

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

**Пояснювальна записка**  
до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему **«Підвищення ефективності експлуатації автомобілів обласного комунального підприємства «Автобаза Обласної Ради» застосуванням оптимальної моделі керування ним»**

Виконав: студент 2 курсу,  
групи 1АТ-19м спеціальності 274 –  
«Автомобільний транспорт»

**Плахотнюк Б.Ю.**

Керівник: канд. тех. наук, доцент  
Галушак Д.О.

Рецензент: \_\_\_\_\_

Вінниця – 2020 року



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

Освітній ступінь – «Магістр»  
Спеціальність 274 – «Автомобільний транспорт»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
завідувач кафедри АТМ  
д.т.н., професор Біліченко В.В.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Плахотнюк Богдан Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності експлуатації автомобілів обласного комунального підприємства «Автобаза Обласної Ради» застосуванням оптимальної моделі керування ним

керівник роботи Галушак Дмитро Олександрович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «25» вересня 2020 року № 214.

2. Строк подання студентом роботи: 26.11.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – автомобілі комунального підприємства «Вінницька обласна рада»; об'єкт дослідження – процеси оптимізації управлінням ТЗ; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1 Аналіз шляхів підвищення ефективності експлуатації автомобіля та загальна характеристика комунального підприємства «Автобаза обласної ради»

2 Розробка методики економічного алгоритму управління автомобілем

3 Розробка оптимальної моделі управління автомобілем та розрахунок економічного ефекту від її впровадження на підприємстві.

4 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

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

1-3 Тема, мета та завдання дослідження.

4 SWOT - аналіз комунального підприємства «Автобаза Обласної Ради».



- 5 Рекомендації по економічному алгоритму управління легковим автомобілем.
- 6 Заходи щодо зменшення опору руху автомобіля і внутрішніх витрат в двигуні і трансмісії
- 7-8 Блок-схема методики визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля при розгоні
- 9 Блок-схема визначення оптимальної по витраті палива передачі при сталому русі
- 10 Визначення характеристики витрати палива при сповільненні
- 11 Графік зміни шляхової витрати палива при розгоні з місця до 60 км /год в залежності від частоти обертання колінчастого вала в момент перемикання передач..
- 12 Графік вибору оптимальної передачі при русі з постійною швидкістю на автомобілі з робочим об'ємом двигуна 2000 см<sup>3</sup>.
- 13-14 Рекомендації щодо управління автомобілем при використанні оптимальної моделі управління.
- 15 Розрахунок економічної ефективності оптимальної моделі управління на комунальному підприємстві «Автобаза Обласної Ради»
- 16 Основні висновки

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розв'язання основної задачі	Галушак Д.О., доцент кафедри АТМ		
Економічна частина	Буренніков Ю.Ю. доцент кафедри АТМ		
Охорона праці	Дембіцька С.В., доцент кафедри БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання « 28 » вересня 2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення об'єкту та предмету дослідження	29.09-04.10.2020	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	29.09-04.10.2020	
3	Обґрунтування методів досліджень	05.10-07.10.2020	
4	Розв'язання поставлених задач	08.10-21.11.2020	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	16.11-21.11.2020	
6	Виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»	02.11-21.11.2020	
7	Виконання розділу «Економічна частина»	02.11-21.11.2020	
8	Нормоконтроль МКР	23.11-26.11.2020	
9	Попередній захист МКР	27.11-01.12.2020	
10	Рецензування МКР	03.12-08.12.2020	
11	Захист МКР	09.12-17.12.2020	

Студент \_\_\_\_\_ Плахотнюк Б.Ю.  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Галушак Д.О.  
(підпис)



## РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота складається зі вступу, 4 розділів і загальних висновків. Загальний обсяг роботи 101 стор., у тому числі 21 рис., 32 табл., 70 літературних джерел.

Предметом дослідження є процес управління легковим автомобілем.

Робота складається з чотирьох частин :

1. Аналіз шляхів підвищення ефективності експлуатації автомобіля та загальна характеристика комунального підприємства «Автобаза Обласної Ради».
2. Розробка методики економічного алгоритму управління автомобілем.
3. Розробка оптимальної моделі управління автомобілем та розрахунок економічного ефекту від її впровадження на підприємстві.
4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є: розробка оптимальної моделі управління автомобілем для підвищення ефективності експлуатації автомобіля на комунальному підприємстві «Автобаза обласної ради».



## ABSTRACT

The master's qualification work consists of an introduction, 4 sections and general conclusions. The total volume of work is 101 pages, including 21 figures, 32 tables, 70 literature sources.

The subject of the study is the process of driving a car.

The work consists of four parts:

1. Analysis of ways to increase the efficiency of the car and the general characteristics of the utility company "Motor depot of the regional council".
2. Development of methods of economic algorithm of car control.
3. Development of the optimal model of car management and calculation of the economic effect of its implementation at the enterprise.
4. Occupational health and safety.

The purpose of this master's qualification work is development of the optimal model of car management for increase of efficiency of operation of the car at the municipal enterprise "Motor depot of regional council".



## ВСТУП

**Актуальність теми.** На сьогоднішній день автомобіль є одним з наймасовіших транспортних засобів, який виконує безліч завдань. Однак, існує проблема екологічності, економічності та безпеки такого виду транспорту. За даними звіту Європейського агентства з охорони навколишнього середовища (ЄЕА), забруднюючі викиди від транспортних засобів продовжують впливати на здоров'я людей та стримують процес досягнення цілей Кіотського протоколу.

Зниження експлуатаційної витрати палива шляхом підвищення якості управління автомобілем є резервом підвищення екологічності, безпеки та ефективності автомобільного транспорту, який до цих пір погано використовується. До останнього часу виробники автомобілів направляли свої зусилля на зниження витрати палива, шляхом вдосконалення конструкцій автомобіля. У той же час підвищення якості управління автомобілем дозволяє знизити витрату палива і викиди відпрацьованих газів на 20-30% при будь-якій конструкції транспортних засобів.

Для зменшення витрат на експлуатацію автомобіля слід застосовувати оптимальну модель керування автомобілем.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Робота виконувалась відповідно до науково-дослідної тематики кафедри автомобілів та транспортного менеджменту Вінницького національного технічного університету. Робота виконана відповідно до Закону України «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки» № 2623-14 від 05.12.2012 р.; розпорядження Кабінету Міністрів України з виконання Програми діяльності Кабінету Міністрів України та Стратегії сталого розвитку «Україна-2020» № 213-р. від 4 березня 2015

**Метою досліджень** є розробка оптимальної моделі управління автомобілем для підвищення ефективності експлуатації автомобіля на комунальному підприємстві «Автобаза Обласної Ради».

**Об'єкт дослідження** - оптимальна модель управління легковим автомобілем.



**Предмет дослідження** - процес управління автомобілем.

**Методи досліджень.** Методологічною основою роботи є використання системного підходу, аналізу проблем з технічної, математичної і інформаційної точок зору.

**Наукова новизна:** отримала подальшого розвитку методика визначення економічного алгоритму руху автомобіля.

#### **Практична значимість**

Практична значимість роботи полягає в розроблені блок-схеми методики визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля при розгоні, сталому русі та сповільненні; розробці рекомендацій щодо керування автомобілем при використанні оптимальної моделі управління.

**Достовірність результатів** представлених у даній магістерській кваліфікаційній роботі підтверджується строгістю постановки задач, коректним застосуванням математичних методів під час доведення наукових положень, а також високою зіставленістю теорії і експериментальних результатів.

**Апробація результатів роботи.** Деякі положення та результати роботи доповідались та обговорювались на Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (Вінниця: ВНТУ, 2020).

**Публікації.** Основні положення та результати досліджень за участі автора опубліковані в одній публікації [1].



## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛЯ ТА ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА «АВТОБАЗА ОБЛАСНОЇ РАДИ»

#### 1.1 Сучасні напрямки підвищення ефективності використання та екологічності автомобіля

За даними звіту Європейського агентства з охорони навколишнього середовища (ЄЕА), забруднюючі викиди від транспортних засобів продовжують впливати на здоров'я людей та стримують процес досягнення цілей Кіотського протоколу.

Звіт «Транспорт та екологія 2005: Вирішення дилеми» вже вийшов у світ та показав, що останнім часом кількість пасажирських та непасажирських перевезень на території Європи постійно збільшується. В той час, як викиди в інших секторах зменшилися, у транспортному секторі європейських країн вони зросли на більш ніж 22% у період 1990 - 2003. Повітряні пасажирські перевезення зросли у більшому обсязі (96% за період 1990 - 2002), у той час як частка залізничного та автомобільного транспорту залишилась незмінною.

Відносно непропорційний зріст кількості вантажних перевозок та економіки спостерігаються у 10 країнах-членах ЄС, де економічний зріст йде попереду транспортних перевезень. Відносне розбалансування пасажирського транспорту спостерігалось протягом останніх 6 років дані по роках наявні не для усіх країн ЄС.

