна частота обертання колінчастого валу на холостому ході, с^{-1} ;

a_1 - константа для даного двигуна, г.

Для вентилятора обігрівача має місце пропорційне зменшення продуктивності при зниженні частоти обертання лопатей від максимального значення, враховуючи, що діапазон швидкостей обертання, що вибираються, розбитий на N рівних проміжків, можна записати співвідношення:

$$M_2 = \frac{M_{\text{макс}} \cdot n_{\text{макс}} \cdot N_{\text{в}}}{N} = a_2 \cdot N_{\text{в}}, \quad (2.10)$$

де $M_{\text{макс}}$ - максимальна продуктивність вентилятора, г/сек;

$n_{\text{дв}}$ - максимальна частота обертання лопат вентилятора, с^{-1} ;

N - максимальна кількість швидкостей вентилятора;

$N_{\text{в}}$ - поточне значення швидкості вентилятора;

a_2 - константа для даного обігрівача салону, г/сек.

Переходячи до міжнародної системи одиниць $СИ$ та підставляючи

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

співвідношення (2.9) та (2.10) у формулу (2.8) отримаємо:

$$\frac{a_2 \cdot c_2 \cdot N_{\text{в}}}{a_1 \cdot n_{\text{дв}}} = \frac{t_1' - t_1''}{t_2'' - t_2'}$$

В якості t_1' приймаємо температуру охолоджуючої рідини двигуна $t_{\text{дв}}$, а в якості t_2' - температуру навколишнього повітря t_6 . При прямоточному теплообміннику не можна нагріти теплоносій вище температури, при якій залишає апарат теплоносій, що гріє, тобто $t_2'' < t_1''$, у разі протитоку кінцева t_2'' температура може бути більшою, ніж t_1'' [8, с.235]. У більшості конструкцій автомобільних обігрівачів салону використовується поперечний протічечію, допустимо прийняти $t_2'' = t_1'$ або $t_2'' = t_6$. З урахуванням всього цього останній вираз набуває вигляду:

$$\frac{a_2 \cdot c_2 \cdot N_{\text{в}}}{a_1 \cdot n_{\text{дв}}} = \frac{t_{\text{дв}} - t_1''}{t_{\text{дв}} - t_6} = \frac{\Delta t_{\text{ом}}}{t_{\text{дв}} - t_6}$$

де $\Delta t_{\text{ом}}$ - зміна температури охолоджуючої рідини в радіаторі обігрівача салону, °С.

Враховуючи зміну температури охолоджувальної рідини при змішуванні об'ємів теплоносіїв обігрівача та двигуна через коефіцієнт пропорційності a_3 , що також залежить від конструкції двигуна та автомобіля даної марки та моделі, і провівши необхідні перетворення, отримаємо зміну температури охолоджуючої рідини двигуна в результаті роботи обігрівача салону:

$$\Delta t_{\text{дв}} = \frac{a_2 \cdot a_3 \cdot c_2 \cdot N_{\text{в}} \cdot (t_{\text{дв}} - t_6)}{a_1 \cdot n_{\text{дв}}}$$

Об'єднавши всі константи в одну і розділивши обидві частини на частоту обертання колінчастого валу ДВЗ, маємо вираз для збільшення температури на один оборот колінчастого валу двигуна $\Delta t_{\text{о6}}$:

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta t_{об} = \alpha \cdot \frac{N_B \cdot (t_{дв} - t_B)}{n_{дв}^2} \quad (2.11)$$

Необхідно відзначити, що вираз (2.11) справедливий у разі відсутності обліку впливу на $\Delta t_{об}$ шибєрне регулювання як гріючого теплоносія (має місце в системах автоматичного підтримання температури в салоні - клімат-контроль), так і витрати повітря в салоні системою регулювальних заслінок. При розробці цієї залежності прийняті також припущення про відсутність значного впливу на тепло, що відбирається обігрівачем із системи охолодження, швидкості руху автомобіля, так як теплообмінник обігрівача додатково ізолюваний від потоку повітря двигуном, а також нехтуємо взаємозв'язком частоти обертання колінчастого валу двигуна та швидкості обертання вентилятора яка буде незначною внаслідок роботи обмежувача напруги бортової мережі.

Висновки

Таким чином, в результаті виконаних теоретичних досліджень:

- встановлені закономірності формування типового міського їздового циклу в умовах низьких температур, розроблено структурні схеми процесів витрачання палива в окремих фазах повного циклу руху;
- отримано алгоритм взаємодії елементів імітаційної моделі процесу витрати палива під час руху автомобіля за міським циклом за умов низьких температур.

На цьому ж етапі висунуто гіпотези про вид математичних моделей:

- залежності оборотної витрати палива від частоти обертання колінчастого валу та ступеня відкриття дросельної заслінки ДВЗ;
- мінімальної оборотної витрати палива від температури охолоджуючої рідини двигуна;
- збільшення температури на один оборот колінчастого валу від оборотної витрати палива, температури охолоджуючої рідини ДВЗ та температури навколишнього середовища.

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою експериментальних досліджень є підтвердження адекватності математичних моделей залежностей, запропонованих у розділі 2, отримання їх параметрів для автомобілів різних марок та моделей та синтез типових циклів руху на основі збору статистики швидкісних режимів автомобілів.

Таким чином, завданнями експериментальних досліджень будуть:

1. визначення середньостатистичних характеристик типового циклу під час руху автомобіля у міських умовах;
2. угруповання масиву даних за типовими умовами руху автомобілів у місті (година пік, будні, вихідні тощо);
3. обробка груп даних методом кластерного аналізу та формування типових циклів руху автомобіля в місті;
4. отримання параметрів математичних моделей, розроблених у розділі 2 для різних марок та моделей автомобілів;
5. імітаційний експеримент на моделях процесу витрати палива під час руху автомобілів за міським циклом з метою їх перевірки та налагодження.

3.1 Методика експериментальних досліджень

3.1.1 Загальна методика експериментальних досліджень

Загальна методика проведення експериментальних досліджень представлена на рис. 3.1.

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>61</i>

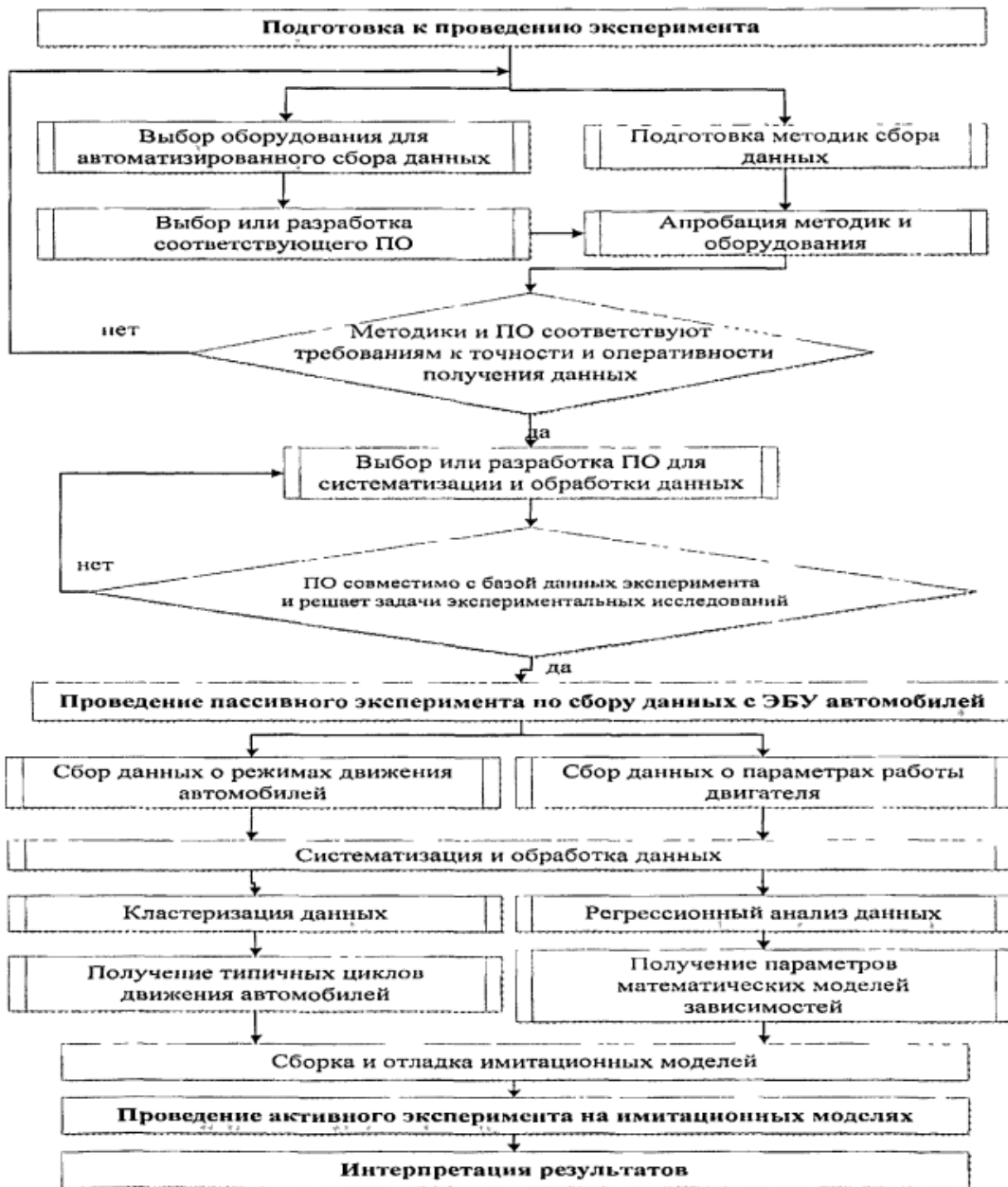


Рисунок 3.1. Загальна методика експериментальних досліджень

3.1.2 Устаткування для проведення експериментальних досліджень

Для автоматизованого збору експериментальних даних було обрано OBD-2 (CAN) – Bluetooth адаптер російського виробника (Check-Engine), а також адаптер на основі чипа ELM-327. При цьому бралися до уваги такі обставини: використання бездротового інтерфейсу Bluetooth дає можливість розмістити реєструючий пристрій у будь-якому зручному місці, а застосування CAN версії адаптера дає можливість знімати дані з ЕБУ

найсучасніших автомобілів (предмет дослідження), що підтримують цю шину. Як реєструючий пристрій можна використовувати ноутбук, кишеньковий комп'ютер, смартфон або будь-який аналогічний пристрій, що працює на базі Windows як настільної, так і мобільної версії. Це забезпечується застосуванням міжплатформної NET Framework технології.

3.1.3 Програмне забезпечення для автоматизованого проведення експерименту

На жаль, програмне забезпечення, що поставляється з OBD-адаптерами, а також жодна з наявних на ринку програм не забезпечує збереження необхідних нам даних на носіях з метою подальшої обробки. На наше прохання на сайті розробника адаптера та програми Check-Engine була викладена SDK-бібліотека Car Applets. На базі цієї бібліотеки було розроблено дві програми для скидання даних на електронні носії з метою подальшого аналізу. Обидві розробки використовують попередню систематизацію даних за допомогою створення унікального імені файлу, що містить дату та час початку подорожі. Програми зареєстровані у галузевому фонді електронних ресурсів «Наука та освіта» [52].

3.2 Методика обробки експериментальних даних

Програмне забезпечення попередньої обробки даних експерименту.

Розроблено програму «CycleRec», що реалізує алгоритм виділення типових елементів, що становлять їздовий цикл автомобіля [50]. Програма CycleRec призначена для обробки даних, отриманих з контролера OBD автомобіля, і використовує алгоритм виділення типових складових їздового циклу транспортного засобу (рис. 3.2), в основі якого лежить теорія розпізнавання образів. Програма може працювати в пакетному режимі, дані всіх файлів з папки, заданої маскою-фільтром, автоматично обробляються один за одним, а результати розпізнавання записуються в один файл.

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						63
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

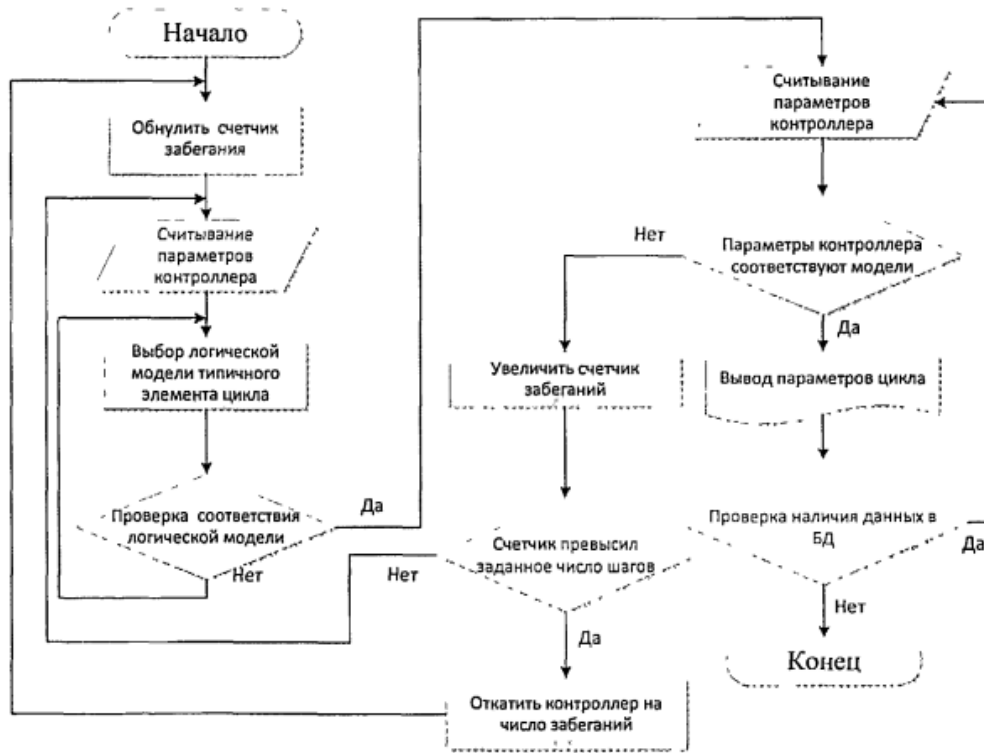


Рисунок 3.2. Алгоритм розпізнавання елементів іздового циклу автомобіля

Модуль CycleRes забезпечує пакетний режим обробки даних, наприклад, можна послідовно обробити всі файли із заданої папки, а результати будуть зведені в один файл (рис. 3.3).