Транспорт - не єдиний чинник забруднення повітря. Однак, викиди газів на вулицях можуть погано вплинути на загальний стан здоров'я суспільства. Більш того, дорожній рух – це джерело викидів тонко-дисперсних та надто тонко-дисперсних часток у містах. Ряд наукових досліджень свідчить, що ці частки серйозно впливають на здоров'я людей.

Транспорт — автомобільний, залізничний, водний і повітряний — іще одне джерело забруднення природи України. Викиди забруднювальних речовин автомобільним транспортом у середньому за рік становлять близько 5,5 млн. т



(39 % усього обсягу викидів в Україні). У великих містах забруднення повітря вихлопними газами часом досягає 70—90 % загального рівня забруднень. Крім того, більш як 20 % транспортних засобів експлуатується з перевищенням установлених нормативів умісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах.

Транспортна мережа в Україні доволі густа, кількість та активність автотранспорту в містах великі, й шкоду довкіллю він завдає дуже відчутну. Основні причини цього — застарілі конструкції двигунів, використовуване паливо (бензин, а не газ чи інші, менш токсичні речовини) та погана організація руху, особливо в містах, на перехрестях. У відпрацьованих газах, що їх викидають наші автомобілі, виявлено близько 280 різних шкідливих речовин, серед яких особливу небезпеку становлять канцерогенні бензпірени, оксиди азоту, свинець, ртуть, альдегіди, оксиди вуглецю й сірки, сажа, вуглеводні.

На перевезення одного й того самого вантажу автотранспортові потрібно в 6,5 рази більше палива, ніж залізничному, й у 5 разів — ніж водному. В Україні експлуатується понад 1 млн. вантажних автомобілів і далеко за 2,5 млн. легкових. Кожен із них щорічно спалює від 12 до 30 т високооктанового російського бензину, в котрому як антидетонатор застосовується свинець (концентрація свинцю в цьому бензині становить до 0,36 г/л, тоді як у бензинах Великої Британії — 0,15, США — 0,013 г/л). Відпрацьовані гази наших дизельних двигунів значно токсичніші, ніж карбюраторних, бо містять багато оксидів вуглецю, діоксидів азоту й сірки, а також сажі (до 16—18 кг на кожен тону дизельного палива). Від транспортних газів і шуму потерпають усі міста України, особливо великі. Залізничний транспорт екологічно чистіший, особливо електричний. Та проблемою стало сильне забруднення залізниць нечистотами, що викидаються з вагонних туалетів. Забруднюється смуга завширшки в кілька метрів обабіч колій. У всіх цивілізованих країнах туалети поїздів обладнано спеціальними місткостями, й нечистоти не викидаються назовні. В результаті екологічних і медичних досліджень з'ясувалося, що забруднення залізничних колій нечистотами та продуктами їхнього розкладання, особливо в теплі сезони року, спричинило захворювання шлунка й легень у багатьох пасажирів і залізничників.



Наш час характеризується небаченими масштабами транспортних перевезень — як вантажних, так і пасажирських. Значна їх частина є безпосередньою складовою процесу виробництва — промислового й сільськогосподарського. Надзвичайна мобільність властива й людям: зростають швидкості й вантажопідйомність автомобілів, літаків, суден. Відповідно збільшуються й масштаби шкоди, якої вони завдають природі. Пригадаймо, що один з екологічних законів Б. Коммонера стверджує: за все потрібно платити. І за зростання обсягу вантажоперевезень, за швидкість і комфорт люди розплачуються здоров'ям, оскільки забруднюються практично всі земні сфери.

Автомобілі є винуватцями 40 % забруднень атмосфери великих міст, таких як Київ. За даними статистичної служби, в Києві в 1965 р. було 10 автомобілів на тисячу жителів, у 2000 р. — 150. За розрахунками розробників генплану забудови Києва, в 2020 р. на кожну тисячу киян припадатиме 300 автомобілів. Підраховано, що якби всі вихлопні труби автомобілів, котрі «бігають» вулицями Києва, з'єднати в одну, то утворився б жахливий кратер діаметром 25 м, з якого вивергається 110 тис. т шкідливих газів на рік.

Тому з огляду на негативну ситуацію щодо екології слід зменшити кількість автомобілів, що експлуатуються. Це призведе до зменшення витрати палива. Зниження експлуатаційної витрати палива можливо шляхом наступних заходів щодо поліпшення конструкції транспортних засобів: перехід на екологічно безпечні транспортні засоби (електромобілі, гібридні автомобілі), вдосконалення конструкцій двигуна і трансмісії, коліс і шин, поліпшення аеродинамічних характеристик, зниження маси і т.д.) застосування навігаційного обладнання, використання екологічно безпечних методів керування транспортними засобами [49].

На аеродинамічні втрати припадає основна частина енерговитрат автомобіля при русі з високою швидкістю. При русі зі швидкістю 105 км / год на опір повітря припадає близько половини всіх втрат. Оскільки аеродинамічні втрати різко зростають зі збільшенням швидкості, найпростіший спосіб зниження експлуатаційної витрати палива полягає в обмеженні максимальної швидкості автомобіля на ділянках вільного руху. У більшості країн максимальна швидкість



законодавчо обмежена [49].

Прогнози фахівців з видобутку нафти говорять про те, що в найближчі 20 років видобувати нафту буде все важче. Родовища стануть більш віддаленими, буріння буде відбуватися на велику глибину, і ціни будуть рости, в результаті чого дешева нафта зникне [47]. Наслідки дефіциту або значного збільшення цін можуть спричинити серйозні збої в роботі промисловості, транспорту, сільське господарство і т.д. Автотранспортна система являє собою особливий випадок, оскільки на ній лежить відповідальність за переміщення людей і доставку абсолютно всього, що люди купують і продають. Тому висока екологічність, безпечність та ефективність її функціонування мають для суспільства велике значення.

Як і раніше, залишається актуальною проблема безпеки дорожнього руху. Щоб знизити ймовірність виникнення ДТП, в будь-якій ситуації швидкість, поздовжнє і бічне прискорення автомобіля, дистанція і бічний інтервал повинні відповідати безпечним значенням, які визначають положення на меті забезпечити безпеку управління. Велике число ДТП означає, що значна кількість водіїв систематично переходить межі безпечного управління. Застосування водієм економічного алгоритму управління зменшує ймовірність того, що він перейде межі безпечного управління [24, 25]. Тому збільшення числа водіїв, які застосовують економічний алгоритм, підвищує безпеку керування автомобілем.

## **1.2.Сучасні методи підвищення екологічності, безпеки та ефективності управління автомобілем**

Зниження експлуатаційної витрати палива шляхом підвищення якості управління автомобілем є резервом підвищення екологічності, безпеки та ефективності автомобільного транспорту, який до цих пір погано використовується. До останнього часу виробники автомобілів направляли свої зусилля на зниження витрати палива, шляхом вдосконалення конструкцій автомобіля. У той же час підвищення якості управління автомобілем дозволяє знизити витрату палива і викиди відпрацьованих газів на 20-30% при будь-якій конструкції транспортних



засобів. Тому в країнах Євросоюзу питання зниження витрати палива і викидів CO<sub>2</sub> за рахунок підвищення вміння водія економічно керувати автомобілем став одним з провідних напрямків наукових досліджень.

У ряді країн Євросоюзу реалізуються програми навчання екологічному керуванню (еко-водінню) діючих водіїв, а також перевіряється вміння екологічно водити автомобіль при здачі іспитів на отримання права на керування транспортним засобом. Розглянемо методи підвищення екологічності водіння автомобіля, що застосовуються в різних країнах Євросоюзу.

Найбільших успіхів з навчання економічному водінню домоглася Австрія. Австрійський проект в еко-водінню «Ecowill» реалізується Міністерством навколишнього середовища Австрії з 2004 р. еко-водіння вважається невід'ємною частиною національної стратегії в галузі енергетики та охорони клімату [19].

Головні кроки даного проекту спрямовані на:

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

В результаті реалізації програми «Ecowill» були отримані наступні результати:

- скорочення споживання палива і викидів CO<sub>2</sub> в середньому на 5-20%;
- скорочення шуму (із зменшенням частоти обертання колінчастого вала двигуна при русі на більш високих передачах);
- зниження аварійності в дорожньому русі до 40%;
- зниження витрат на технічне обслуговування і ремонт автомобіля (двигун, гальмівні механізми, шини);
- зменшення стресу, на водіїв (зменшення числа позаштатних ситуацій).

Програма навчання водіїв еко-водінню існує в Швеції [22]. Ряд зарубіжних фірм, таких як Вольво [13], Нісан [31], Тойота [41], [43], Фольксваген [40], Хонда



[35], [49] мають свої програми навчання своїх покупців економічному водінню.

Результати узагальнення робіт з підвищення економічності управління транспортним засобом, наведені в таблицях. 1.1. і 1.2. Виявлено що зниження витрати палива досягається наступними способами:

- 1) оптимізацією поведінки водія в дорожньому русі;
- 2) реалізацією економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля при розгоні сталому русі і сповільненні;
- 3) проведенням заходів спрямованих на:
  - а) зменшення опору руху автомобіля;
  - б) зменшення внутрішніх втрат в двигуні і трансмісії;
  - в) зменшення потужності споживання додаткового обладнання.





Таблиця 1.1 - Рекомендації по економічному алгоритму управління легковим автомобілем

Об'єкт оптимізації	Дії, яку слід виконувати водію
Оптимізація поведінки водія	Уникати поїздки на короткі дистанції
	Уникати поїздки в години пік
	Прогнозувати дорожню ситуацію і завчасно змінювати швидкість.
	Рухатися зі швидкістю транспортного засобу
Пуск і зупинка двигуна	Починати рух після пуску двигуна не прогриваючи його на холостому ходу
	Вимикати двигун відразу ж після прибуття в пункт призначення
Розгін	Переміщати педаль акселетора на 50% ходу педалі
	Перемикаючи з першої передачі на другу якомога раніше
	Перемикаючи передачі при $2000 \text{ хв}^{-1}$ на автомобілі з дизельним двигуном; при $3000 \text{ хв}^{-1}$ на автомобілі з бензиновим двигуном
	Пропускати передачі
Сталий рух	По можливості рухатися з постійною швидкістю на найвищій передачі
	Застосовувати регулятор швидкості



Продовження табл. 1.1

1	2
Рух під ухил	Гальмувати двигуном
Сповільнення	Гальмувати двигуном
	Переходити на нижчі передачі при частоті обертання колінчастого вала 1600-1200 хв <sup>-1</sup>

Таблиця 1.2 - Заходи щодо зменшення опору руху автомобіля і внутрішніх витрат в двигуні і трансмісії

Фактори, що впливають на опір руху	Рекомендацій
Знижений тиск у шинах	підтримувати тиск у шинах на 10% -15% вище рекомендованого виробником
	перевіряти тиск в шинах не рідше 1 разу на місяць (зниження тиску на 25% підвищує опір коченню на 10%)
	зниження витрати палива до 15% економії палива
	зниження витрати палива на 3% при підтримці тиску повітря в шинах відповідно до рекомендацій заводу-виробника)
Підвищена вага автомобіля	збільшення ваги на 45 кг. підвищує витрату палива на 1%
	не завантажувати автомобіль непотрібними речами
Підвищений опір повітря	закривати вікна при швидкості руху понад 50 км / год
	встановлювати багажник на даху тільки при необхідності (багажник на даху підвищує витрату палива на 10%)



Продовження табл. 1.2

1	2
Підвищені внутрішні втрати в двигуні і трансмісії	своєчасна заміна масла знижує витрати в двигуні і трансмісії
	застосування високоякісних масел знижує витрату палива на 5%
Витрати на додаткове обладнання	включення електроприладів призводить до зростання споживання палива
	використання кондиціонера підвищує витрату палива на 25%

Оптимізація поведінки водіїв полягає, перш за все в зменшенні або обмеженні кількості поїздок на короткі відстані. При поїзді на короткі відстані двигун не встигає прогрітися. Крім того велику частину часу займає маневрування в обмежених проїздах, пов'язані з виїздом з місця стоянки і паркуванням автомобілем після завершення поїздки. Все це призводить до підвищення експлуатаційної витрати палива.

Також пропонується уникати поїздок в години пік. Коли швидкість руху транспортного потоку значно сповільнюється, що призводить до підвищення витрат палива.

Зміна поведінки водія найбільш ефективно проявляється в його пристосуванні до режиму руху транспортного потоку. Це полягає в умінні прогнозувати розвиток дорожньо-транспортних ситуацій і завчасно плавно змінювати швидкість відповідно до зміни умов руху. При цьому практично у всіх роботах [13, 19, 22, 35, 41,40] даються рекомендації рухатися по можливості максимально довго з постійною швидкістю.

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

Пуск і зупинка двигуна. Щоб уникнути непродуктивних витрат палива рекомендується починати рух відразу після пуску двигуна. Після завершення поїздки



двигун повинен бути відразу зупинений.

Розгін. Для економічного розгону водієві необхідно знати відповідь на два питання: наскільки переміщати педаль акселератора, і при якій частоті обертання колінчастого вала необхідно переходити на більш високі передачі. В роботі [13, 22] рекомендується переміщати педаль акселератора на 50% її ходу. У роботах [13, 19, 40] рекомендується перемикатися на другу передачу якомога раніше.

Практично у всіх рекомендаціях частота обертання колінчастого вала в момент перемикання передач змінюється від  $2000 \text{ хв}^{-1}$  ( на автомобілях з низькооборотними двигунами.) До  $2500 \text{ хв}^{-1}$  на автомобілях з швидкохідними двигунами.

Крім того в роботах [19, 22] рекомендується використовувати при розгоні не всі передачі.

Сталий рух. У всіх роботах рекомендується рухатися з постійною швидкістю на найвищій передачі, при якій двигун працює стійко. У роботах [13, 19] рекомендується застосовувати регулятор швидкості при тривалому сталому русі.

Рух під ухил. У роботах [22, 40] дається рекомендація на спуску гальмувати двигуном, хоча є пологі спуски, на яких гальмування двигуном з вимиканням подачі палива призведе до зниження швидкості.

Уповільнення. У роботах [13, 22, 40] рекомендується застосовувати гальмування двигуном. Також в роботі [13] пропонується перемикати передачі в низхідному порядку, щоб частота обертання колінчастого вала залишалася вищою значення, при якому відбувається включення подачі палива.

Заходи щодо зменшення опору руху автомобіля. Тиск повітря в шинах дуже впливають на величину опір кочення автомобіля. В роботі [41] вказується, що підтримання тиску в шинах на рекомендованому виробником рівні дозволяє знизити витрату палива на 3%. В роботі [35] наводяться дані про те, що зниження тиску повітря в шинах на 25% підвищує опір коченню на 10%. В роботі [40] говориться про те, що регулярний контроль тиску повітря в шинах дозволяє знизити витрату палива до 15%. В роботі [22] дається рекомендація підтримувати тиск в шинах на 10-15% вище рекомендованого виробником. Для того, щоб забезпечити



експлуатацію автомобіля з оптимальним тиском повітря в шинах, в роботі [35] рекомендується перевіряти його не менше 1 разу на місяць.

Вплив маси автомобіля на експлуатаційні витрати палива. В цій роботі [35] вказується, що підвищення маси легкового автомобіля на 45 кг збільшує витрату палива на 1%. Тому в роботах [40, 41] рекомендується не завантажувати автомобіль непотрібними речами.

Опір повітря. Опір повітря збільшується пропорційно квадрату швидкості автомобіля. Тому в роботі [35, 41] рекомендується обмежити швидкість руху до 50 км /год. В роботі [22, 41] вказується на те, що наявність багажника на даху збільшує витрату палива на 10 - 40%.

Внутрішні втрати в двигуні трансмісії. В роботі [32] пропонується для зниження втрат двигуна в трансмісії своєчасно замінювати в них масло. В роботі [40] говориться про те, що застосування високоякісних масел знижує витрату палива на 5%.

Додаткове обладнання. В роботі [40] дається рекомендація якомога рідше включати електроприлади, що споживають багато електроенергії. В роботі [41] наводяться дані про те, що використання кондиціонера підвищує витрату палива на 25%.

Для визначення економічного алгоритму керування автомобілем певної моделі необхідно провести досить великий обсяг випробувань [24]. У результаті цих випробувань визначається частота обертання колінчастого вала в момент перемикання передач, що забезпечує мінімальну витрату палива при розгоні, визначення мінімально стійкої швидкості сталого руху на всіх передачах.

В результаті аналізу рекомендованих методів економічного водіння автомобіля можна відзначити наявність ряду розбіжностей. У вітчизняних розробках пропонується при розгоні переміщати педаль акселератора на 100%. У рекомендаціях зарубіжних авторів пропонується переміщати педаль акселератора на 50-60%.



### **1.3 Загальна характеристика підприємства «Автобаза Обласної Ради»**

Комунальне підприємство «Автобаза обласної ради» є пасажирським підприємством, а за характером виробничої діяльності – це підприємство, яке надає транспортні послуги (зазвичай депутатам Обласної Ради, згідно з своїм початковим призначенням), проводить обслуговування та ремонт автомобілів. Підприємство виконує перевезення осіб по місту та області, надає транспортні послуги підприємствам, організаціям, населенню. Ще підприємство виконує роботи по технічному забезпеченню, ремонту ТЗ, що належать населенню, підприємствам, організаціям.

Головна мета діяльності підприємства – це обслуговування легковим автотранспортом керівного апарату Вінницької обласної Ради, Вінницької обласної державної адміністрації та їх структурних підрозділів, надання інших послуг юридичним та фізичним особам.

КП „Автобаза обласної ради” розташована у центрі Вінниці за адресою вулиця Константиновича 45. Це досить привабливий факт для розширення сфери обслуговування та надання транспортних послуг. Це робить підприємство досить конкурентним.

КП обслуговує в більшості випадків посадових осіб та працівників службового апарату Вінницької Обласної Ради, та інших підлеглих їм структур, ще надає транспортні послуги особам юридичним на замовлення, здає ТЗ в оренду, відповідно до чинного законодавства, складених договорів.