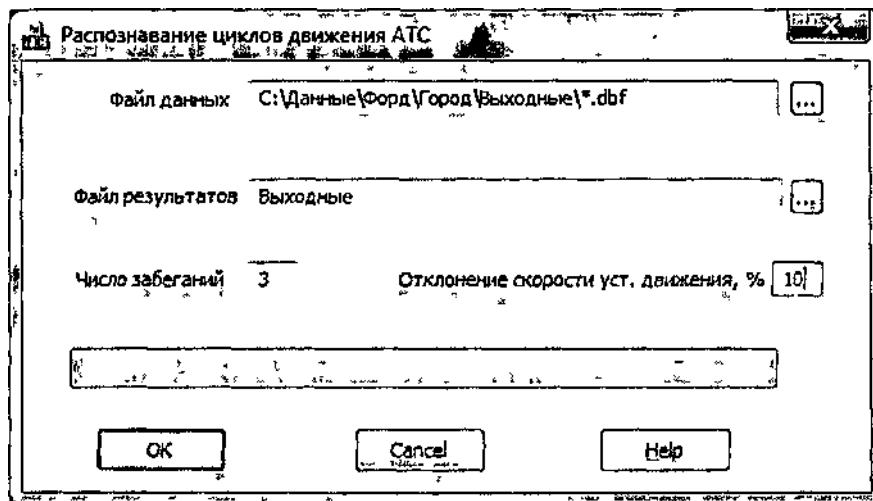


Рисунок 3.3. Інтерфейс CycleRes

Програма взаємодіє із базою даних поширеного формату *.dbf.

CycleRes дозволяє маніпулюванням значення в полі число забігань

Таблиця 3.1 - Середні показники типових циклів

Типовий цикл	Довжина поїздки, м	Швидкість руху,	Технічна швидкість,
		км/год	км/год
Будні	3399	22,3	13,9
Вихідні	5008	31,6	18,7
Міжпіковий	3536	23,2	14,8
Час пік	3062	20,1	11,7
Літо Будні	3733	25,0	16,5
Зима Будні	3208	20,8	12,6
Зима міжпіковий	3360	22,1	13,8
Літо міжпіковий	3929	25,5	17,1
Літо година пік	3379	23,5	15,2
Зима година пік	2900	18,5	10,3
Зима вихідні	5716	32,0	18,3
Літо вихідні	3456	30,1	20,4

Таблиця 3.2 - Середня кількість окремих фаз руху типових циклів

Типовий цикл	Зупинок	Розгонів	Гальмування	Рухи із постійною швидкістю
Будні	8,6	27,2	25,9	12,2
Вихідні	6,9	24,5	22,9	15,0
Міжпіковий	8,1	26,6	25,3	12,7
Час пік	10,1	28,8	27,6	11,1
Літо Будні	7,9	25,1	23,9	11,6
Зима Будні	9,0	28,3	27,1	12,6
Зима міжпіковий	8,3	27,1	25,8	13,0
Літо міжпіковий	7,7	25,4	24,3	11,9
Літо година пік	8,9	24,9	23,7	10,1
Зима година пік	10,7	30,9	29,7	11,6
Зима вихідні	7,7	27,7	25,9	17,5
Літо вихідні	5,1	17,5	16,1	9,7

У середньому за поїздки завдовжки близько 3,5 кілометрів під час руху у місті у робочі дні має місце близько 53 змін швидкості, тобто перехідних

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

режимів та близько 9 зупинок через кожні 400-500 метрів.

Для поїздок у вихідні дні неважко помітити, що, незважаючи на збільшення середньої довжини поїздки, при одночасному зменшенні абсолютної кількості перехідних елементів циклу на величину близько 10%, середня швидкість у вихідні зростає майже на 50%. При цьому кількість зупинок скорочується, а середній час руху з постійною швидкістю зростає.

При поїздках у міжпиковий період середні швидкості трохи збільшуються за рахунок скорочення часу зупинок.

У годину пік має місце значне зміна середніх показників поїздок у місті. Так, середня швидкість, при порівнянні інших показників, падає порівняно з міжпиковим періодом майже на 30%, а порівняно з рухом у вихідні дні – на 60%. Середні показники окремо згрупованих швидкісних профілів у зимовий та літній час дають очікувано різні результати. Найвне значне зниження середньої технічної швидкості взимку на 24%, причому швидкість руху знижується на 17%.

Якщо проаналізувати середні дані поїздок для міжпикового періоду з урахуванням пори року, то показники по порях року незначно змінюються щодо середніх за рік значень для літа у бік збільшення швидкості руху, взимку відповідно швидкості знижуються.

Для пікових значень інтенсивності руху маємо. Як і слід було очікувати, взимку в годину пік має місце найнижча середня технічна швидкість - 10,3 км/година.

Проаналізуємо дані для вихідних днів по порях року.

Цікаво відзначити, що при зниженні середньої технічної швидкості у вихідні взимку, порівняно з літнім періодом року, середня швидкість руху взимку підвищується. Це може бути обумовлено збільшенням "дачних" поїздок у літній період.

Підрахуємо частку руху, розгонів і зупинок по відношенню до загального часу виконання циклу, оскільки саме ці складові повного циклу

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мають значний вплив на паливну економічність автомобіля при його русі в місті.

Таблиця 3.3 - Тривалість окремих складових типових циклів

Цикл	Зупинок	Розгонів	Гальмування	Рух із постійною швидкістю
Будні	332.4	224.5	236.6	86.8
Вихідні	391.6	216.0	211.1	144.2
Міжпіковий	312.0	221.8	235.3	91.7
Час пік	391.6	233.0	240.6	74.3
Літо Будні	279.4	229.1	221.3	86.8
Зима Будні	362.6	221.9	245.3	86.9
Зима міжпіковий	329.6	216.1	239.0	91.1
Літо міжпіковий	272.7	234.5	227.2	93.0
Літо година пік	282.8	227.5	216.7	74.1
Зима година пік	447.2	235.8	252.8	74.4
Зима вихідні	480.6	234.3	234.9	174.0
Літо вихідні	196.7	176.0	158.9	78.8

Те саме з урахуванням відносної частки тривалості кожного елемент.

Таблиця 3.4 - Відносна частка елементів типових циклів

Цикл	Частка зупинок	Розгонів	Гальмування	Рух із постійною швидкістю
Будні	37.8	25.5	26.9	9.9
Вихідні	40.7	22.4	21.9	15.0
Міжпіковий	36.2	25.8	27.3	10.7
Час пік	41.7	24.8	25.6	7.9
Літо Будні	34.2	28.1	27.1	10.6
Зима Будні	39.6	24.2	26.8	9.5
Зима міжпіковий	37.6	24.7	27.3	10.4
Літо міжпіковий	33.0	28.3	27.5	11.2
Літо година пік	35.3	28.4	27.1	9.2
Зима година пік	44.3	23.3	25.0	7.4
Зима вихідні	42.8	20.8	20.9	15.5
Літо вихідні	32.2	28.8	26.0	12.9

Найнаочніше частки окремих складових характерних циклів у відсотках від загального часу руху можна показати за допомогою гістограми (рис. 3.5).

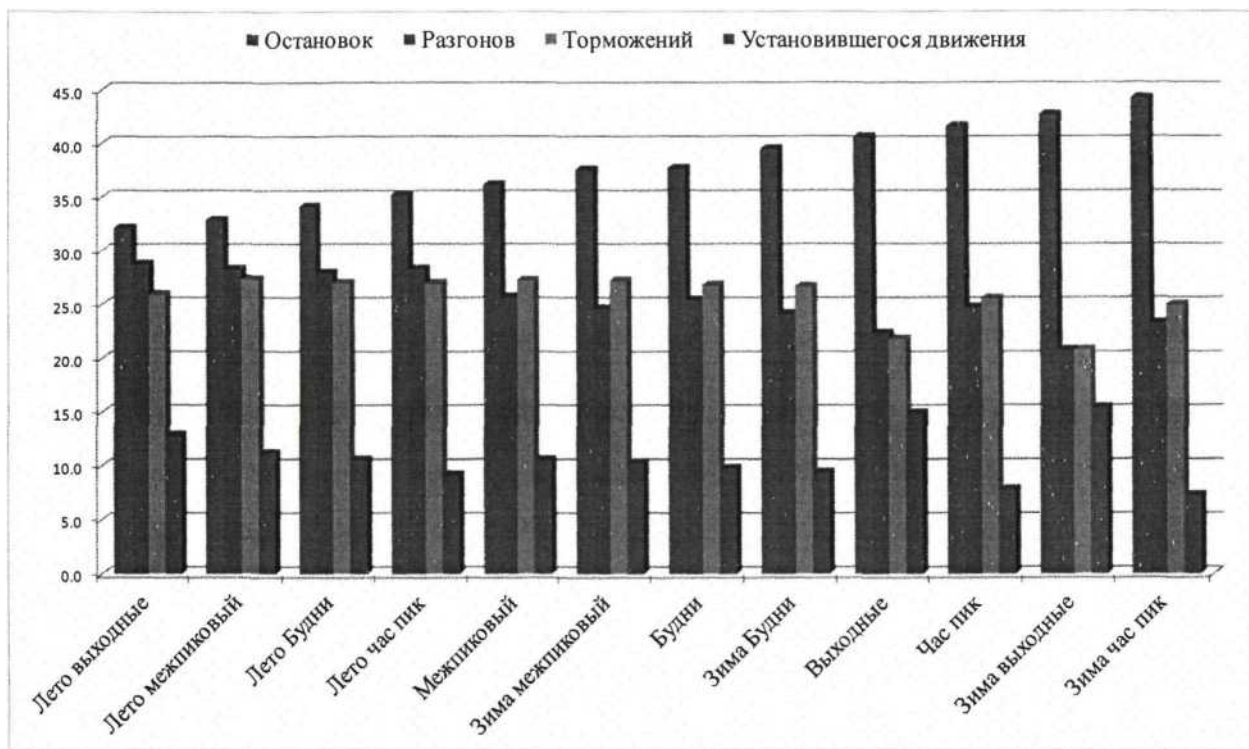


Рисунок 3.5. Части окремих складових типових циклів руху

Найбільш значущі відмінності у співвідношенні елементів, що становлять характерні цикли, що мають місце в циклі «Зима час пик» та «Літо-вихідні» (рис. 3.6).



Рисунок 3.6. Части окремих складових циклів «Зима година пик», «Літо-вихідні»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Аналіз отриманих в результаті попередньої обробки даних про швидкісні профілі при русі автомобілів у місті дозволяє зробити висновок про суттєву відмінність середніх показників поїздок у різний час доби, дні тижня та періоди року, особливо це стосується вихідних та години пік у будні дні. У той же час доцільно для практичного використання ввести єдиний міський цикл руху, отриманий обробкою бази даних швидкісних профілів. Для цього є такі причини:

- більшість пробігу легкових автомобілів у місті посідає будні дні;
- Відмінність у характеристиках «зимового» і «літнього» циклів, переважно, пов'язані з необхідністю прогріву ДВС автомобіля перед початком і під час руху.

3.3.2 Результати кластерного аналізу даних про режим руху автомобілів

Отримані на попередньому етапі експериментальних досліджень дані конвертувалися у файли пакета Statistica. Для угруповання складових повного циклу руху автомобіля в різних умовах однорідні групи - класи, ми вибрали метод К-середніх (див. розділ 2). Результати кластерного аналізу представлені у табл. 3.5-3.8.

Таблиця 3.5 - Оцінки кластерів (Цикли будні.sta)

Параметри	Номер кластера									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KP1	1	2	3	3	3	3	1	2	2	1
KP2	4	1	3	1	3	3	3	2	1	1
VI	6,44	43,80	47,15	53,81	41,03	33,01	9,35	26,83	32,24	11,89
V2	49,51	7,40	49,48	5,82	40,75	50,09	39,39	26,14	5,06	11,17
S	160,46	87,03	141,66	144,22	38,78	227,85	98,27	22,55	44,70	15,92
Time	18,27	15,87	10,64	21,19	3,55	19,84	13,54	3,22	12,13	6,01

Продовження табл. 3.5

Параметри	Номер кластера									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
KP1	1	3	1	3	0	0	1	1	4	4
KP2	2	3	1	3	1	1	1	1	4	3
VI	6,65	47,45	0,24	41,49	2,60	0,01	0,00	4,00	52,30	59,50
V2	28,23	47,81	0,00	53,10	2,11	0,00	0,00	0,00	55,14	57,28
S	51,80	72,63	3,74	330,91	2,58	0,00	0,00	5,90	513,38	810,24
Time	10,07	5,70	303,51	24,57	7,94	67,39	727,07	1902,00	33,49	48,21

Якщо прийняти число груп, що формуються при кластеризації, досить великим, спочатку задаємо його рівним середньому числу елементарних циклів, виділених програмою CycleRec (див. табл. 3.1), то бачимо, що багато кластери досить близькі за параметрами один одному і можуть бути об'єднані, спробуємо зменшити кількість кластерів до 10 (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 - Оцінки кластерів (число груп 10) (Цикли будні.sta)

Параметри	Номер кластера									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KP1	3	2	3	2	2	2	1	1	1	4
KP2	3	3	3	3	1	2	1	1	1	3
VI	41,16	32,24	41,99	15,17	43,58	19,39	0,13	4,61	2,40	57,42
V2	53,45	44,89	41,76	40,07	7,00	18,61	0,00	3,84	0,00	56,66
S	337,27	179,29	48,21	96,03	85,36	29,23	1,91	4,93	3,54	717,70
Time	25,01	17,39	4,35	12,39	15,81	6,87	388,37	12,35	1586,79	43,58

Таблиця 3.7 - Оцінки кластерів (Цикли Час пік.sta)

Параметри	Номер кластера									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KP1	0.174	1.138	0.970	1.892	0.189	2.360	3.101	3.222	0.57	0.957
KP2	0.523	3.066	3.526	0.528	0.503	0.798	0.850	3.360	0.57	2.491
VI	0	6.930	4.236	35.68	0.083	44.20	54.56	43.36	5.04	4.494
V2	0.011	36.34	43.39	2.966	0.037	5.653	6.683	44.54	2.58	27.65
S	0.087	92.20	136.6	60.28	0.241	102.7	168.8	136.3	5.24	55.17
Time	37.32	14.36	18.43	15.68	20.78	18.93	23.44	11.46	6.77	11.65

Таблиця 3.9 - Циклограма зимового їздового циклу, отримана обробкою та компонуванням кластерів бази даних швидкісних профілів «Зима»

Фаза руху	Швидкість автомобіля, км/год		Пробіг, м	Час, с
	початкова	кінцева		
розгін	0	10	8	6
що встановилося	10	10	8	3
гальмування	10	0	10	7
розгін	0	15	22	11
що встановилося	15	15	13	5
гальмування	15	0	21	10
розгін	0	17	35	11
що встановилося	17	17	14	5
гальмування	17	0	21	10
розгін	0	20	16	6
гальмування	20	0	42	15
розгін	0	21	38	13
що встановилося	21	21	21	4
гальмування	21	0	21	7
розгін	0	24	20	6
що встановилося	24	24	47	7
гальмування	24	0	30	9
розгін	0	27	30	8
що встановилося	27	27	67	9
гальмування	27	0	58	16
розгін	0	34	52	11
гальмування	34	17	49	7
розгін	17	34	64	9
гальмування	34	22	23	3
розгін	22	32	52	7
що встановилося	32	32	98	11
гальмування	32	0	41	9
розгін	0	36	70	14
що встановилося	36	36	120	12
гальмування	36	0	55	1
розгін	0	42	93	16
що встановилося	42	42	233	20
гальмування	42	0	75	13
розгін	0	50	132	19
що встановилося	50	50	222	16
гальмування	50	0	208	30
розгін	0	56	187	24
що встановилося	56	56	389	25
гальмування	56	0	225	29
зупинка	0	0	0	370

навколишнього середовища, зупинки в циклі моделюються окремо, перша – з урахуванням значення температури навколишнього середовища та кінцевої температури прогріву, а наступні – виходячи з числа гальмування до швидкості, що дорівнює 0, та загальної тривалості фази зупинки за цикл

Швидкісний профіль зимового їздового циклу (табл. 3.9), отриманий в результаті обробки стратифікованої бази даних експерименту "Зима" за розглянутою вище методикою, представлений на рис. 3.7.