Автобаза обласної ради має досить потужну виробничо-технічну базу. Це дає змогу обслуговувати автомобілі власного рухомого складу і надавати послуги по тех. обслуговуванню та ремонту ТЗ інших підприємств, що власне також входить до сфери діяльності комунального підприємства.

На автобазі, робота автомобілів рахується в годинах. Рухомий склад досить різноманітний. Це пов'язано з основними напрямками функціонування.



Таблиця 1.3 – Структура рухомого складу автобаз

Марка транспортного засобу (ТЗ)	Тип ТЗ	Вид палива	Рік випуску	Кількість	Щ
BMW 520	легковий	бензин	1994	1	через
Mercedes-Benz 280 E	легковий	бензин	1996	1	брак
Skoda Octavia	легковий	бензин	2003	7	ресур
Subaru Legacy	легковий	бензин	2004	1	сів на
ВАЗ 21063	легковий	бензин	1990	1	придб
ВАЗ 21074	легковий	бензин	1996	1	ання
ГАЗ 2412	легковий	бензин	1987	1	нових
ГАЗ 3102	легковий	бензин	2000	1	автом
ГАЗ 3102	легковий	бензин	1988	1	обілів,
ГАЗ 31029	легковий	бензин	1992	2	підпр
ГАЗ 31029	легковий	бензин	1995	2	иємст
ГАЗ 3110	легковий	бензин	2001	7	во
ГАЗ 3110	легковий	бензин	2002	1	змуше
ГАЗ 3110	легковий	бензин	2004	2	не
Lexus ES 350	легковий	бензин	2008	1	розши
Subaru Outback	легковий	бензин	2008	1	рити
Volkswagen Passat	легковий	бензин	2008	1	сферу
Volkswagen Passat	легковий	бензин	2004	1	послу
Volkswagen Toureg	легковий	бензин	2004	1	г
Toyota Prado	легковий	бензин	2008	1	сторо

та приватним особам з технічного обслуговування та ремонту автомобілів. Це може забезпечити додаткові надходження прибутку бюджет підприємства, які будуть сприяти поновленню РС, вдосконалення виробничо-технічної бази, покращення



якості послуг та допоможуть підприємству отримати впевнену позицію на ринку транспортних послуг міста.

У процесі своєї діяльності КП має контакти з такими аудиторіями: органи місцевого самоврядування, фінансові установи Вінниці, районне відділення МРЕО; органи держкомприроди і екології.

На діяльність автобазу впливають різні фактори фінансового становища, як самого підприємства так і фінансового становища замовників. Також податкова політика держави, правила і нормативи у веденні підприємницької діяльності та ряд інших факторів. При зміні цих факторів у бік погіршення, результати призведуть до зменшення обсягів перевезень та наданих послуг.

Обстеження внутрішніх сильних і слабких сторін автобазу проведемо за допомогою SWOT-аналізу, який наведено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Базова матриця SWOT-аналізу ОКП «Автобаза обласної Ради» м. Вінниця

Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
<p>S1. Стабільна забезпеченість об'ємами транспортних послуг для потреби обласної Ради.</p> <p>S2. Надання послуг з ТО і ремонту та зберігання автомобілів.</p> <p>S3. Можливість ведення комерційної діяльності.</p>	<p>W1. Значна частина рухомого складу експлуатується досить довго, це вимагає підвищених витрат на їх ТО та ремонт.</p> <p>W2. Додаткова комерційна діяльність, у вигляді здавання в оренду нерухомого майна, надала близько 53% від суми загального доходу.</p>
Можливості (O)	Загрози (T)
<p>O1. Підприємство може збільшити свою частку на ринку транспортних послуг і послуг з ремонту, ТО і зберігання автомобілів юридичних і фізичних осіб.</p>	<p>T1. Вартість ресурсів і енергії, необхідні для діяльності підприємства відносно стабільна, але вона може збільшуватися через ряд економічних і політичних причин.</p>

Продовження таблиці 1.4



1	2
<p>O2. Впровадження нових ефективних методів з виробництва, ТО і ремонту. O3. Збільшення обсягів та кількості послуг.</p> <p>O4. Зниження собівартості послуг збільшить прибуток підприємства для отримання прибутковості та подальшого покращення діяльності підприємства.</p>	<p>T2. Незадовільна політика уряду розвитку підприємства.</p> <p>T3. Неприятливі економічні зміни.</p> <p>T4. Ріст вартості на паливно-мастильні матеріали.</p> <p>T5. Низькі бар'єри виходу на ринок потенційних конкурентів міста</p>

На основі таблиці 1.4 будується стратегії, які визначають взаємозв'язки сильних і слабких сторін автобазис із можливостями та загрозами ринку.

На основі створеної SWOT-матриці складемо стратегії чотирьох типів (таблиця 1.5).

Таблиця 1.5 – Стратегії, розроблені на основі даних SWOT-аналізу

Стратегії виду SO	Стратегії виду WO
1	2
<p>SO1: S1 S2 O1 O2 – За умови позитивної економічної політики держави збільшиться і кількість клієнтів.</p> <p>SO2: S2 S3 S4 O2 O3 O4 – Дозволить вийти на нові сегменти ринку із збільшеною кількістю послуг.</p>	<p>WO1: W1 O1 O2 – Підприємство може збільшити прибуток наданням послуг з ТО та ремонту T3 і їх зберіганням.</p> <p>WO2: W1 O2 – Вік рухомого складу вимагає значних витрат на його експлуатацію, але запровадження нових ефективних методів у виробництві ТО і ремонту та придбання нової техніки дозволить їх зменшити.</p> <p>WO3: W2 O3 O4 – Прибутковість комерційної діяльності може бути збільшена за рахунок розширення номенклатури надаваних послуг</p>

Продовження таблиці 1.5



Стратегії виду ST	Стратегії виду WT
<p>ST1: S1 T1 T2 – Довгий час роботи на ринку перевезень та якість робіт забезпечить основні види діяльності.</p> <p>ST2: S2 S3 S4 T3 T4 T5 T6 – Попри зростання цін на паливо-мастильні матеріали та інші кризові явища в економіці держави, покращення матеріально-технічної бази із розширенням номенклатури послуг дасть змогу збільшити дохід підприємства</p>	<p>WT1: W1 W2 T2 – Вибір курсу на конкурентний рівень цін, просування, розширення видів комерційної діяльності, осучаснення існуючого обладнання дозволить працювати в період кризи фізичних та юридичних осіб.</p>

Пропоновані типи стратегій:

- стратегії виду SO – сили-можливості.
- стратегії виду ST – сили-загрози.
- стратегії виду WO – слабкості-можливості.
- стратегії виду WT – слабкості-загрози.

У таблиці 1.5 представлені стратегії, для кожної з них вказаний скорочений запис параметрів, які утворюють стратегію. При цьому використані найбільш значимі фактори.

Впровадження нових передових методів у ТО і ремонті рухомого складу, збільшення обсягів послуг, зниження собівартості перевезень призведе до збільшення доходів, досягнення прибутковості в діяльності та подальшого вдосконалення.

## 1.4 Висновки до розділу 1

Проведений аналіз показав, що вміння водіїв керувати автомобілем дуже впливає на величину негативних наслідків функціонування автомобільного транспорту: шкідливий екологічний вплив, поранення і загибель людей,



матеріальні втрати, витрачання невідновлюваних ресурсів.

На підставі викладеного вище метою досліджень є зменшення шкідливого впливу автомобільного транспорту на навколишнє середовище, підвищення безпеки та ефективності транспортного процесу в результаті застосування оптимальної моделі управління автомобілем. Для досягнення поставленої мети необхідно розробити методику визначення економічного алгоритму управління автомобілем.





## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ЕКОНОМІЧНОГО АЛГОРИТМУ УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЕМ

#### 2.1 Розробка теоретичних основ економічного управління автомобілем

Щоб економічно керувати автомобілем при різних режимах його роботи (при розгоні і сталому русі) двигун повинен працювати з максимально можливим ККД. При уповільненні необхідно максимально використовувати енергію, накопичену при розгоні автомобіля, шляхом руху накатом. Щоб двигун працював з максимальним ККД його необхідно максимально завантажувати [24, 25, 26, 28]. Розуміння цього знайшло своє відображення в запропонованому в 40-і роки минулого століття циклі «розгін-накат».

При русі в транспортному потоці водій реалізує цикл «розгін - сталий рух-сповільнення». Розглянемо більш детально, як повинен діяти водій, щоб максимально завантажувати двигун при розгоні і сталому русі. Одночасно проаналізуємо, як змінюється витрата палива при гальмуванні двигуном в порівнянні з рухом накатом.

Щоб економічно розганятися, водієві необхідно знати: наскільки він повинен перемістити педаль акселератора, і при якій частоті обертання колінчастого вала переходити на більш високі передачі.

Кількість енергії  $E$ , що витрачається на розгін, пропорційно різниці квадратів кінцевої і початкової швидкостей розгону:

$$E = \frac{(mV_2^2 - mV_1^2)}{2} \quad (2.1)$$

де  $m$  – маса автомобіля;

$V_2$  – швидкість закінчення розгону;

$V_1$  – швидкість початку розгону.