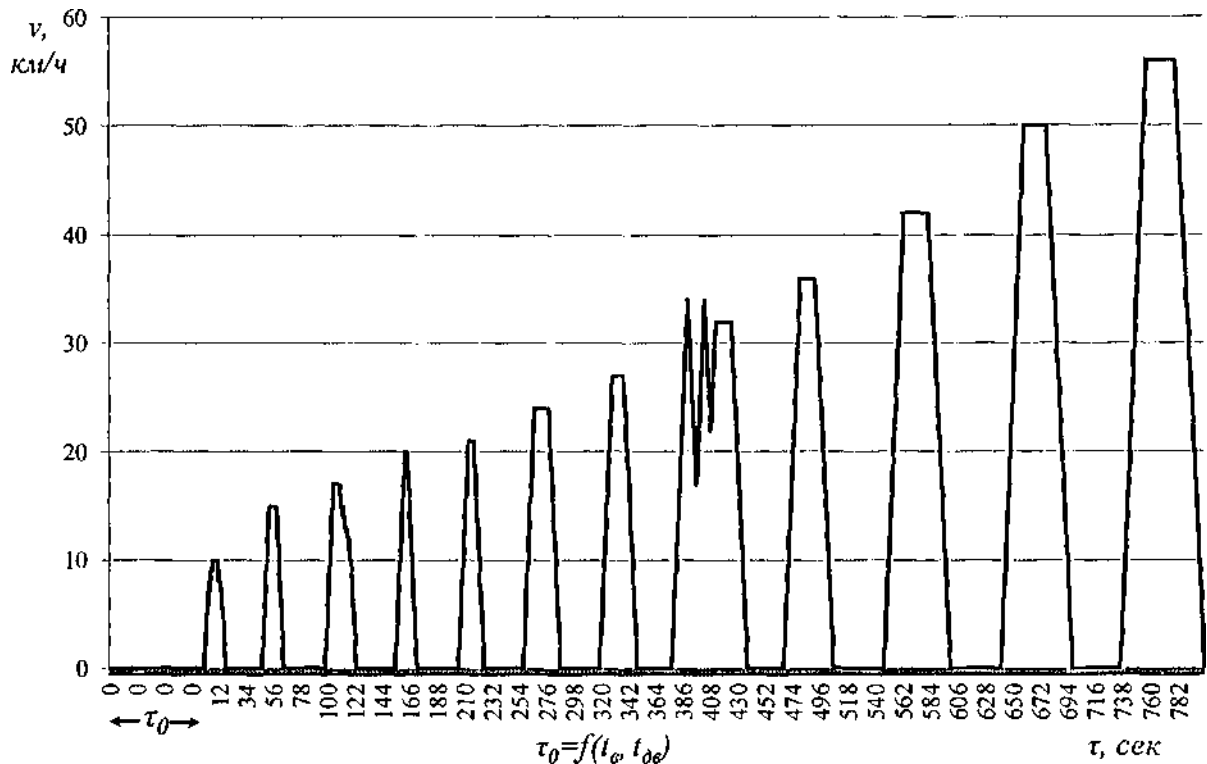


Рисунок 3.7. Швидкісний профіль зимового їздового циклу автомобіля

Швидкісний профіль міського циклу їзди (табл. 3.10), отриманий в результаті обробки всієї бази даних експерименту за розглянутою вище методикою, представлений на рис. 3.8.

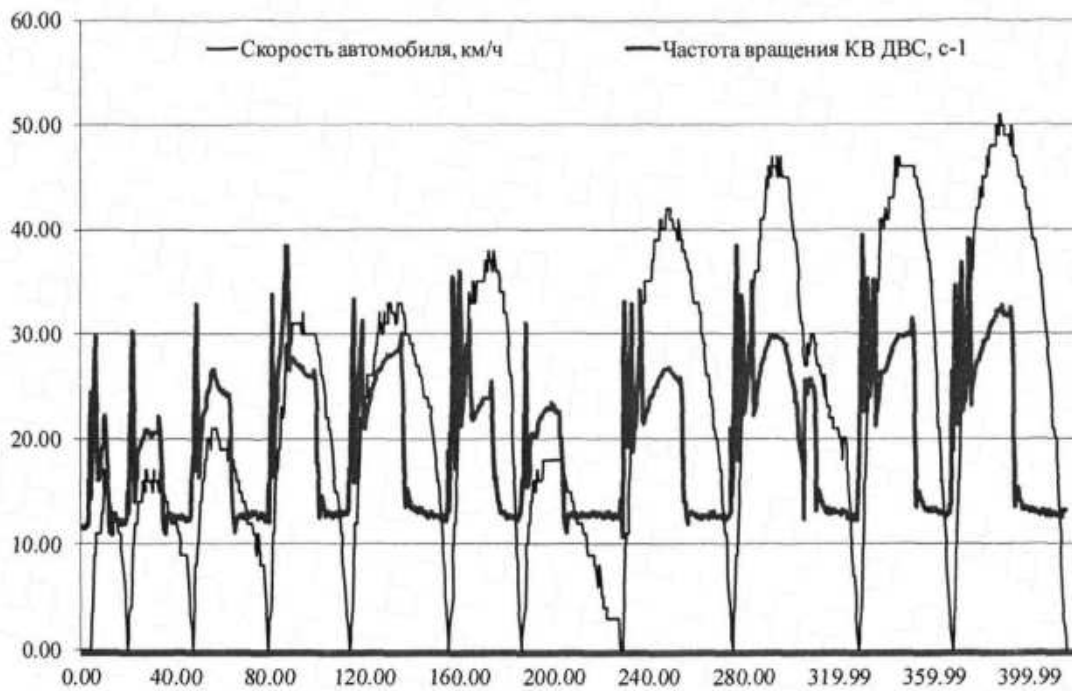


Рисунок 3.10б. Швидкісний та навантажувальний профілі автомобіля Toyota Corolla 1.6 MT під час руху міським їздовим циклом. Частота обертання колінчастого валу

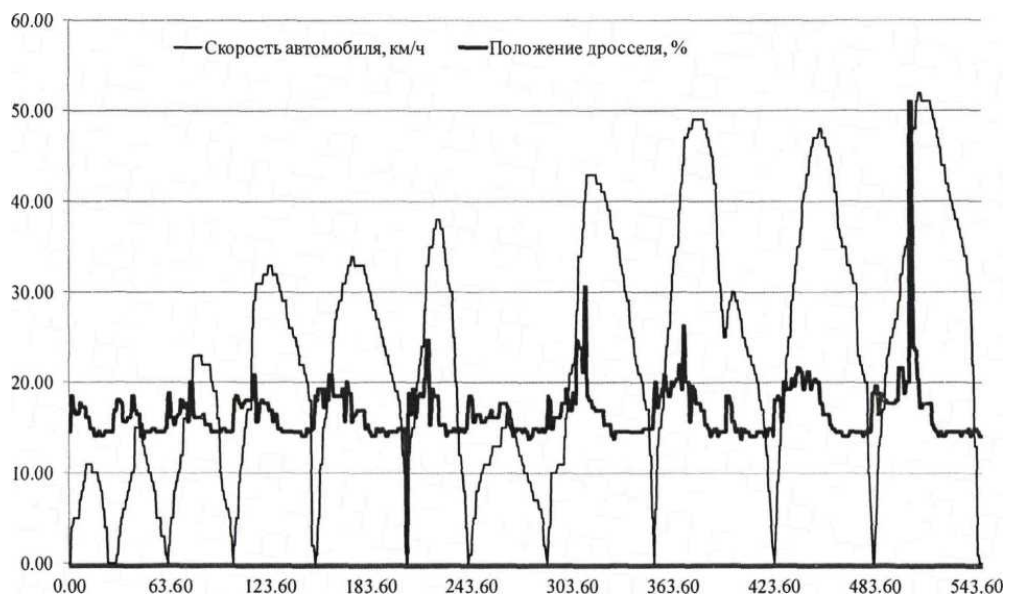


Рисунок 3.11а. Швидкісний та навантажувальний профілі автомобіля Ford Focus 1.8 MT при русі міським їздовим циклом. Кут відкриття дросельної заслінки

використовується статистичний критерій t-статистика Стьюдента. У всіх випадках він не перевищував критичних значень за заданої кількості ступенів свободи.

Модель залежності обігової витрати від параметрів (табл. 3.11).

Таблиця 3.11 - Модель залежності обігової витрати

Марка та модель автомобіля	Оцінки параметрів		Коефіцієнти	
	a	a ₁	кореляції	детермінації
Toyota RAV4 2.0 CVT	0.001862	0.000343	0.840	0.706
Toyota Corolla 1.6 MT	0.005493	0.000915	0.886	0.785
Ford Focus 1.8 MT	0,000797	0,000088	0,941	0,874
Nissan Teana 2.5 CVT	0,002382	0,000446	0,934	0.791
ВАЗ "Лада Приора" 1.6 MT	0.005629	0.000102	0.953	0.786

Результати апроксимації та оцінки параметрів моделі (2.2)

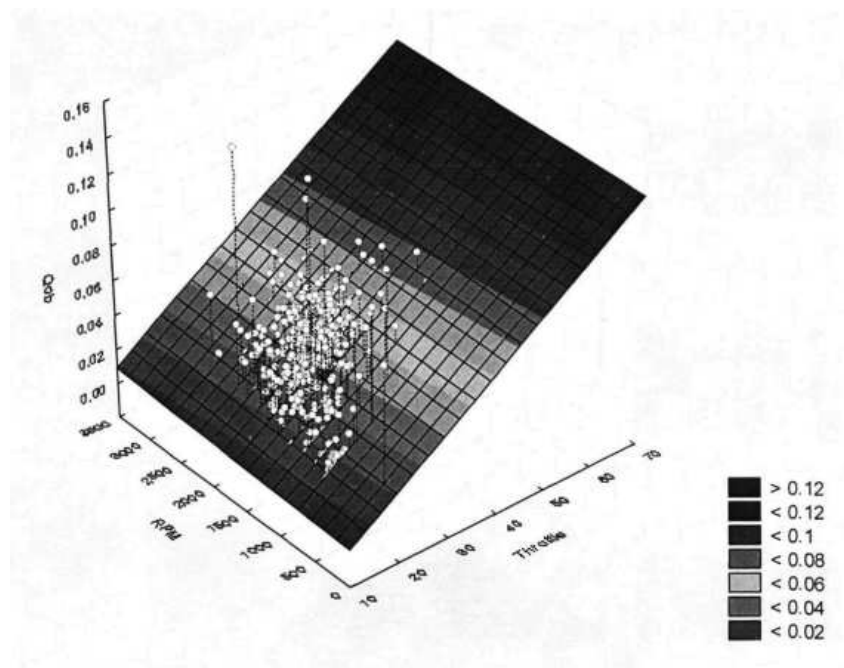


Рисунок 3.12. Залежність оборотних витрат від параметрів двигуна для Toyota RAV4 2.0 CVT

Параметри рівняння (2.3), знайдені за допомогою Statistica 8.0 [150], наступні.

Таблиця 3.12 - Результати апроксимації та оцінки параметрів моделі (2.3)

Марка та модель автомобіля	Оцінки параметрів		Коефіцієнти	
	q_{0xx}	a_2	кореляції	детермінації
Toyota RAV4 2.0 CVT	0.009989	0.000156	0.986	0.972
Toyota Corolla 1.6 MT	0.009436	0.000101	0.965	0.931
Ford Focus 1.8 MT	0.008710	0.000128	0.906	0.821
Nissan Teana 2.5 CVT	0,017874	0,000130	0.923	0.878
ВАЗ "Лада Пріора" 1600 MT	0.017134	0.000079	0.865	0.873

Можна візуально оцінити точність наближення залежностей знайденими функціями (див. рис. 3.13, 3.14).