З наведеного виразу випливає, що її величина не залежить від інтенсивності розгону. Тому для найшвидшого розгону необхідно завантажувати двигун так, щоб ККД був максимальним. Однак, для розгону із найекономічнішим ефектом, потрібно завантажувати двигун плавно та не на повну силу.

Щоб визначити частоту обертання колінчастого вала, при якій необхідно переходити на більш високі передачі, розглянемо комплексну характеристику витрати палива, наведену на рис. 2.1. для типового легкового автомобіля з робочим об'ємом двигуна  $2000 \text{ см}^3$

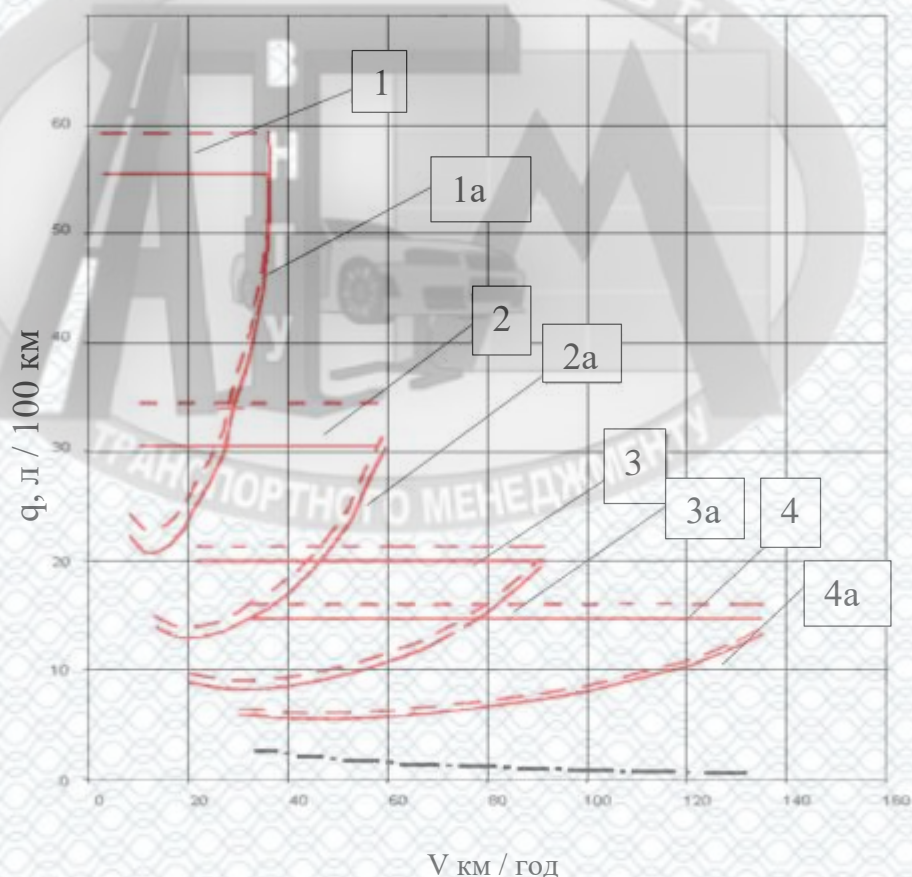


Рисунок 2.1 - Комплексна характеристика витрати палива автомобіля з робочим обсягом двигуна  $2000 \text{ см}^3$ : — навантаження 3 чол.; — навантаження 5 чол.; — вибіг; 1- 2-3-4 витрата палива при розгоні на передачах; 1a-2a-3a-4a витрата палива при сталому русі на передачах.

Як видно з графіка, представленого на рис. 2.1 при розгоні на всіх передачах витрата палива не залежить від швидкості, а залежить тільки від номера



використаної передачі. При кожному перемиканні витрата палива зменшується пропорційно зміні передаточного числа передач. Звідси випливає, що чим раніше ми будемо переходити на більш високі передачі, тим менше повина бути витрата палива при розгоні. Однак експерименти показують, що існує оптимальна частота обертання колінчастого вала, при якій необхідно перемикати передачі, і більш раннє перемикання збільшує не тільки час розгону, але і витрата палива. Експериментальний графік зміни витрати палива при розгоні, в залежності від частоти обертання колінчастого вала в момент перемикання передач, наведено на рис. 2.2.

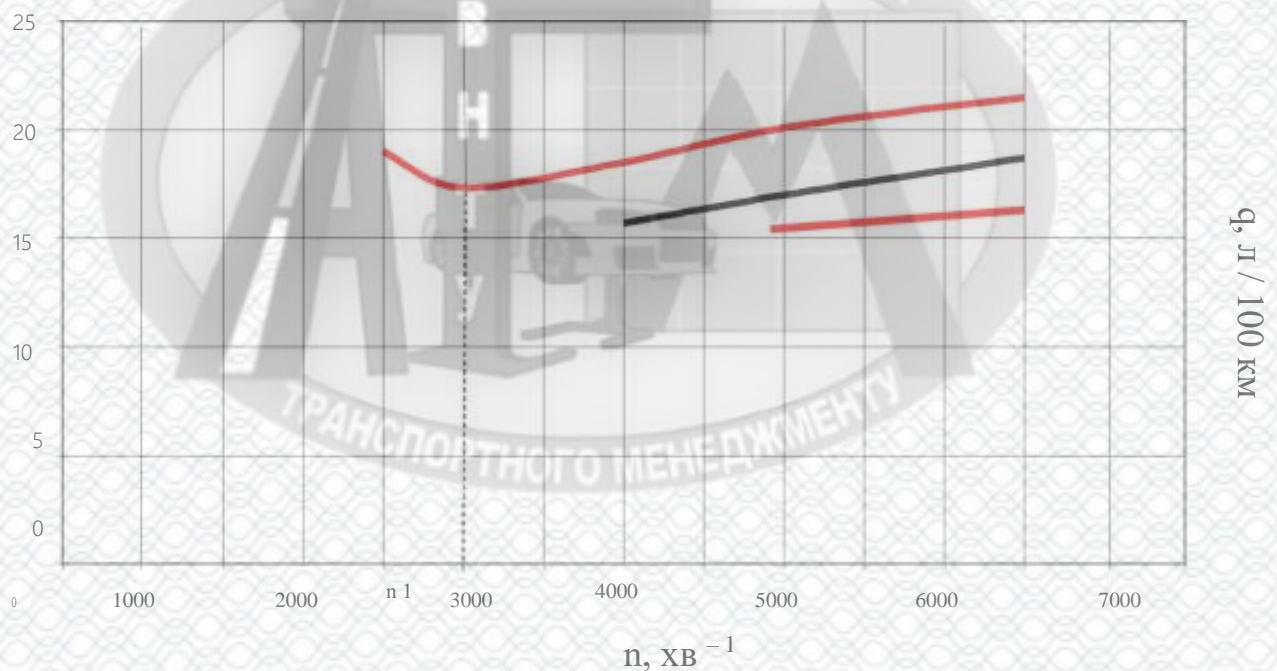


Рисунок 2.2 - Зміна витрати палива в залежності від частоти обертання колінчастого вала в момент перемикання передач при розгоні автомобіля з робочим об'ємом двигуна  $2000 \text{ см}^3$

— розгін від 0 - 120 км / год; — розгін від 60 - 120 км / год;  
 — розгін від 90 - 120 км / год.

Оптимальна частота обертання колінчастого вала при перемиканні передач залежить від наступних факторів: номінальної і мінімально стійкої частот обертання колінчастого вала, форми кривої крутного моменту, числа передач і передаточних чисел в трансмісії, вона повинна визначатися експериментально для кожної моделі автомобіля.



При русі з постійною швидкістю водій може підвищувати завантаження двигуна, шляхом вибору найвищої передачі, на якій зберігається стійка робота двигуна [28].

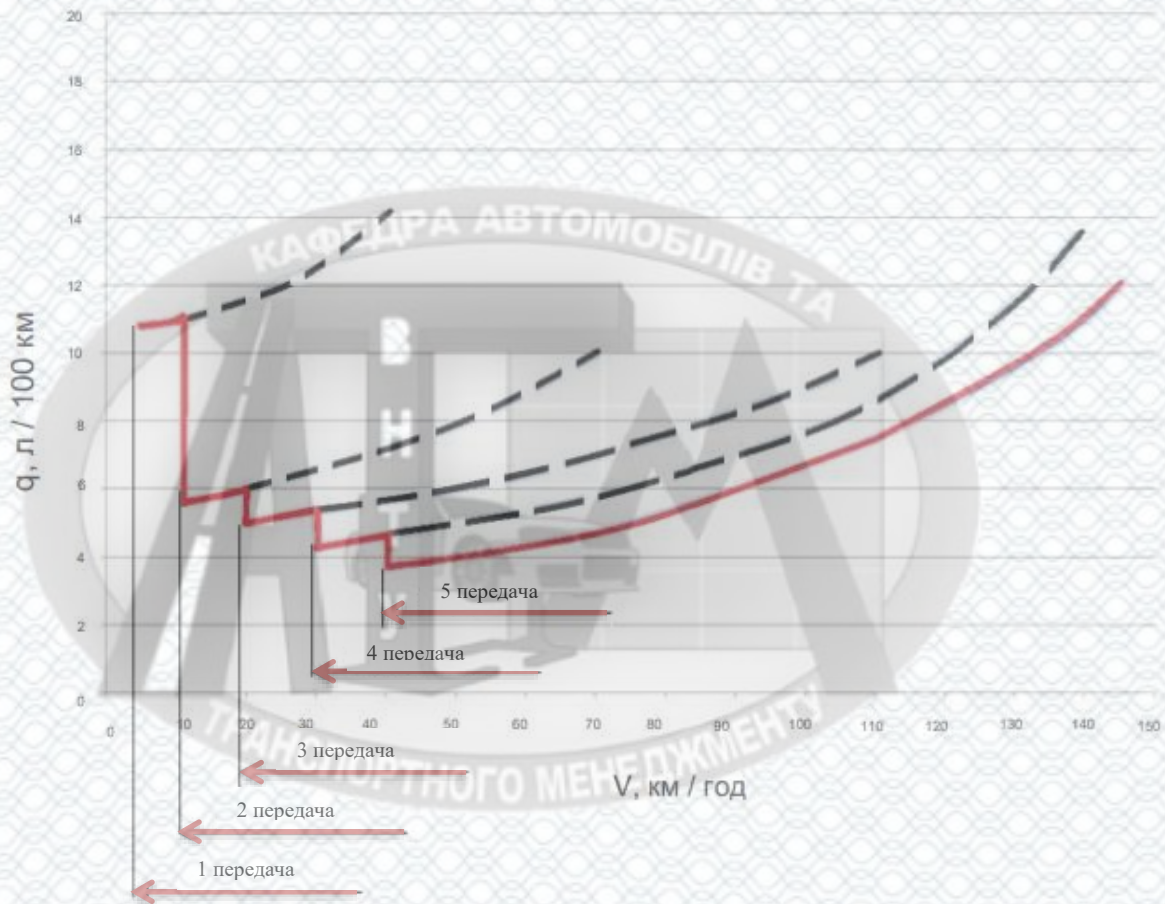


Рисунок 2.3 - Характеристика мінімальної витрати палива при сталому русі автомобіля з робочим об'ємом двигуна  $2000 \text{ см}^3$ : — крива мінімальної витрати палива при сталому русі; — витрата палива при сталому русі на знижених передачах

На рис. 2.3 наведено графік зміни витрати палива при сталому русі на передачах. З нього можна зробити висновок, що для мінімізації витрат палива швидкість руху на кожній нижчій передачі повинна змінюватися у вузькому діапазоні: від мінімально-стійкої швидкості на цій передачі до мінімально-стійкої швидкості на вищій передачі, яку необхідно включити в разі підвищення швидкості до цієї величини. На рис. 2.3 суцільною лінією показана крива зміни мінімальної



витрати палива при сталому русі на різних передачах.

На величину витрати палива впливає максимальна швидкість, обрана водієм. При русі в транспортному потоці величина оптимальної максимальної швидкості на ділянках вільного руху визначається середньою швидкістю транспортного потоку - водій повинен обмежувати максимальну швидкість на ділянках вільного руху так, щоб вона не перевищувала середньої швидкості автомобіля більш, ніж на певну величину. Різниця між максимальною швидкістю автомобіля і його середньою швидкістю не повинна перевищувати певної величини, яка зменшується у міру збільшення середньої швидкості. Для визначення оптимальної максимальної швидкості у вільному транспортному потоці було запропоновано застосувати показник, ефективність перетворення палива в швидкість руху - коефіцієнт перетворення палива в швидкість  $k_{qv}$  [25,28]:

$$k_{qv} = \frac{V}{q} ; \quad \frac{100\text{км}^2}{\text{л} \cdot \text{год}} \quad (2.2)$$

де  $V$  - середня швидкість автомобіля, км / год;

$q$  - витрата палива, л / 100 км

Фізичний зміст  $k_{qv}$  наступний: він визначає, яку швидкість створює один літр палива, який витрачено на 100 км.



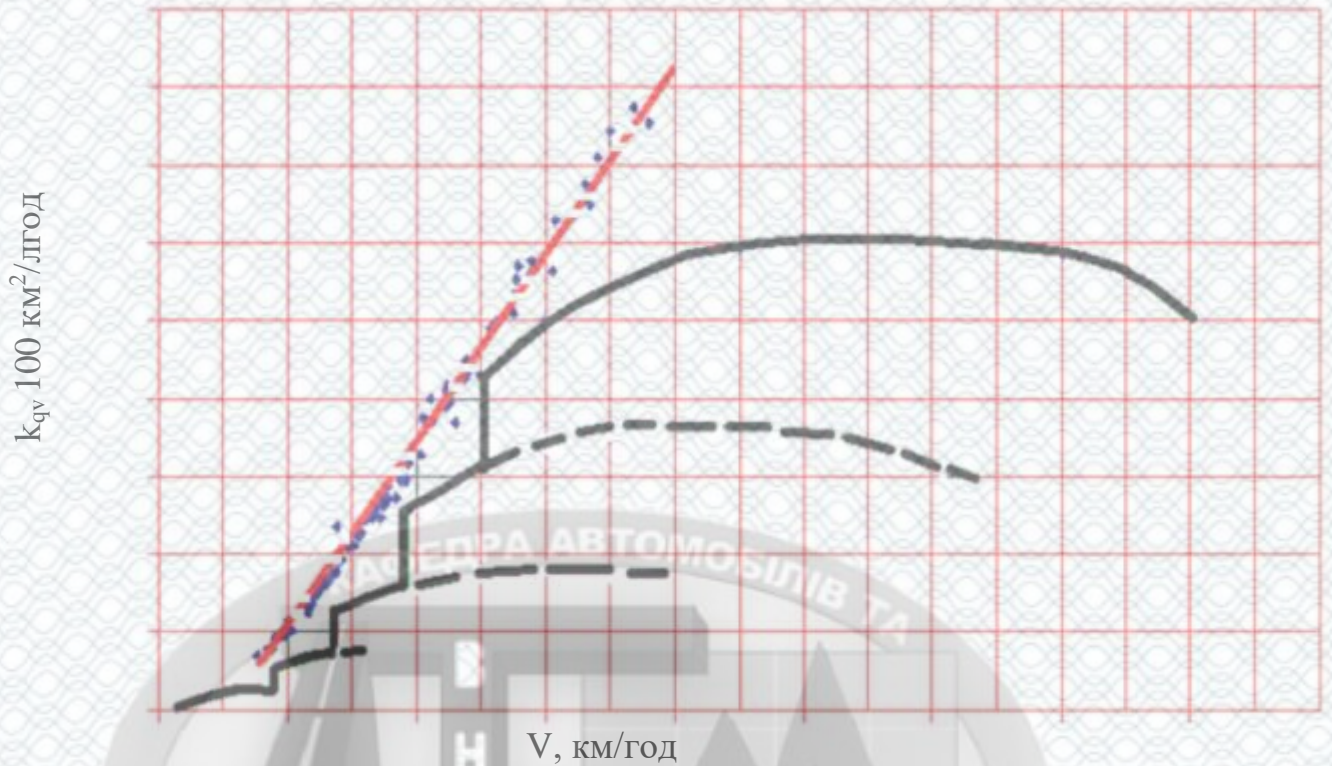


Рисунок 2.4 - Залежності зміни коефіцієнта перетворення палива в швидкість від швидкості сталого руху і від середньої швидкості автомобіля з робочим обсягом двигуна  $2000 \text{ см}^3$  на різних передачах:

- крива зміни  $k_{qv}$  в експлуатаційних випробуваннях автомобіля; крива
- зміни  $k_{qv}$  в процесі експлуатації автомобіля;
- крива зміни  $k_{qv}$  при сталому русі на передачах

На рис. 2.4 суцільною лінією зображено графік зміни  $k_{qv}$  в залежності від швидкості сталого руху легкового автомобіля при оптимальному виборі передач. Як можна бачити на представленому графіку величина  $k_{qv}$  має максимум при швидкості 110 км /год. Це означає, що до цієї швидкості витрата палива збільшується повільніше, ніж швидкість, а після досягнення  $k_{qv}$  максимуму, витрата палива починає рости швидше, ніж збільшується швидкість автомобіля. Очевидно, що перевищувати швидкість, відповідну максимуму  $k_{qv}$ , недоцільно. У легкових автомобілів величина швидкості, відповідної максимуму  $k_{qv}$  дорівнює 100-115 км / год вантажних 75 - 90 км / год. Величину швидкості автомобіля, відповідну максимуму  $k_{qv}$ , можна розглядати як комплексний показник паливно-швидкісних властивостей автомобіля. На рис. 2.4 штрих пунктирною лінією показано зміна  $k_{qv}$



при застосуванні економічного алгоритму управління. З наведеного на рис 2.4 видно що при економічному управлінні автомобілем отримана лінійна залежність  $k_{qv}$  від середньої швидкості повідомлення в діапазоні до 80 км / год, і яка розташовується лівіше кривої зміни  $k_{qv}$  при сталому русі. Це означає, що при економічному управлінні ефективність використання палива може бути вище, ніж при сталому русі [28].