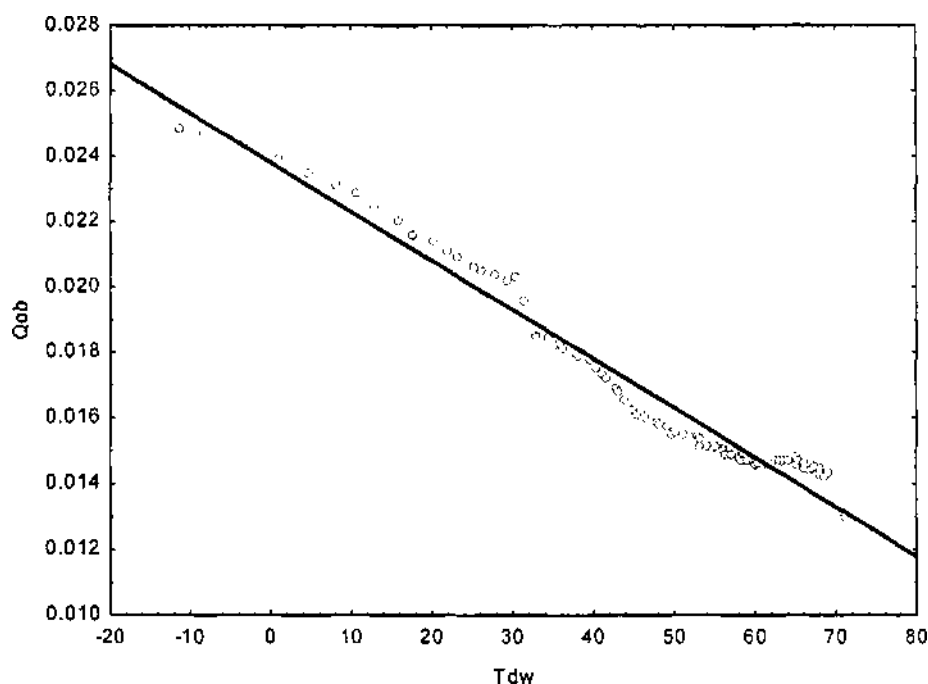


Рисунок 3.13. Залежність оборотної витрати від температури охолоджувальної рідини двигуна (2.3) для Toyota RAV4 2.0 CVT

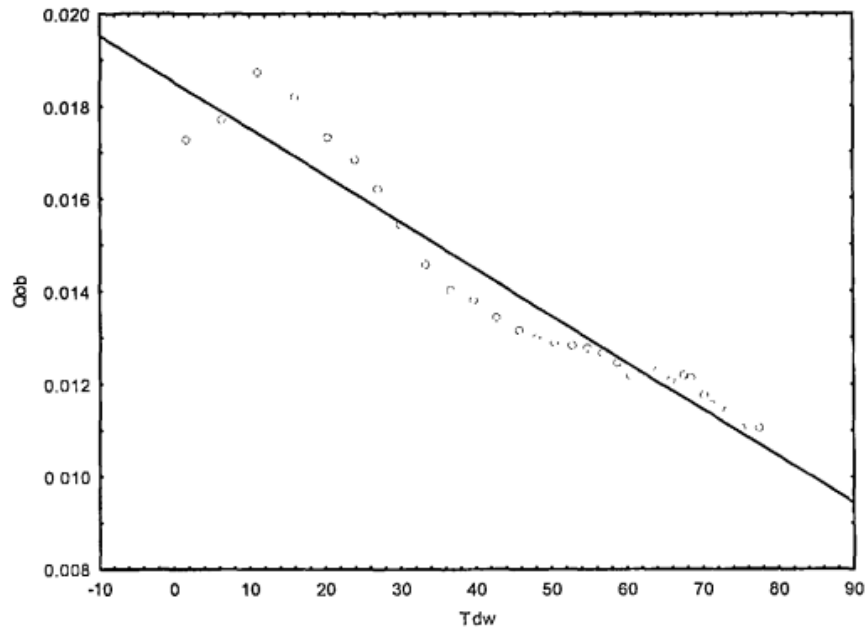


Рисунок 3.14. Залежність оборотної витрати від температури охолоджуючої рідини двигуна (2.3) для Toyota Corolla 1.6 MT

Для автомобіля Toyota RAV4 2.0 CVT оцінимо точність наближення обраної нами функцією порівняно з експериментальними даними за допомогою таблиці (див. табл. 3.13).

Таблиця 3.13 - Оцінка значень оборотної витрати в залежності від температури охолоджувальної рідини двигуна для Toyota RAV4 2.0 CVT (за результатами експерименту та знайденими рівняннями)

Експеримент	Розрахункові	Розбіжність	Відхилення, %
0.024854	0.025521	-0.000667	-2.7
0.024734	0.025065	-0.000332	-1.3
0.024335	0.024328	0.000007	0.0
0.023934	0.023682	0.000252	1.1
0.023493	0.023110	0.000382	1.6
0.023097	0.022584	0.000513	2.2
0.023097	0.022584	0.000513	2.2
0.022895	0.022208	0.000687	3.0
0.022470	0.021862	0.000608	2.7
0.022041	0.021441	0.000600	2.7
0.021624	0.021170	0.000453	2.1
0.021412	0.020779	0.000633	3.0
0.021109	0.020539	0.000571	2.7
0.020955	0.020328	0.000626	3.0

У графічному вигляді залежність збільшення температури на оборот колінчастого валу від оборотної витрати палива для автомобіля Toyota Corolla 1.6 MT має вигляд (рис. 3.15).

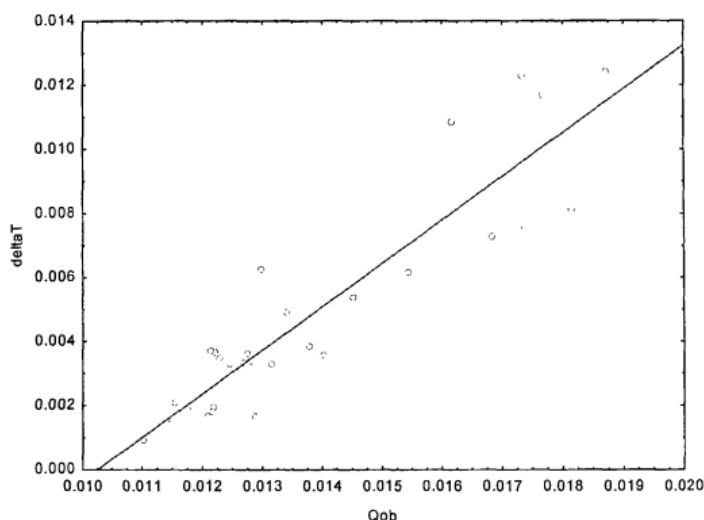


Рисунок 3.15. Залежність оборотної витрати від температури охолоджувальної рідини двигуна Toyota Corolla 1.6 MT

Таблиця 3.14 - Результати апроксимації та оцінки параметрів моделі (2.4)

Марка та модель автомобіля	Оцінки параметрів			Коефіцієнти	
	a_3	a_4	a_5	кореляції	детермінації
Toyota RAV4 2.0 CVT	0.144516	0.00104	0,000053	0.937	0.877
Toyota Corolla 1.6 MT	0.372394	0,00098	0.000087	0.919	0.845
Ford Focus 1.8 MT	0.212014	0.00039	0.000024	0.952	0.906
Nissan Teana 2.5 CVT	0.362427	0.00012	0.0000119	0.817	0.668
ВАЗ «Лада Пріора» 1.6 MT	0.136546	0.00089	0.000038	0.911	0.778

Аналогічна залежність має місце для автомобіля Toyota RAV4 (рис. 3.16).

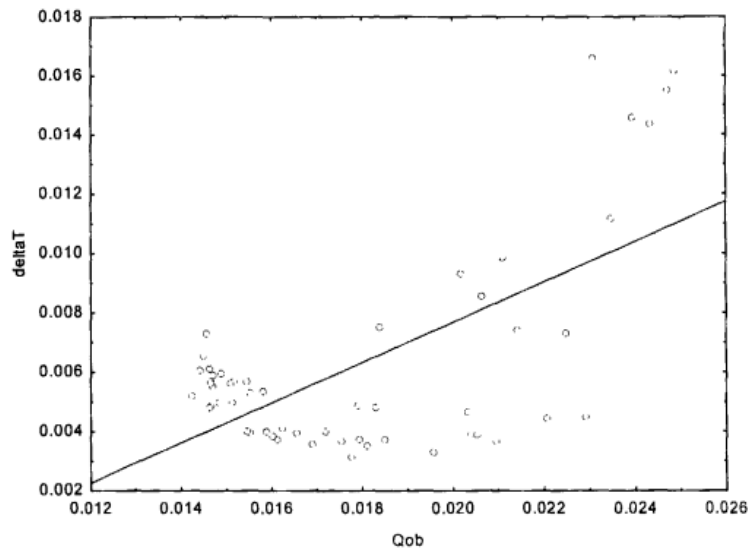


Рисунок 3.16. Залежність оборотної витрати від температури охолоджувальної рідини двигуна Toyota RAV4 2.0 CVT

Наближення експериментальних даних функцією 2.6 дає такі результати.

Таблиця 3.15 - Результати апроксимації та оцінки параметрів моделі (2.6)

Марка та модель автомобіля	Оцінки параметрів		Коефіцієнти	
	$n_{дв0}$	a_6	кореляції	детермінації
Toyota RAV4 2.0 CVT	640	9,214353	0,920	0,846
Toyota Corolla 1.6 MT	690	8,7172	0,955	0,765
Ford Focus 1.8 MT	690	8,7371	0,923	0,814
Nissan Teana 2.5 CVT	625	8,50589	0,899	0,785
ВАЗ "Лада Приора" 1.6 MT	800	5.063426	0.995	0,744

Висновки

В ході експериментальних досліджень було опрацьовано базу даних швидкісних профілів 10 автомобілів 5 марок та моделей, що містить дані про 3767 поїздок протягом 2009-2012 року, у тому числі в зимовий період. Виділені з неї складові реальних циклів руху, згруповані за типовими

умовами, за яких вони отримані. По кожній із груп розраховані кластери, які представляють елементи майбутніх типових їздових циклів.

Підтверджено гіпотези про вид математичних моделей, встановлених у главі 2, отримано чисельні значення параметрів моделей.

Остаточний вид рівнянь із параметрами для різних марок та моделей автомобілів та їх реалізація в імітаційній моделі на базі «Stamm» представлені в табл. 3.20.

Перевірено адекватність імітаційної моделі досліджуваному процесу. Таблиця 3.20 - Остаточний вид аналітичних залежностей, що використовуються в імітаційній моделі процесу витрати палива автомобіля при русі міським циклом в умовах низьких температур повітря

Марка та модель автомобіля	Регресія
<i>Розрахунок оборотної витрати палива в залежності від режиму роботи ДВЗ</i>	
Toyota Corolla 1.6 MT	$q_{об} = q_0(t_{дв}) + 5,688 \cdot 10^{-3} \cdot (\varphi - 15,6) + 3,56 \cdot 10^{-4} \cdot n_{дв}$
Toyota RAV4 2.0 CVT	$q_{об} = q_0(t_{дв}) + 8,62 \cdot 10^{-3} \cdot (\varphi - 15,3) + 3,43 \cdot 10^{-4} \cdot n_{дв}$
Nissan Teana 2.5 CVT	$q_{об} = q_0(t_{дв}) + 2,382 \cdot 10^{-3} \cdot (\varphi - 4,31) + 4,46 \cdot 10^{-4} \cdot n_{дв}$
Ford Focus 1.8 MT	$q_{об} = q_0(t_{дв}) + 7,97 \cdot 10^{-4} \cdot (\varphi - 14,12) + 8,8 \cdot 10^{-5} \cdot n_{дв}$
BA3-2170 1.6 MT	$q_{об} = q_0(t_{дв}) + 5,629 \cdot 10^{-3} \cdot (\varphi - 11,37) + 1,02 \cdot 10^{-4} \cdot n_{дв}$
<i>Корекція оборотної витрати від температури ОЖ ДВЗ</i>	
Toyota Corolla 1.6 MT	$q_0 = 9,436 \cdot 10^{-3} + 1,01 \cdot 10^{-4} \cdot (88 - t_{дв})$
Toyota RAV4 2.0 CVT	$q_0 = 9,989 \cdot 10^{-3} + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot (89 - t_{дв})$
Nissan Teana 2.5 CVT	$q_0 = 1,7874 \cdot 10^{-2} + 1,30 \cdot 10^{-4} \cdot (98 - t_{дв})$
Ford Focus 1.8 MT	$q_0 = 8,71 \cdot 10^{-3} + 1,28 \cdot 10^{-4} \cdot (90 - t_{дв})$
BA3-2170 1.6 MT	$q_0 = 1,7134 \cdot 10^{-2} + 7,9 \cdot 10^{-5} \cdot (87 - t_{дв})$
<i>Збільшення температури на один оборот колінчастого валу в залежності від ОЖ ДВЗ та навколишнього середовища</i>	
Toyota Corolla 1.6 MT	$\Delta t_{дв} = 0,372394 \cdot q_{об} + 9,8 \cdot 10^{-4} \cdot (88 - t_{дв}) + 8,7 \cdot 10^{-5} \cdot t_B$
Toyota RAV4 2.0 CVT	$\Delta t_{дв} = 0,1454517 \cdot q_{об} + 1,04 \cdot 10^{-3} \cdot (88 - t_{дв}) + 5,333 \cdot 10^{-5} \cdot t_B$
Nissan Teana 2.5 CVT	$\Delta t_{дв} = 0,0362427 \cdot q_{об} + 1,20 \cdot 10^{-4} \cdot (88 - t_{дв}) + 1,9 \cdot 10^{-5} \cdot t_B$
Ford Focus 1.8 MT	$\Delta t_{дв} = 0,97271358 \cdot q_{об} + 3,9 \cdot 10^{-5} \cdot (88 - t_{дв}) + 1,237 \cdot 10^{-5} \cdot t_B$
BA3-2170 1.6 MT	$\Delta t_{дв} = 0,136546 \cdot q_{об} + 8,9 \cdot 10^{-5} \cdot (88 - t_{дв}) + 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot t_B$
<i>Залежність частоти обертання колінчастого валу ДВЗ від температури охолоджувальної рідини</i>	
Toyota Corolla 1.6 MT	$n_{дв} = 690 + 8,7172 \cdot (88 - t_{дв})$

МРТАМ 2120154. 000 ПЗ

Арк.

85

Toyota RAV4 2.0 CVT	$n_{дв} = 640 + 9,214353 \cdot (89 - t_{дв})$
Nissan Teana 2.5 CVT	$n_{дв} = 625 + 8,50589 \cdot (98 - t_{дв})$
Ford Focus 1.8 MT	$n_{дв} = 690 + 8,7172 \cdot (90 - t_{дв})$
BA3-2170 1.6 MT	$n_{дв} = 800 + 5,063426 \cdot (87 - t_{дв})$
<i>Залежність ступеня відкриття дроселя ДВЗ від температури охолоджувальної рідини</i>	
Toyota Corolla 1.6 MT	$\varphi = 15,6 + 0,03313 \cdot (88 - t_{дв})$
Toyota RAV4 2.0 CVT	$\varphi = 15,3 + 0,069336 \cdot (89 - t_{дв})$
Nissan Teana 2.5 CVT	$\varphi = 4,31 + 0,069336 \cdot (98 - t_{дв})$
Ford Focus 1.8 MT	$\varphi = 15,44 + 0,03313 \cdot (90 - t_{дв})$
BA3-2170 1.6 MT	$\varphi = 11,37 + 0,022038 \cdot (87 - t_{дв})$

4 ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТА ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Визначення умов формування їздового циклу автомобіля та витрати палива у зимовий період

4.1.1. Дослідження закономірностей формування їздового циклу за низьких температур повітря

За допомогою отриманих імітаційних моделей можна оцінити, як змінюватимуться їздовий цикл та витрата палива автомобілем при зниженні температури навколишнього повітря. Для цього визначимо температуру, що досягається прогріванням двигуна на холостому ході, за якої можна починати рух. Посібники з експлуатації автомобілів не містять у явному вигляді рекомендацій про прогрівання працюючим двигуном перед початком руху, це викликано жорсткими екологічними вимогами в США, Японії та Європі, проте немає і явних вказівок на початок руху відразу після пуску ДВЗ [111]. Вітчизняні автовиробники, навпаки, радять прогрівати мотор. У посібнику з експлуатації [79] прямо написано: "Рух автомобіля рекомендується починати на прогрітому двигуні". Відомо, що до досягнення температури охолоджуючої рідини значення 30-40 ° С двигун працює в режимі відкритого циклу - датчики кисню не беруть участь у корекції витрати палива, не працює система рециркуляції газів, що відпрацювали, і т.п. Незважаючи на вдосконалення експлуатаційних властивостей моторних масел, за даними різних авторів, при низьких температурах рідини, що охолоджує, має місце підвищений знос двигуна [69]. Виробники діагностичного адаптера Check-Engine встановлюють як кінцеву температуру двигуна перед початком руху значення 35 °С. Враховуючи логарифмічний вид зміни температури при прогріванні-охолодженні ДВЗ, така температура Незважаючи на вдосконалення експлуатаційних властивостей моторних масел, за даними різних авторів, при низьких температурах рідини, що охолоджує, має місце підвищений знос двигуна [69]. Виробники діагностичного адаптера Check-Engine встановлюють як кінцеву температуру двигуна перед початком руху значення

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

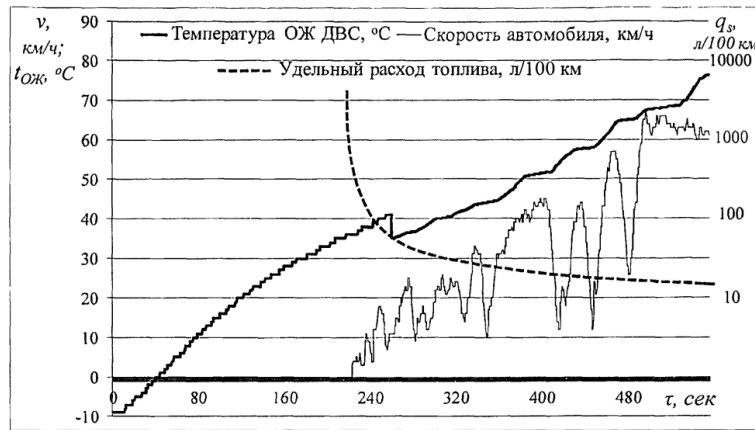


Рисунок 4.2. Зміна температури охолоджуючої рідини двигуна та колійної витрати палива при русі в міських умовах взимку ($t_b = -12^\circ\text{C}$) після стоянки з непрацюючим двигуном (Toyota Corolla 1.6 MT)

Аналіз отриманих результатів підтверджує обґрунтованість використання імітаційної моделі процесу зміни температури охолоджуючої рідини та витрати палива двигуном автомобіля, що експлуатується у міських умовах за низьких температур навколишнього середовища, замість проведення прямих вимірювань цих показників, що потребує значних матеріальних витрат та втрат робочого часу.

Підсумкові показники виконання першої фази їздового циклу - прогрівання на холостому ході при температурі повітря -12°C в обох випадках приблизно можна порівняти (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Оцінка можливостей імітаційної моделі для дослідження процесу прогріву на холостому ході та витрати палива при експлуатації автомобілів в умовах низьких температур, на прикладі Toyota Corolla 1.6 MT

Показники	Прямі виміри	Імітація
Час досягнення температури ОЖ ДВЗ значення 35°C , сек.	218	230
Витрата палива за час прогріву, л	0.177	0.169
Пробіг після прогріву ДВЗ, м	Дорожня витрата палива, л/100 км:	
1000	22,4	28,0
1600	19,6	21,1
2000	18,9	18,3

Значна розбіжність у величині колійної витрати палива при пробігу першої 1000 метрів після прогріву ДВЗ, отриманого порівнюваними способами, зумовлено особливо сильним впливом на його величину показників режиму руху - швидкості автомобіля, її зміни в часі та, відповідно, режиму роботи ДВЗ. При пробігу перших метрів середня колійна витрата досягає величини 7000-10000 л/100 км, але після пробігу перших 100 метрів падає до 150-180 л/100 км, після 500 метрів до 35-40 л/100 км. У міру збільшення пробігу вплив першого елемента повного міського циклу руху за низьких температур - прогріву на холостому ході на величину середньої дорожньої витрати поступово знижується. Враховуватимемо ці особливості формування їздового циклу та дорожньої витрати палива при розробці диференційованих норм витрати палива.

4.1.2. Моделювання прогріву на холостому ході в умовах негативних температур

Для того щоб оцінити вид кривих зміни часу прогріву за різної температури навколишнього середовища, використовуємо імітаційну модель прогріву на холостому ході. Задаючи різні початкові температури охолоджуючої рідини двигуна $t_{дв}$ та температуру повітря $t_{в}$, отримаємо залежності часу прогріву та витрати палива на прогрів до заданої температури від температури повітря. Кінцеве значення температури ОЖ двигуна (35 °С) задаємо через панель параметрів моделі, при цьому імітація зупиняється при досягненні поточної температури охолоджуючої рідини двигуна в моделі цього значення.

Після завершення імітації заносимо до таблиці Microsoft Excel отримані значення часу прогріву та витрати палива (табл. 4.2-4.3). Аналогічно надійдемо для кінцевої температури ОЖ ДВЗ 60 °С. Після завершення всіх випробувань збудуємо за даними таблиць графіки (рис. 4.3-4.6).

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2 - Час прогріву на холостому ході в залежності від початкової температури ДВЗ та температури навколишнього середовища Toyota Corolla 1.6 MT, хв

Початкова температура ДВЗ, °С	Температура довкілля, °С				
	-40	-30	-20	-10	0
-40	9,29	7,90	6,90	6,13	5,53
-30	8,68	7,35	6,38	5,67	5,08
-20	7,97	6,70	5,80	5,12	4,58
-10	7,13	5,95	5,13	4,50	4,02
0	6,13	5,07	4,33	3,78	3,37
10	4,90	4,00	3,40	2,95	2,70
20	3,34	2,70	2,27	1,95	1,70

Таблиця 4.3 - Витрата палива за прогрів на холостому ході в залежності від початкової температури ДВЗ та температури навколишнього середовища Toyota Corolla 1.6 MT, г.

Початкова температура ДВЗ, °С	Температура довкілля, °С				
	-40	-30	-20	-10	0
-40	324	280	247	222	202
-30	287	246	216	193	175
-20	249	212	185	164	148
-10	209	176	153	135	121
0	168	140	120	106	94
10	125	103	87	76	67
20	79	64	54	46	40

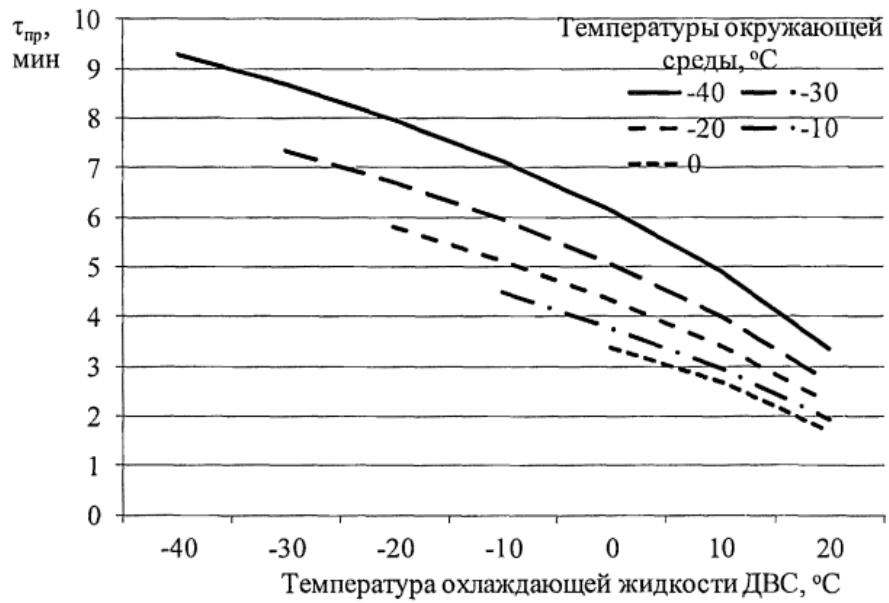


Рисунок 4.3. Залежність часу прогріву двигуна Toyota Corolla до температури 35°C від початкової температури двигуна за різних температур зовнішнього середовища

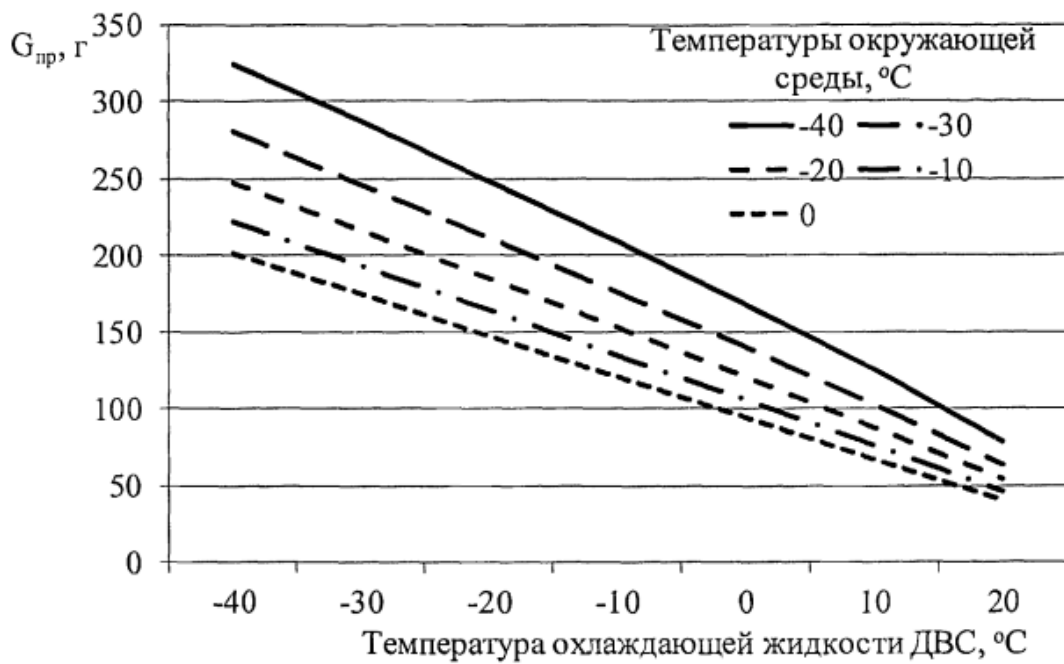


Рисунок 4.4. Залежність витрати палива на прогрівання двигуна Toyota Corolla до температури 35°C від початкової температури двигуна при різних температурах зовнішнього середовища

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

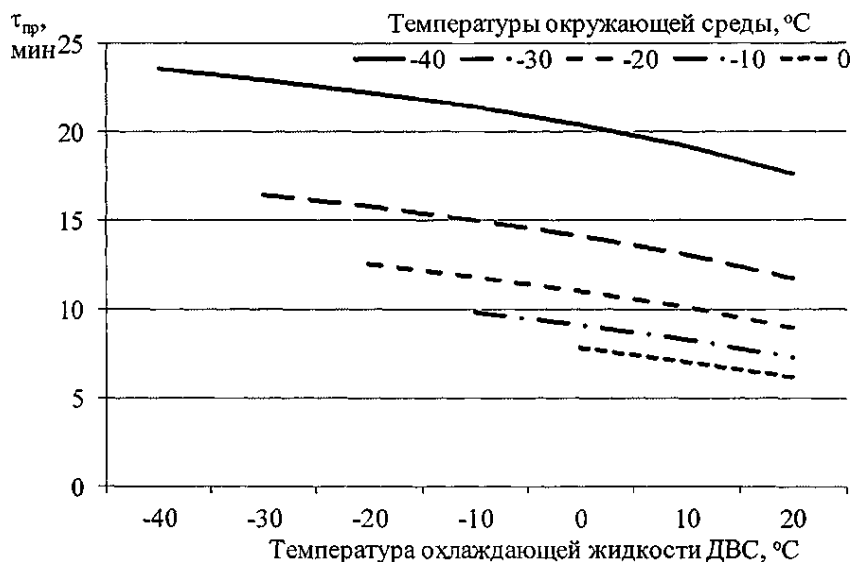


Рисунок 4.5. Залежність часу прогріву двигуна Toyota Corolla до температури 60°C від початкової температури двигуна за різних температур зовнішнього середовища

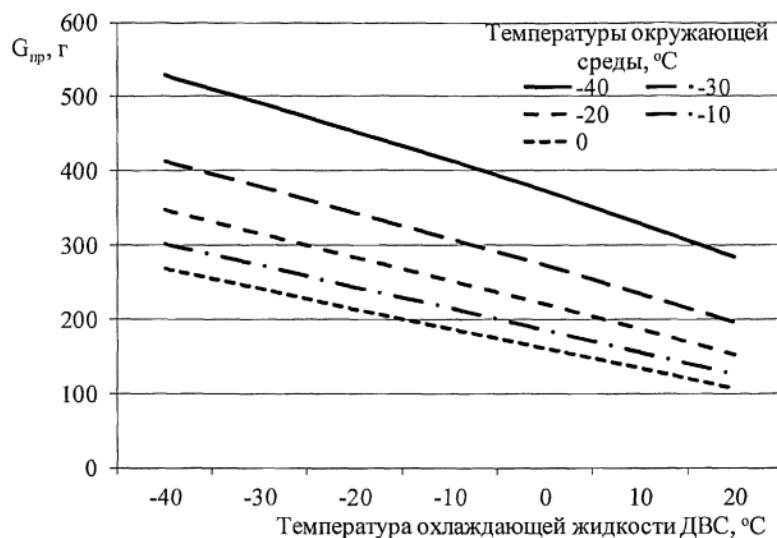


Рисунок 4.6. Залежність витрати палива на прогрівання двигуна Toyota Corolla до температури 60°C від початкової температури двигуна при різних температурах зовнішнього середовища

Аналогічна імітаційна модель прогріву двигуна автомобіля Toyota RAV4, розташована у відповідному аркуші тієї ж робочої книги, була використана нами для моделювання витрати палива та зміни температури двигуна для зазначеної марки та моделі автомобіля, результати представлені нижче (рис. 4.7 – 4.10).

Як видно з малюнків (рис. 4.4 та 4.8), витрати часу на прогрів двигуна Toyota RAV4 при його роботі на холостому ході значно вищі, ніж у Toyota Corolla.