Розглянемо питання використання руху автомобіля накатом. Широкому застосуванню накату перешкоджає міф про небезпеку руху з роз'єднаною трансмісією. Дійсно, при відсутності регулятора гальмівних сил гальмування на задньопривідних автомобілях без роз'єднання трансмісії є єдиним способом підвищення курсової стійкості, оскільки обертання колінчастого вала перешкоджає блокуванню задніх коліс. Однак на передньопривідному автомобілі, цей же прийом призводить до заносу, оскільки двигун перешкоджає блокуванню передніх коліс, а задні колеса блокуються. Тому на передньопривідному автомобілі інтенсивне гальмування на слизькій дорозі необхідно виконувати, натиснувши на педаль зчеплення. Необхідно додати, що багато сучасних автомобілів обладнуються системою АБС, при наявності якої, так само необхідно гальмувати, навіть на задньопривідному автомобілі, натиснувши на педаль зчеплення. В іншому випадку, ефективність гальмування знизиться.

Говорячи про безпеку руху, накатом розглянемо рис. 2.5. При накаті стійкість ведучих коліс проти бокового ковзання найвища, оскільки максимальна величина  $R_y$  поперечної реакції дорівнює  $P_{сц}$  силі зчеплення. При виникненні в зоні контакту  $R_x$  поздовжньої реакції,  $R_y$  поперечна реакція зменшується і стає рівною нулю, коли  $R_x$  поздовжня реакція збільшиться до максимальної величини - рівною  $P_{сц}$  силі зчеплення. Узагальнюючи можна сказати, що рух накатом не є небезпечнішим, ніж рух із застосуванням тягової або гальмівної сили, яка створюється двигуном. Для безпечного керування необхідно інше: швидкість, дистанція і бічний інтервал завжди повинні відповідати безпечним значенням.



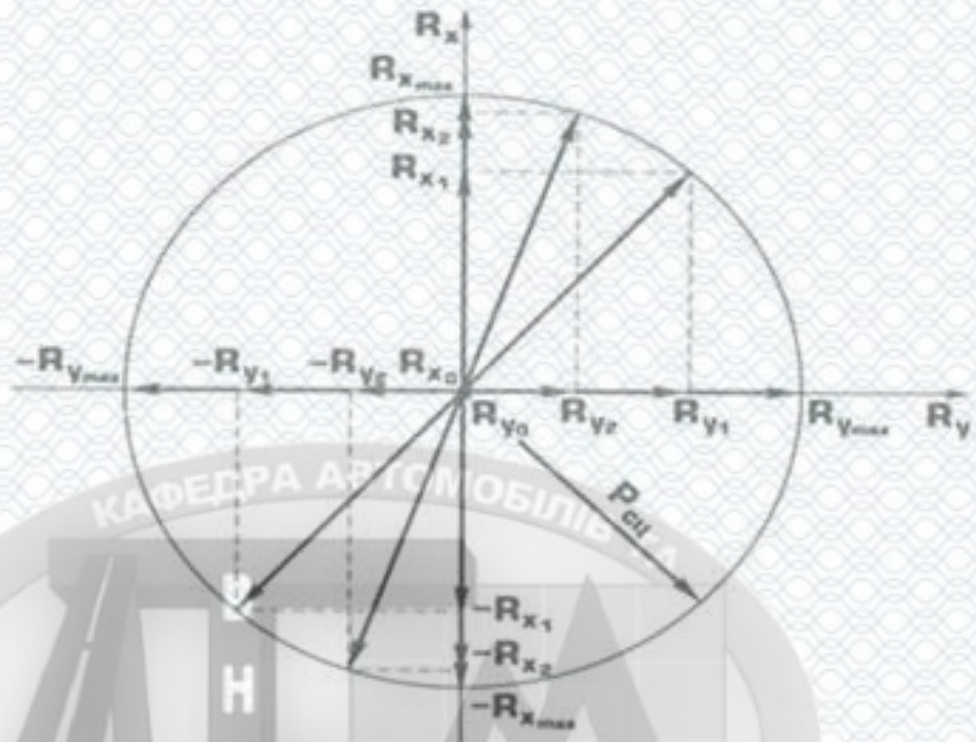


Рисунок 2.5 - Характеристика відведення колеса автомобіля:  $R_x$  - поздовжня реакція;  $R_y$  - поперечна реакція;  $P_{цп}$  - сила зчеплення;  $\delta$  - кут бічного відведення;

Наявність на автомобілі економайзера примусового холостого ходу створило ілюзію того, що при уповільненні шляхом гальмування двигуном витрата палива менша, ніж при уповільненні накатом. Це не так тому, що витрату палива необхідно порівнювати на однакових відрізках шляху. Відрізком для порівняння є шлях, пройдений автомобілем при русі накатом. Оскільки шлях, пройдений автомобілем при гальмуванні двигуном приблизно в три рази коротший, тому дві третини шляху автомобіль повинен пройти з постійною швидкістю, яка дорівнює швидкості початку уповільнення. При цьому витрата палива на цій ділянці шляху перевищує витрату палива в режимі холостого ходу при русі накатом. Графік зміни витрати палива в залежності від величини середнього уповільнення наведено на рис. 2.6. Більш детально питання визначення характеристик витрати палива при уповільненні, буде розглянуто далі.



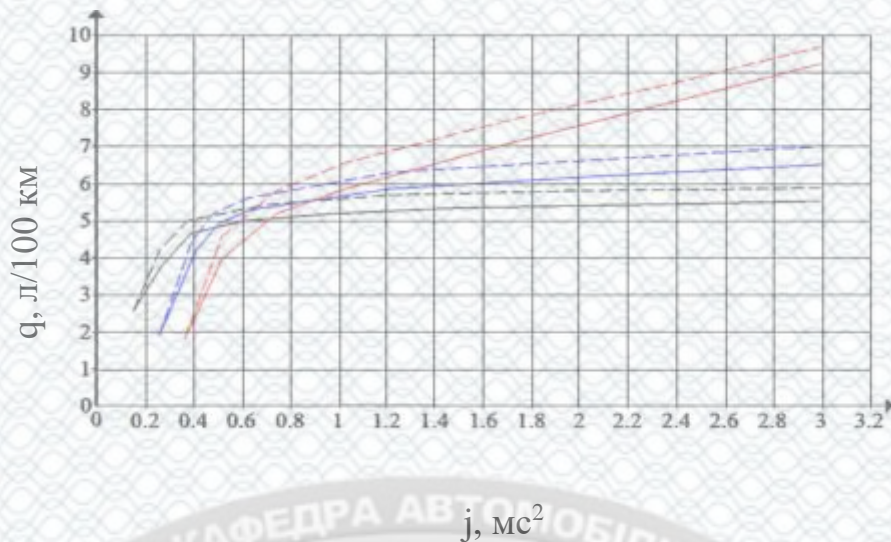


Рисунок 2.6 - Характеристика залежності витрати палива від величини уповільнення для автомобіля з робочим об'ємом двигуна  $2000 \text{ см}^3$ :

— навантаження 2 чол. ; — навантаження 5 чол. ; 1 - уповільнення при швидкості від 120 - 40 км /год; 2 - уповільнення при швидкості від 90-40 км/ год; 3 - уповільнення при швидкості від 60-40 км\год

Як можна бачити з графіка, що найменше значення середнього уповільнення відповідає руху накатом. Точка перегину кривої витрати палива відповідає гальмуванню двигуном. Оскільки рух накатом є важливою складовою економічного алгоритму керування автомобілем, не можна не помітити, що багато сучасних автоматичних трансмісій не дозволяють використовувати цей прийом для зниження експлуатаційної витрати палива. Щоб при управлінні автомобілем з автоматичною трансмісією можна було використовувати накат, доцільно ввести в конструкцію трансмісії муфту вільного ходу. Очевидно, що вона повинна блокуватися, щоб поряд з рухом накатом можна було так само реалізувати гальмування двигуном.

Проведений аналіз дозволив зробити висновок про те, що вплив майстерності водія на експлуатаційні витрати палива проявляється в двох напрямках. Перше - запобігання підвищенню експлуатаційної витрати палива в результаті: збільшення опору коченню (підвищення маси автомобіля при перевезення в багажнику непотрібних предметів, зниження тиску в шинах щодо норми і т.д.), підвищення опору повітря (багажник на даху легкового автомобіля, відкриті вікна в салоні



автомобіля при русі з високою швидкістю), підвищення витрат електроенергії (кондиціонер, електро - обігрів скла, зовнішніх дзеркал, сидінь) [27, 29].

Друге – зменшення експлуатаційної витрати палива в результаті застосування безпечного і ефективного алгоритму управління в кожній фазі циклу руху: розгоні, усталеному русі, уповільнення; обмеження максимальної швидкості [27, 29].