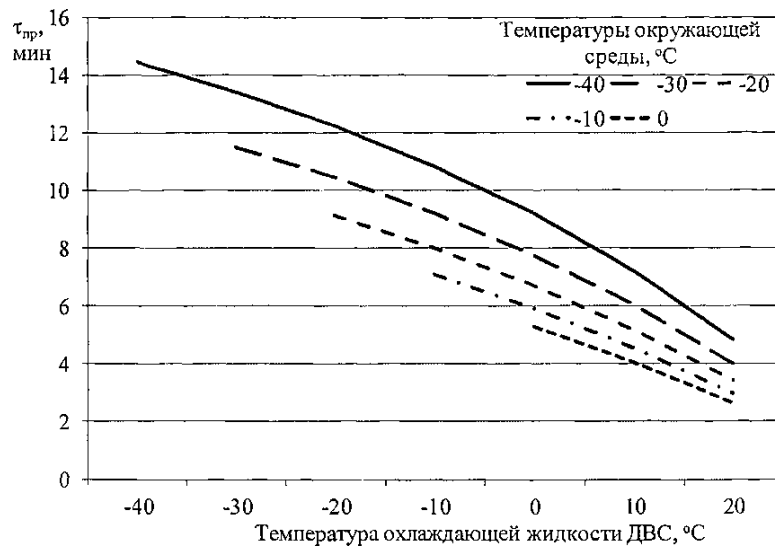


Рисунок 4.7. Залежність часу прогріву двигуна Toyota RAV4 CVT до температури 35 ° C від початкової температури двигуна при різних температурах зовнішнього середовища

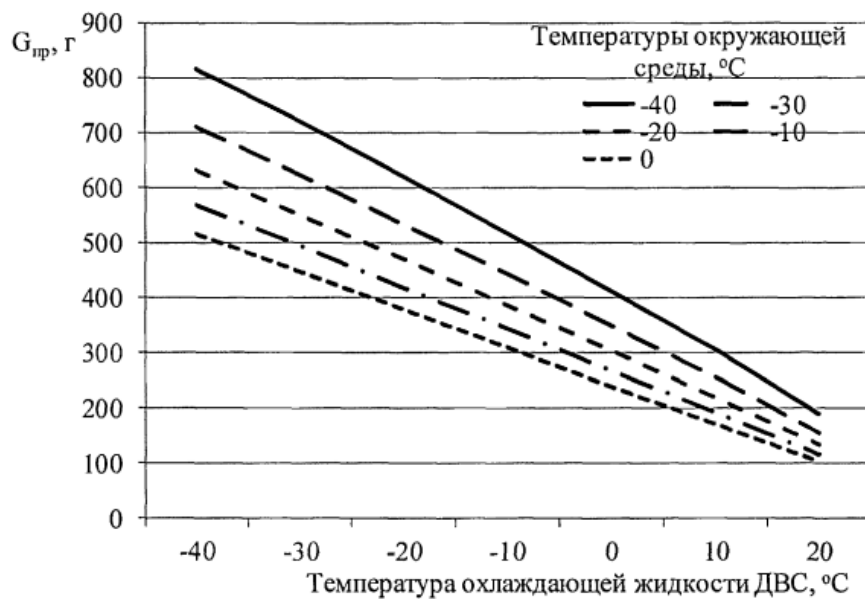


Рисунок 4.8. Залежність витрати палива на прогрівання двигуна Toyota RAV4 CVT до температури 35°C від початкової температури двигуна при різних температурах зовнішнього середовища

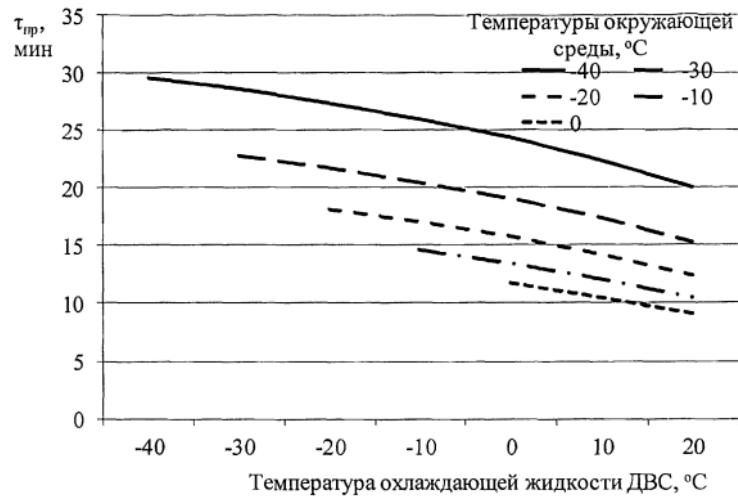


Рисунок 4.9. Залежність часу прогріву двигуна Toyota RAV4 CVT до температури 60 ° C від початкової температури двигуна при різних температурах зовнішнього середовища

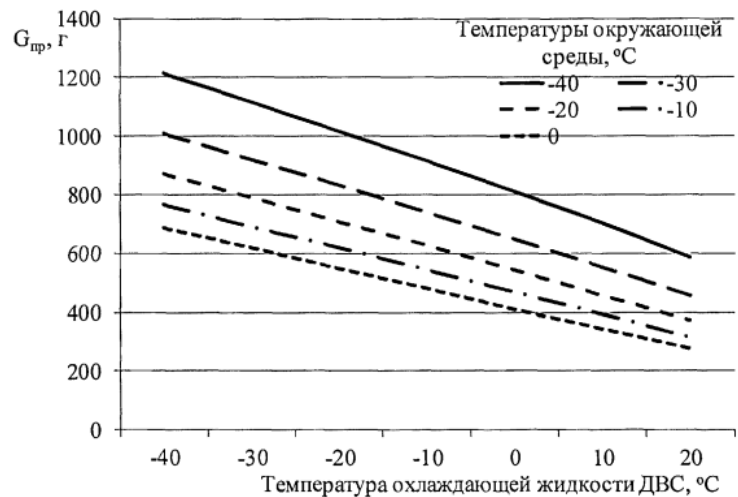


Рисунок 4.10. Залежність витрати палива на прогрівання двигуна Toyota RAV4CVT до температури 60°C від початкової температури двигуна при різних температурах зовнішнього середовища

Як показує порівняння залежностей (рис. 4.10 та 4.6), енергетичні витрати на прогрів двигуна Toyota RAV4 при його роботі на холостому ході також значно вищі, ніж у Toyota Corolla. При цьому найбільша різниця при поєднанні високих початкових температур двигуна і найнижчих температур навколишнього середовища.

Витрати часу на прогрівання двигуна Toyota RAV4 до температури

4.1.4. Дослідження процесу витрати палива під час руху автомобіля за типовими їзовими циклами в умовах низьких температур

Досліджуємо паливну економічність обраних марок і моделей автомобілів при їх русі з різною початковою температурою двигуна в міських умовах, режими руху задаватимемо за допомогою отриманих нами їзових циклів.

Визначимо, як впливатиме довжина поїздки на паливну економічність автомобілів – предметів дослідження.

У таблицях 4.4-4.6 представлені результати моделювання витрати палива під час руху за міським їзовим циклом.

Таблиця 4.4 - Результати моделювання під час руху Toyota Corolla за міським циклом їзди, початкова температура двигуна 35 °С. Витрати палива за поїздку, г.

Температура повітря, °С	Довжина поїздки, м				
	1000	2000	3000	4000	5000
0	87,65	145,55	190,24	246,41	299,83
-10	88,55	147,34	193,33	249,52	302,93
-20	89,45	149,74	197,33	253,54	306,94
-30	90,35	152,14	201,81	259,45	312,84
-40	91,38	154,53	206,13	267,41	321,87

Таблиця 4.5 - Результати моделювання під час руху Toyota Corolla за міським циклом поїзда, початкова температура двигуна 35°С. Дорожній витрата палива л/100 км.

Температура повітря, °С	Довжина поїздки, м				
	1000	2000	3000	4000	5000
0	11,14	9,32	8,13	7,90	7,67
-10	11,26	9,43	8,26	7,99	7,77
-20	11,37	9,59	8,43	8,12	7,87
-30	11,48	9,74	8,62	8,31	8,02
-40	11,62	9,89	8,81	8,57	8,25

Таблиця 4.6 - Результати моделювання під час руху Toyota Corolla за міським циклом їзди, початкова температура двигуна 35 °С. Кінцева температура ОЖ ДВЗ, °С

Температура повітря, °С	Довжина поїздки, м				
	1000	2000	3000	4000	5000
0	67,58	88,85	90,00	90,00	90,00
-10	63,85	82,94	90,00	90,00	90,00
-20	60,12	77,07	89,66	90,00	90,00
-30	56,40	71,22	81,94	90,00	90,00
-40	52,42	65,36	74,34	82,70	90,00

4.1.5. Дослідження витрати пального та часу прогріву на холостому ході в умовах негативних температур навколишнього середовища

Змоделюємо прогрів двигуна обраних марок і моделей автомобілів до встановленої температури початку руху (35 °С) при їх стоянці з працюючим двигуном з початковою температурою двигуна, що дорівнює температурі навколишнього середовища.

Таблиця 4.7 - Час прогрівання двигуна під час роботи на холостому ході до температури 35°С

Температура повітря, °С	Час прогріву, хв	
	Toyota Corolla	Toyota RAV4
0	3,37	5,29
-5	3,92	6,16
-10	4,50	7,08
-15	5,13	8,07
-20	5,80	9,12
-25	6,53	10,27
-30	7,35	11,52
-35	8,25	12,91
-40	9,27	14,46
-45	10,47	16,23

даних (БД), причому дублювання та заміна даних виключені в результаті системи унікальної ідентифікації файлів (див. розділ 3.2.3).

3. *Попередня обробка даних.* Після виконання всіх необхідних вимірювань БД додатково упорядковується відповідно до призначення синтезованого їздового циклу. Після обробки даних у пакетному режимі програмою CycleRec (див. розділ 3.4.1) маємо середні показники поїздки, такі як швидкість руху, довжина поїздки, структура складових циклу руху. Отримані в результаті роботи програми елементи їздового циклу автомобіля зберігаються у БД елементів циклу.

4. *Багатомірний аналіз та постобробка.* Середня кількість елементів циклу, отримана за результатами експериментальних поїздки, використовується для визначення рівня кластеризації за методом К-середніх (див. розділ 3.5.2). Отримані в результаті кластери впорядковуються - вишиковуються у безперервну (за швидкістю) послідовність за принципом ланцюгів Маркова (див. розділ 3.6).

В результаті аналізу отриманих швидкісних профілів як міський їздовий цикл для легкових автомобілів та умов м. Хмельницького можна запропонувати міський їздовий цикл, отриманий обробкою загальної бази швидкісних профілів, зафіксованих у робочі дні тижня (рис. 4.12)

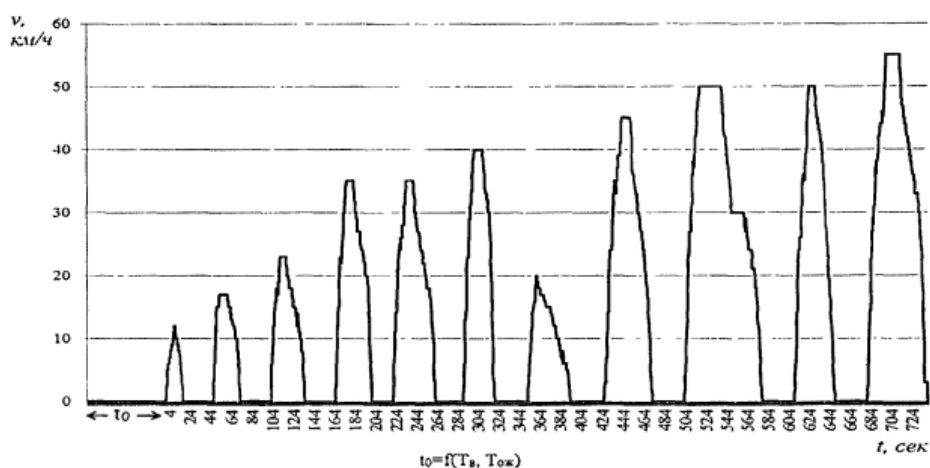


Рисунок 4.12. Зміна швидкості автомобіля під час виконання їздового циклу «Будні»

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

Порівняння характеристик даного циклу із міським циклом за ГОСТ 20306-90 підтверджує гіпотезу про невідповідність останнього реальним умовам руху у сучасному місті. Так, частка руху по циклу ГОСТ 20306-90 становить - 41%, а в синтезованому міському циклі для Хмельницького - 12,8%, частка зупинок, відповідно, 21% і від 40%.

4.2.2. Використання циклу в імітаційній моделі

Результатом першого блоку методики є цикл їзди (рис. 4.12), швидкісний профіль якого переноситься в імітаційну модель. Робоча книга програми Stamm може містити кілька різних їзових циклів. Кожен із них зберігається в окремому аркуші у вигляді послідовності відліків часу та значень швидкості автомобіля.

Для відтворення їзового циклу в імітаційній моделі процесу витрати палива необхідно, щоб усі елементи моделі, що імітують рух даної марки та моделі автомобіля, посилалися на лист, що містить швидкісний профіль цього циклу. Для того щоб обмежити відтворення циклу їзди, необхідно в налаштуваннях імітаційної моделі задати максимальний час імітації, що відповідає тривалості даного циклу. Після завершення циклу руху може бути повторно відтворено з будь-якого місця необмежену кількість разів. Перед початком імітації руху по циклу необхідно задати температуру повітря та виконати імітацію прогріву ДВЗ перед початком руху автомобіля.

Загалом порядок отримання циклу можна відобразити як структурної схеми методики (рис. 4.12).

4.3. Практичне використання результатів імітаційного моделювання

4.3.1. Методика розробки диференційованих норм витрати палива з урахуванням режиму руху та температури навколишнього середовища

Для розробки диференційованих норм витрати використовуємо

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

При цьому враховуватимемо особливості використання автомобілів - умови їх зберігання та середню довжину поїздки після тривалої зупинки. Залежно від умов зберігання автомобілів виділимо їх у дві групи: перша - автомобілі, що зберігаються на відкритій або неопалювальній стоянці, а друга - що зберігаються в гаражах, що опалюються.

До особливостей експлуатації автомобілів, що зберігаються на відкритій стоянці в зимовий період, слід віднести відносно високу частку витрати пального та часу, що припадає на попереднє розігрів двигуна автомобіля перед поїздкою. Експлуатаційна витрата палива за зміну незалежно від умов міжзмінного зберігання автомобіля також визначатиметься довжиною поїздки після тривалої стоянки з двигуном, що не працює.

Зазначені вище умови експлуатації зумовлюють особливості моделювання витрати палива при експлуатації взимку для кожної групи, головна з яких - для автомобілів першої групи необхідно враховувати попередній прогрів автомобіля перед поїздкою і розраховувати лінійну норму з урахуванням прогріву.

Диференціюватимемо норми залежно від температури навколишнього середовища та особливостей експлуатації для кожної марки та моделі автомобіля. При цьому для розрахунку витрати палива на попереднє прогрівання автомобілів перед основною експлуатацією для автомобілів першої групи приймемо кінцеву температуру двигуна 35°C.

Подальше моделювання руху автомобіля за циклом будемо виконувати з початковою температурою, що дорівнює кінцевій після прогріву на холостому ході.

По автомобілям другої групи моделювання прогріву двигуна при роботі на холостому ході виконувати не будемо, а початкову температуру ДВЗ для моделювання руху за циклом приймемо рівною його робочій температурі.

Порядок дій щодо диференційованої норми витрати палива за допомогою програми «Stamm» буде наступний.

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

Для першої групи автомобілів – два етапи.

Перший

1. Активізуємо модель прогріву на холостому ході для обраної марки та моделі автомобіля, за яким визначається норма.
2. Встановимо температуру повітря в імітаційній моделі, що дорівнює середній температурі діапазону, для якого визначається норма.
3. Встановимо початкову температуру ОЖ двигуна автомобіля в моделі також рівної середньої температури діапазону, для якого визначається норма.
4. Обнулили в моделі витрату палива та час прогріву.
5. Як умова для завершення моделювання задамо кінцеву температуру двигуна 35°C.
6. Запустимо модель.
7. Отримаємо витрату палива на прогрівання до заданої температури.

Другий етап

1. Активізуємо модель витрати палива під час руху за заданим циклом для обраної марки та моделі автомобіля, за яким визначається норма
2. Встановимо температуру повітря в імітаційній моделі, що дорівнює середній температурі діапазону, для якого визначається норма.
3. Встановимо початкову температуру двигуна моделі 35°C.
4. Обнулили в моделі пробіг і час руху автомобіля.
5. Як загальна витрата палива задамо значення, отримане на першому етапі моделі прогріву на холостому ході.
6. Як умови для завершення моделювання задамо завершення циклу за часом.
7. Після завершення моделювання зафіксуємо отриману витрату палива на 100 кілометрів пробігу як дорожню витрату палива в даних умовах.

Результати моделювання зведемо в таблицю 4.9 та 4.10.

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						<i>104</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 4.9 - Дорожня витрата палива для автомобіля Toyota Corolla 1.6 MT

Інтервал температур, °С	Дорожня витрата палива, л/100 км, при середній довжині поїздки після тривалої стоянки, м							
	Неопалювані стоянки				Опалювані закриті стоянки або гаражі			
	1000	2000	3000	4000	1000	2000	3000	4000
вище 0	20.81	13.68	11.07	10.08	11.05	9.17	8.06	7.84
від 0 до -5	23.15	15.97	12.64	11.24	11.15	9.31	8.15	7.91
-5 до -10	26.14	17.33	13.43	11.87	11.21	9.39	8.22	7.96
-10 до -15	29.39	18.55	14.36	12.60	11.27	9.46	8.29	8.02
-15 до -20	33.03	20.10	15.51	13.43	11.33	9.54	8.37	8.08
-20 до -25	36.66	22.29	16.93	14.50	11.39	9.62	8.47	8.15
-25 до -30	40.16	24.10	18.17	15.46	11.44	9.70	8.56	8.25
-30 до -35	44.69	26.41	21.47	16.76	11.50	9.77	8.66	8.36
-35 до -40	49.85	29.05	21.66	18.16	11.56	9.85	8.75	8.49
-40 до -45	55.65	32.01	23.58	19.51	11.63	9.93	8.84	8.62
Нижче -45	60.18	35.60	25.60	21.37	11.68	10.00	8.94	8.75

Таблиця 4.10 - Дорожня витрата палива для автомобіля Toyota RAV4 2.0 CVT

Інтервал температур, °С	Дорожня витрата палива, л/100 км при середній довжині поїздки після тривалої стоянки, м							
	Неопалювані стоянки				Опалювані закриті стоянки або гаражі			
	1000	2000	3000	4000	1000	2000	3000	4000
вище 0	35.45	24.09	18.50	16.10	13.67	11.27	9.96	9.69
від 0 до -5	47.11	28.33	21.20	18.09	13.81	11.41	10.05	9.76
-5 до -10	54.87	31.68	23.57	19.90	13.88	11.49	10.11	9.81
-10 до -15	62.63	34.66	26.03	21.87	13.95	11.59	10.17	9.86
-15 до -20	69.11	39.32	28.74	23.81	14.03	11.70	10.24	9.91
-20 до -25	78.79	43.53	31.90	25.83	14.10	11.81	10.32	9.97
-25 до -30	88.73	49.21	35.24	28.68	14.18	11.91	10.41	10.04
-30 до -35	99.69	54.76	39.01	31.39	14.25	12.02	10.51	10.11
-35 до -40	111.67	60.96	43.19	34.61	14.32	12.13	10.63	10.20
-40 до -45	126.22	68.12	48.01	38.30	14.40	12.27	10.75	10.29
Нижче -45	145.16	77.75	52.74	40.87	14.47	12.34	10.87	10.42

Якщо автомобіль протягом зміни експлуатується з тривалими

									Арк.
									105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2120154. 000 ПЗ				

простоями з непрацюючим двигуном, доцільно встановлювати величину диференційованої норми витрати палива з урахуванням тривалості цих простоїв. У цьому випадку необхідні дослідження темпу охолодження ОЖ двигуна даної марки та моделі автомобіля в залежності від температури навколишнього повітря.

При цьому імітація прогріву двигуна починається при температурі рідини, що охолоджує, рівної кінцевої температурі після стоянки автомобіля. Якщо ця температура вища за 35 °С, імітуємо рух за міським циклом, якщо ні, то спочатку імітуємо фазу прогріву працюючим двигуном до температури ОЖ ДВС 35 °С.

Такі норми були отримані для Nissan Teana 2.5 CVT (див. Додаток 2) і представлені в табл. 4.11.

Таблиця 4.11 - Диференційовані норми витрати палива для автомобіля Nissan Teana 2.5 CVT, залежно від температури повітря та тривалості стоянки з непрацюючим ДВЗ

Час стоянки, хв	Інтервал температур, °С									
	від 0 до 5	-5 до -10	-10 до -15	-15 до -20	-20 до -25	-25 до -30	-30 до -35	-35 до -40	-40 до -45	Нижче -45
0	14.93	15.09	15.25	15.41	15.57	15.73	15.89	16.05	16.20	16.36
15	14.94	15.12	15.31	15.50	15.70	15.91	16.13	16.36	16.60	16.84
30	15.00	15.19	15.39	15.60	15.82	16.05	16.28	16.52	18.00	17.03
60	15.14	15.35	15.58	15.81	16.35	16.60	17.32	18.18	19.20	18.32
90	15.26	15.49	15.73	16.27	16.87	17.54	18.30	19.19	20.24	20.49
120	15.36	15.72	16.23	16.78	17.41	18.10	18.88	19.71	20.86	22.20
150	15.44	16.05	16.58	17.15	17.78	18.49	19.29	20.00	21.28	22.64
180	15.83	16.32	16.86	17.44	18.08	18.80	19.61	20.53	21.63	22.99
210	16.04	16.53	17.07	17.67	18.32	19.04	19.86	20.79	21.90	23.26
240	16.23	16.74	17.29	17.89	18.55	19.28	20.10	21.04	22.15	23.53

4.3.2. Методика визначення та використання оптимального часу прогріву двигуна автомобіля перед початком експлуатації

Згідно з положеннями, встановленими в 1.6, умовимося оптимальною

										Арк.
										106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МРТАМ 2120154. 000 ПЗ					

температурою рідини, що охолоджує, при якій можна починати рух автомобіля, вважати значення температури, при якому ЕБУ подає напругу на датчики кисню. Виберемо для всіх марок та моделей автомобілів, що мають ДВС з розподіленим упорскуванням, середню температуру для зазначеного вище діапазону, тобто 35 °С. Дані про тривалість прогріву до цієї температури у вигляді таблиць, отримані імітацією в 4.1.5, можуть бути використані на відкритих стоянках як централізовано, так і приватними власниками для встановлення таймера прогріву в залежності від значення температури навколишнього середовища.

4.4. Оцінка економічного ефекту

Економічний ефект від використання результатів роботи може бути отриманий за декількома напрямками.

По-перше, ефект виникає при використанні моделювання часу прогріву двигуна на холостому ході за різних температур навколишнього середовища в зимовий період (див. табл. 4.4). Точне визначення часу початку руху після прогріву двигуном на стоянці дозволяє скоротити непродуктивні втрати як палива, так і робочого часу, а також зменшити шкідливі викиди, які, як відомо, максимальні при роботі холодного двигуна на холостому ходу.

Непрямий ефект може виникати, якщо вибирати раціональні способи теплової підготовки двигуна та при визначенні її способу та тривалості керуватися таблицею 4.5, при цьому витрати на теплову підготовку до заданої температури мають бути нижчими, ніж відповідні витрати на паливо.

Економію можна отримати, не допускаючи експлуатації автомобіля з холодним двигуном (див. табл. 4.3) і таким чином збільшуючи ресурс двигуна та, відповідно, зменшуючи витрати на ТО та ремонт.

4.4.1. Розрахунок економічного ефекту від запровадження оптимального часу прогріву двигуна автомобіля перед початком експлуатації

Для розрахунку можливого економічного ефекту від оптимізації першої

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фази їздового циклу автомобіля - прогріву ДВЗ на холостому ході поставимо час прогріву, що рекомендується ГОСТ 54120-2010 [20]. Але результати експериментальних досліджень свідчать, що температура ОЖ ДВС при дуже низьких температурах повітря який завжди досягає робочого значення. Практика приватних автовласників показує, що більшість з них здійснюють прогрівання на холостому ході до досягнення цифровим індикатором температури ОЖ значення другого сектора або зсувом стрілки аналогового індикатора із нерухомого стану. Це приблизно відповідає температурі рідини, що охолоджує, 40 - 50 °С.

Частина власників легкових автомобілів орієнтується за показаннями тахометра і починають рух при досягненні частоти обертання колінчастого валу значення 1000 хв-1. Ця частота обертання для ДВС автомобілів, що є предметом дослідження, становить близько 50 ° С (Toyota RAV4 2.0 - 50.85 ° С, Toyota Corolla 1.6 - 54.45 ° С, Ford Focus 1.8 - 54.46 ° С, Лада Приора - 47.37 ° С, Nis 2.5 – 45.91 °С). Задамося температурою, за якої починають рух більшість автовласників 50 °С. Оптимальною величиною температури для закінчення прогріву на холостому ході вважатимемо раніше обране значення 35 °С.

Результати розрахунків представлені як таблиць (табл. ПІ.1-ПІ.3).

Таким чином, при середній температурі ранкових годин листопада 2011 року дорівнює -11.83 °С, розрахункове зниження витрати при прогріві двигуна автомобіля Toyota RAV4 2.0 до температури 35 °С, порівняно з прогріванням на холостому ході, що визначається за непрямыми ознаками, наприклад, показанням тахометра , може становити 4,7 літра. Зниження витрати від прогріву до оптимальної температури рідини, що охолоджує, за аналогічних умов для січня 2012 року з середньою температурою -19.49 °С становить 5,7 л.

Найбільш значний ефект від використання прогріву на холостому ході до оптимальної температури ДВЗ Toyota RAV4 2.0 може бути досягнутий у порівнянні з прогріванням до робочої температури (89 °С), для січня 2012

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
						108
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

розрахункове зниження витрати на прогрів становить 23,9 л.

4.4.2. Розрахунок економічного ефекту від впровадження диференційованого нормування витрат палива з урахуванням низьких температур та умов зберігання автомобіля

Найбільш перспективним є використання отриманих диференційованих норм витрати палива (див. табл. 4.6 та 4.7).

Оцінимо можливу економію під час використання запропонованих норм. Витрата палива з використанням диференційованої норми за період експлуатації за низьких температур повітря в зимовий період складе:

$$Q_{\delta} = H_{\delta} \cdot S \cdot 10^{-2}, \quad (4.1)$$

де S – пробіг автомобіля, км;

H_{δ} – диференційована норма витрати палива для заданої температури, л/100 км.

Відповідно до чинної методики [64] для легкових автомобілів нормативне значення витрати палива розраховується за формулою:

$$Q_H = 0,01 \cdot H_s \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot D), \quad (4.2)$$

де Q_H – нормативна витрата палива, л;

H_s – базова норма витрати палива на пробіг автомобіля, л/100 км;

D – коефіцієнт поправки (сумарна відносна надбавка або зниження) до норми, %.

Виберемо для розрахунку температуру в інтервалі від -0 до -5 °С, це є необхідною умовою використання зимових надбавок до базових норм. Число днів з такою середньою температурою за період 2012 року-2013 року - $A_t = 25$.

Якщо прийняти середній добовий пробіг службового автомобіля або таксі Toyota Corolla за зимовий період $L=100$ км, а середню довжину їздки $l=3$ км, пробіг за цієї температури складе:

$$S = L \cdot A_t = 100 \cdot 25 = 2500 \text{ км,}$$

де L – середньодобовий пробіг автомобіля за зимовий період експлуатації, км;

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

At - Число днів із заданою середньою температурою навколишнього середовища.

А витрата палива з використанням диференційованої норми (4.1):

$$Q_D = 8,06 \cdot 2500 \cdot 10^{-2} = 201.5 \text{ л.}$$

За методикою, що діє, при використанні зимової надбавки для умов Хмельницької області $D = 15\%$ маємо за формулою (4.2):

$$Q_H = 0,01 \cdot 8.3 \cdot 2500 (1 + 0,01 \cdot 15) = 238.625 \text{ л.}$$

Крім того, розрахуємо нормативну витрату палива за методикою щоденного коригування [75], надбавка для інтервалу температур від 0 до -5 °С - $D = 3\%$ маємо за формулою (4.2) з використанням диференційованого значення D :

$$Q_H = 0,01 \cdot 8.3 \cdot 2500 \cdot (1 + 0,01 \cdot 3) = 213.725 \text{ л.}$$

Візьмемо до розрахунку температуру в інтервалі від -5 до -10 °С. Число днів із такою середньою температурою за період 2012-2013 року – 22.

Пробіг при цій температурі становив:

$$S = L \cdot At = 100 \cdot 22 = 2200 \text{ км.}$$

А витрати пального з використанням диференційованої норми (4.1):

$$Q_D = 8,22 \cdot 2200 \cdot 10^{-2} = 180.84 \text{ л.}$$

За діючою методикою (4.2) при використанні зимової надбавки для умов Хмельницької області $D = 15\%$ маємо:

$$Q_H = 0,01 \cdot 8.3 \cdot 2200 \cdot (1 + 0,01 \cdot 15) = 209.99 \text{ л.}$$

За методикою щоденного коригування (при температурі від -5 до -10 °С - $D = 4\%$ маємо (4.2):

$$Q_H = 0,01 \cdot 8.3 \cdot 2200 \cdot (1 + 0,01 \cdot 4) = 189.904 \text{ л.}$$

Візьмемо до розрахунку температуру в інтервалі від -20 до -25 °С. Число днів із такою середньою температурою за період 2012-2013 року – 18.

Пробіг за даної температури склав:

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S = 100 \cdot 18 = 1800 \text{ км.}$$

Витрата палива з використанням диференційованої норми для цієї температури за тієї ж довжини їздки:

$$Q_d = 8,47 \cdot 1800 \cdot 10^{-2} = 152.46 \text{ л.}$$

За методикою, що діє, при використанні зимової надбавки для умов Хмельницької області $D = 15\%$ маємо:

$$Q_H = 0,01 \cdot 8.3 \cdot 1800 \cdot (1 + 0,01 \cdot 15) = 171.81 \text{ л.}$$

За методикою [75] ($D=9\%$):

$$Q_H = 0,01 \cdot 8.3 \cdot 1800 \cdot (1 + 0,01 \cdot 9) = 162.846 \text{ л.}$$

Наведемо результати розрахунку у вигляді таблиці (табл. 4.12):

Таблиця 4.12 - Економічна ефективність диференційованого нормування витрат палива (на прикладі 2010-2011 року)

Інтервал температур, °С	Число днів	Витрата палива, л			
		За діючою методикою	При щоденному коригуванні	За імітаційною моделлю	Розбіжність
від 0 до -5	25	238.63	213.73	201.50	12.23÷37.13
-5 до -10	22	209.99	189.90	180.84	9.06÷29.15
-10 до -15	13	124.09	113.30	107.77	5.53÷16.32
-15 до -20	27	257.72	239.79	225.99	13.80÷31.73
-20 до -25	18	171.81	162.85	152.46	10.39÷19.35
-25 до -30	9	85.91	82.92	77.04	5.88÷8.86
від -30 до -35	7	66.82	65.65	60.62	5.03÷6.19
Загальний розмір економії, л					61.91÷148.73

Річна економія палива на один автомобіль марки Toyota Corolla складає від 62 до 149 літрів. При ціні палива 29 рублів за літр економія в грошах це становитиме від 1795 до 4313 рублів на рік.

Висновки

В результаті проведення теоретичних та експериментальних досліджень

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк. 111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підготовлено методику, що передбачає автоматизований збір та обробку даних про режими руху автомобілів, подальшу кластеризацію та впорядкування за методом ланцюгів Маркова. За допомогою цієї методики отримано типові цикли руху для умов м. Хмельницькому. При цьому методика є універсальною і не потребує значних матеріальних та трудових витрат для отримання їздових циклів у заданих умовах за будь-яким населеним пунктом з інтенсивним рухом автомобілів. Можливості розробленого програмного забезпечення та відповідна організація експерименту зі збором даних через WEB-сервіси дозволять надалі отримати міський їздовий цикл для умов середнього міста України.

Підготовлена імітаційна модель процесу витрати палива при русі автомобіля за міським їздовим циклом в умовах низьких температур і відповідна методика диференційованого нормування витрат палива дозволили отримати значення норм для автомобілів Nissan Teana 2.5 CVT, Ford Focus 1.8 MT, Toyota Corolla 1.6 MT, Toyota. Особливості середовища моделювання дозволяють отримати аналогічні імітаційні моделі і, відповідно, норми витрати палива для будь-яких інших марок і моделей автомобілів, оснащених бензиновими двигунами з розподіленим упорскуванням палива, при цьому необхідно короткострокове, протягом декількох годин, тестування автомобіля при прогріванні ДВЗ на холостому ході та рух по міському їздовому циклу. Крім того, імітаційна модель є що розширюється з метою оцінки впливу інших неврахованих у даній роботі факторів на процес витрачання палива та зміни температури охолоджуючої рідини двигуна при русі автомобіля в міських умовах у зимовий період, при цьому не потрібно зміни коду програми або редагування елементів моделі.

Розрахунковий економічний ефект від запровадження оптимізації прогріву автомобіля за критерієм витрати палива може становити до 23,9 літрів на один автомобіль за зимовий період (на прикладі двигуна автомобіля Toyota RAV4 2.0 та зимового періоду 2011-2012 року). Розрахунковий ефект

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

від використання диференційованих норм витрати палива в залежності від значення температури повітря може становити до 4313 рублів на автомобіль на рік.

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

1. Теоретично обґрунтовано методику формування типового їздового циклу, що передбачає автоматизований збір та обробку даних про режими руху автомобілів, подальшу кластеризацію методом К-середніх та впорядкування за методом ланцюгів Маркова. Для її реалізації створено програму CycleRec, алгоритм роботи якої заснований на теорії розпізнавання образів.
2. Розроблено алгоритм процесу витрачання палива при русі автомобіля за міським маршрутом та низькими температурами навколишнього середовища, заснований на встановлених функціональних залежностях між показниками роботи двигуна та зовнішніми факторами – температурою навколишнього середовища та швидкістю руху автомобіля.
3. Експериментально встановлено, що в зимовий період структура та характеристики міського їздового циклу визначається температурою навколишнього повітря, умовами зберігання автомобіля та довжиною поїздки після тривалої зупинки. Характеристики міського циклу, отриманого для зимових умов, істотно відрізняються від міського циклу за ГОСТ 20306-90: час руху з постійною швидкістю зменшився з 41 до 12% від загального часу руху, а час зупинок, навпаки, зріс з 21 до 40% і більше, залежно від температури навколишнього повітря, що в основному обумовлено необхідністю прогріву двигуна перед початком руху.
4. Підтверджено адекватність та отримано параметри аналітичних залежностей, що використовуються в імітаційній моделі процесу витрачання палива під час руху за міським циклом в умовах низьких температур навколишнього середовища для низки марок та моделей автомобілів. Під час реалізації моделі використовувалася система

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

імітаційного моделювання «Stamm».

5. Можливості розробленого програмного забезпечення та відповідна організація експерименту зі збором даних через WEB-сервіси дозволять надалі отримувати міський їздовий цикл для умов будь-якого міста та імітаційні моделі процесу витрачання палива будь-якого автомобіля, обладнаного ДВЗ з розподіленим упорскуванням.

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>115</i>

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аверичев Л.В. Планирование маршрутного расхода топлива при перевозке грузов в городских условиях [текст]. - Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Омск, 1994. -21 с.
2. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных [текст] / Под ред. С.А. Айвазяна. - М.: Финансы и статистика, 1985. - 487 с.
3. Артамонов М.Д., Иларионов В.А., Морин М.М. Теория автомобиля и автомобильного двигателя [текст]. - М.: Машиностроение, 1968. -263 с.
4. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения [текст]. - М.: Транспорт, 1970. - 132 с.
5. Бахмат Г.В., Тюлькин В.А. Коэффициент приспособленности автомобиля к зимним условиям эксплуатации [текст]// Известия вузов. Нефть и газ, - 1999, № 3. - С. 92 - 101.
6. Бахмачевский Б.И., Зах Р.Г., Лызо Т.П., Сушкин И.Н., Щукин А.А. Теплотехника [текст]. - М.: Металлургия, 1964. - 608 с.
7. Безбородова Г.Б., Галушко В.Г. Моделирование движения автомобиля [текст]. - Киев: Вища школа, 1978 - 168 с.
8. Высоцкий М.С., Беленький Ю.Ю., Московии В.В. Топливная экономичность автомобилей и автопоездов [текст]. - Мн.: Наука и техника, 1984. - 208 с.
9. Гирявец А.К. Теория управления автомобильным бензиновым двигателем [текст]. - М.: Стройиздат, 1992 - 160 с.
10. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика [текст]. Учебное пособие. - М.: Высшая школа, 1999. - 479 с.
11. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте [текст]. -М.: Транспорт, 1990. - 135 с.
12. ГОСТ 20306-90. Автотранспортные средства. Топливная экономичность.

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		116

- Методы испытаний [текст]. - М.: Издательство стандартов, 1990. - 32 с.
13. ГОСТ 19.701-90 Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения- М.: Издательство стандартов, 1990. - 25 с.
 14. ГОСТ 8.207-76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдения [текст]. - М.: Издательство стандартов, 1977. - 8 с.
 15. Григорьев М.А., Пименов А.М. Исследование температурного режима цилиндра-поршневой группы двигателя ЗИЛ-130 [текст]. - Автомобильная промышленность, 1966, № 7. - С. 18-21.
 16. Долговечность и износ автомобильных двигателей [текст] И Сб. научных трудов НАМИ, вып. 119 - М.: 1969, - 123 с.
 17. Ерохов В.И. Система впрыска топлива легковых автомобилей [текст]. - М.: Транспорт, 2002. - 174 с.
 18. Зимелев Г.В. Теория автомобиля [текст]. - М.: Мащгиз, 1959. 312 с.
 19. Калинина В.Н., Соловьев В.И. Введение в многомерный статистический анализ [текст]: Учебное пособие / ГУУ. - М., 2003. - 66 с.
 20. Каст В., Кришер О., Райние Г., Винтермантель К. Конвективный тепло- и массоперенос [текст]. Пер. с нем. - М.: Энергия, 1980. - 49 с.
 21. Куликов Н.К., Злотин Г.Н. О коэффициенте неустановившегося режима работы двигателя [текст]. Автомобильная промышленность, 1960, № 4, с.16-17.
 22. Левин А.Ф. Эксплуатация оборудования автомобилей зимой [текст]. - М.: Транспорт, 1971.- 80 с.
 23. Ленин И.М. Системы топливоподачи автомобильных и тракторных двигателей / Ленин И.М., О.И. Малашкин, Г.И. Самоль и др. - М.: Машиностроение, 1976. -287 с.
 24. Лосавио Г.С. Пусковые износы автомобильных двигателей при низких температурах [текст]. - М.: Транспорт, 1967. - 56 с.

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

25. Лосавио Г.С., Семенов Н.В.. Зимняя эксплуатация автомобилей [текст]. - М.: Автотрансиздат, 1961. - 135 с.
26. Лосавио Г.С.. Пуск автомобильных двигателей без разогрева[текст]. - М.: Транспорт, 1965. - 102 с
27. Левитский Н.П. Теория механизмов и машин [текст]. - М.,: Наука, 1990. - 592 с.
28. Маняшин А.В. Система имитационного моделирования и первоначальной обработки данных «Stamm» [текст]. «Компьютерные учебные программы и инновации» №22-23. М.: «КУПИ», 2006.
29. Микулин Ю.В., Карницкий В.В., Энглин Б.А. Пуск холодных двигателей при низкой температуре [текст]. - М.: Машиностроение, 1971.-216с.
30. Оберемок В.З., Юрковский И.М. Пуск автомобильных двигателей [текст]. -М.: Транспорт, 1971. - 118 с.
31. Основные положения по нормированию расхода топлива, тепловой и электрической энергии в народном хозяйстве [текст]. - М.: Атомиздат, 1980.- 16 с.
32. Руководство по эксплуатации автомобиля Lada Kalina и его модификаций. - Тольятти: ОАО «АВТОВАЗ». 2008. - С. 25.
33. Справочник по прикладной статистике [текст]. Т.2: Пер. с англ. / под ред. Л. Ллойда, У. Ледермана, С.А. Айвазяна, Ю.Н. Тюрина. - М.: Финансы и статистика, 1990. - 526 с.
34. Тедорадзе Р.Г. Исследование процесса разгона автомобиля с учетом работы двигателя на переменных режимах [текст]. - БелПИ. - Минск, 1985. - 120 с.
35. Топливная экономичность автомобилей с бензиновыми двигателями [текст] / Т. У. Асмус, К. Боргнакке, С. К. Кларк и др.; Под ред. Д. Хиллиарда, Дж. С. Спрингера. —М.: Машиностроение, 1988. — 504 с.
36. Тюрин Ю.М., Макаров Ю.А. Статистический анализ данных на компьютере [текст]. -М.: Инфра-М, 1998 -528 с.

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>118</i>

37. Файзуллаев Э.З., Исмаилов С.А. Влияние температуры окружающей среды на топливную экономичность автомобилей. // Совершенствование конструкции и повышение эффективности эксплуатации автомобилей. - М.: МАДИ, 1987. -132 с.
38. Фаробин Я.Е., Шупляков В.С. Оценка эксплуатационных свойств автопоездов для междугородных перевозок [текст]. -М.: Транспорт, 1983.- 199 с.
39. Чудаков Е.А. Теория автомобиля [текст]. -М.: Машгиз, 1950. - 343 с.
40. Шейнин А.М. Методы определения и поддержания надежности автомобилей в эксплуатации [текст]. - М.: Транспорт, 1968, - 168 с.
41. E. Ericsson, Independent driving pattern factors and their influence on fuel use and exhaust emission factors [text]. Transportation Research D 6 (2001)[3J
42. E. Ericsson. Variability in urban driving patterns [text]. Transportation Research Part D: Transport and Environment. Volume 5, Issue 5, September 2000, Pages 337-354.
43. E.Tzirakis, K. Pitsas, F. Zannikos.Vehicle emissions and driving cycles: comparison of the athens driving cycle (ADC) with ECE-15 and european driving cycle (EDC) [text]. Global NEST Journal, Vol 8, No 3, pp 282-290, 2006.
44. Toyota Corolla. Руководство для владельца. Toyota Motor Corporation. Publication No. OM12C40R. 2008. - p. 408.
45. William F. Marshall. Influences of fuel, driving cycle, and ambient temperature on the performance of vehicles designed for ethanol fuel. U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency Washington, DC [text]. - 1995, 11с.
46. M. Montazeri-Gh and M. Naghizadeh. Development of car drive cycle for simulation of emissions and fuel economy [text]. Systems Simulation and Control Laboratory Department of Mechanical Engineering. Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran. -2007, p. 233

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>119</i>

47. Wang, Z.-p. Sun, F.-c. Wang, J. Statistical Analysis for the Driving Cycle of Beijing's Bus [text]. Journal- Beijing institute of technology - english edition- Bibliographic details 2004, VOL 13; NUMB 4, pages 436-440
48. Ping Jiang, Qin Shi, Wuwei Chen, Youwen Li, Qinghu Li, Investigation of a New Construction Method of Vehicle Driving Cycle [text], vol. 4, pp.210214, 2009 Second International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation, 2009. [Электронный ресурс]. URL: <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/ICICTA.2009.766>
49. Driving cycle. Wikipedia - free encyclopedia. [Электронный ресурс]. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Driving_cycle
50. Effect of ambient temperature and driving cycle on exhaust emissions. W. F. Marshall. EPA-460/3-80-012. 1980. -p. 23.
51. Federal Test Procedure Review Project. Status Report. February, 1993, EPA 420-R-93-006. 1993.-p.21.
52. H. Christopher Frey and Junyu Zheng. Probabilistic Analysis of Driving Cycle-Based Highway Vehicle Emission Factors. Article. Environ. Sci. Technol., 2002, 36 (23), pp 5184-5191 DOI: 10.1021/es0114308 Publication Date (Web): October 30, 2002 [Electronic resource]. URL: <http://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/es0114308>
53. [Electronic resource]. URL: <http://www.anylogic.com>
54. [Electronic resource]. URL: <http://www.anylogic.com>
55. [Electronic resource]. URL: <http://www.aimsun.com>

					<i>МРТАМ 2120154. 000 ПЗ</i>	Арк.
						120
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТКИ

					МРТАМ 2120154. 000 ПЗ	Арк.
						121
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		