Економічне водіння має складатися з трьох компонентів: технічних заходів, спрямованих на зменшення опору руху автомобіля; розробки економічного алгоритму керування автомобілем (регулювання швидкості автомобіля в режимах розгону, сталого руху та уповільнення); навчання водіїв застосувувати економічний алгоритм керування автомобілем і зміни поведінки водіїв (обмеження максимальної швидкості на ділянках вільного руху і підвищення рівномірності руху – зменшення його агресивності) [29].

У результаті теоретичного аналізу встановлено, що для зниження витрати палива при розгоні водієві необхідно знати відповідь на 2 питання:

- а) наскільки слід перемістити педаль акселератора;
- б) при якій частоті обертання колінчастого вала переходити на вищі передачі.

Аналіз зарубіжних літературних джерел показує, що для ефективного розгону із найменшими витратами на пальне розганятися слід із натисканням на педаль акселератора на 50-60%. Це пояснюється плавністю навантаження двигуна, при якому краще спалюється пальне, а також плавністю перемикання передач автомобіля, що також позитивно впливає ефективність роботи.

На першій передачі педаль акселератора необхідно переміщати, за 2 - 3 секунди на 40-50% її ходу, а на всіх інших передачах на – 50-60% її ходу (на першій передачі доводиться обмежувати переміщення педалі через велике прискорення автомобіля).

Переходити на вищі передачі необхідно, як тільки частота обертання колінчастого вала зростає до оптимального значення, яке необхідно визначати експериментально. Якщо тахометра немає, то момент перемикання можна визначити по спідометрі, що, звичайно, менш зручно. Для легкових автомобілів з двигуном потужністю до 90 кВт оптимальна частота обертання в момент



перемикання на вищі передачі лежить в діапазоні 2000 - 3000  $\text{хв}^{-1}$ . При перемиканні передач вона знижується до 1500 - 2300  $\text{хв}^{-1}$  відповідно. Ці значення визначають верхню і нижню межі оптимального, по витраті палива, діапазону частот обертання колінчастого вала при несталому русі [29].

При збільшенні опору руху (збільшення числа пасажирів, маси вантажу в багажнику, русі на підйом, буксируванні причепа) верхня межа оптимального діапазону частоти обертання колінчастого вала зміщується в бік більш високих обертів, при зменшенні навантаження (рух на спуск) - зміщується в бік більш низьких обертів. Відповідно відбувається зміщення нижньої межі.

При розгоні на легковому автомобілі з більш потужним двигуном (88 кВт і вище при 5500 - 6000  $\text{хв}^{-1}$ ) частота обертання колінчастого вала в момент перемикання передач залишається без зміни, але можна перемикати передачі, пропускаючи деякі з них. Так, наприклад, при 5-швидкісній КП можна проводити перемикання за такими схемами: 1 - 2 - 4; 1 - 3 - 5. Це дозволяє уникнути дуже високих прискорень при натисканні на педаль швидкості. При використанні всіх передач можна проводити перемикання при більш низькій частоті обертання колінчастого вала. Для визначення оптимальних її значень при пропуску передач необхідне проведення експерименту [29].

При русі на підйом, коли частота обертання колінчастого вала знижується, переходити на нижчі передачі необхідно, коли оберти впадуть до нижньої межі оптимального діапазону. При збільшенні крутизни підйому переходити на нижчі передачі необхідно раніше, ніж оберти знизяться до нижньої межі оптимального діапазону і тим раніше, чим крутіше підйом. Це необхідно робити тому, що в момент перемикання передач швидкість знижується тим швидше, чим крутіше підйом. Тому, щоб вийти на верхню межу оптимального діапазону зміни обертів, необхідно переходити на нижчі передачі раніше.

Для економічного подолання крутого підйому доцільно (якщо це можливо) при наближенні до нього підвищити швидкість, щоб за рахунок збільшення запасу кінетичної енергії проїхати на підйомі більший шлях на вищій передачі. У момент початку руху на підйом необхідно натиснути на педаль швидкості на 70-100% її



ходу. По мірі зниження швидкості стежити за показаннями тахометра (спідометра) і при наближенні частоти обертання колінчастого вала до нижньої межі оптимального діапазону, включити нижчу передачу (вибравши момент так, щоб частота обертання колінчастого вала збільшилася до верхньої межі оптимального діапазону) і знову натиснути на педаль швидкості на 70-100% її ходу. Якщо швидкість продовжує падати, то необхідно переходити на більш низькі передачі до тих пір, поки не дійдемо до передачі, на якій можливий рух на підйом з постійною швидкістю. Якщо на цій передачі при натисканні на педаль швидкості на 70-100% її ходу автомобіль почне розганятися, необхідно зменшити натискання на педаль настільки, щоб автомобіль рухався на підйом з постійною швидкістю, а частота обертання колінчастого вала відповідала верхній межі оптимального діапазону [29].

Оптимальна частота перемикавання на вищій передачі при розгоні залежить від потужності двигуна, що припадає на тонну ваги автомобіля, мінімально стійкої частоти обертання колінчастого вала, форми протікання кривої крутного моменту двигуна, числа передач і передавальних чисел трансмісії. Тому для кожного автомобіля необхідно визначати оптимальну частоту обертання колінчастого вала в момент перемикавання передач при розгоні експериментально.

Після досягнення заданої швидкості необхідно включити найвищу передачу, на якій можливий стійкий рух автомобіля, і відпустити педаль швидкості до положення, що відповідає цій швидкості руху автомобіля.

Однією з типових помилок при русі з постійною швидкістю є циклічне переміщення педалі швидкості щодо положення, відповідно вибраній постійній швидкості автомобіля. Таке циклічне переміщення педаллю швидкості призводить до коливання швидкості, в результаті автомобіль то розганяється, то гальмує двигуном. При такому гальмуванні двигуном подача палива не вимикається. Такий стиль водіння призводить до збільшення витрати палива. Тому водій повинен вміти не переміщати педаль після виходу на режим постійної швидкості до тих пір, поки не виникне необхідність повернути швидкість до обраного значення.

Рух на знижених передачах з постійною швидкістю, так само як і при розгоні збільшує витрату палива і знижує ресурс двигуна. Це означає, що рух з постійною



швидкістю має відбуватися на найвищій передачі, при якій двигун працює стійко. Тому необхідно експериментально визначати мінімально стійкі швидкості руху на всіх передачах, оскільки вони залежать від конструктивних особливостей автомобіля [29].

Для переходу в режим гальмування двигуном необхідно відпустити повністю педаль акселератора. При гальмуванні двигуном переходити на нижчі передачі необхідно, коли оберти знизяться до нижньої межі оптимального діапазону. Тоді після включення нижчою передачею вони підвищуються до верхньої межі цього діапазону. В цьому випадку гальмування буде достатньо ефективним, а двигун буде працювати в оптимальному режимі.

При гальмуванні педаллю гальма паливо витрачається неефективно, оскільки енергія, витрачена на розгін, перетворюється в тепло, нагріває гальма. Щоб використовувати витрачену на розгін енергію необхідно застосовувати накат - рух за інерцією з роз'єднаною трансмісією. Тому всі заплановані зниження швидкості (при під'їзді до перехрестя, повороту, при наближенні автомобіля і тд.) слід проводити з накатом. Потім можна перейти до гальмування двигуном, і на завершення натиснути на педаль гальма [29].

При русі під ухил, коли швидкість автомобіля зберігається постійною, трохи зростає або знижується (в межах  $\pm 5$  км / год) так само слід рухатися накатом. Зі збільшенням крутизни ухилу доцільно гальмувати двигуном, підібравши передачу, на якій буде зберігатися постійна швидкість. При подальшому збільшенні крутизни ухилу необхідно допомогти двигуну, натиснувши на педаль гальма.

Для оптимізації управління автомобілем по витраті палива необхідно визначити алгоритм дій водія в режимах розгону, руху на підйом, сталому режимі руху і показати ефективність руху накатом. Визначення економічного управління автомобілем експериментальним методом є трудомістким завданням. Застосування розрахунково-аналітичного методу визначення економічного алгоритму управління дозволить значно скоротити обсяг випробувань і значно розширити обсяг досліджуваних варіантів частоти обертання колінчастого вала при перемиканні передач в процесі розгону [29].



Для використання розрахунково - аналітичного методу необхідно визначити наступні характеристики автомобіля:

- залежності швидкості автомобіля від часу розгону на кожній передачі;
- часи вибігу автомобіля в заданих діапазонах зниження швидкості;
- часи зниження швидкості автомобіля в заданих діапазонах її зниження при гальмуванні двигуном;
- залежність шляху, що проходить автомобіль від часу розгону на кожній передачі;
- залежності витрати палива від шляху розгону на кожній передачі;
- залежність шляхової витрати палива від швидкості при сталому русі на кожній передачі;

Підводячи підсумки сказаного вище підсумуємо:

- 1) проведені дослідження показали, що для зниження експлуатаційної витрати палива при розгоні педаль акселератора необхідно переміщати на 50% її ходу;
- 2) з проведеного аналізу видно, що рекомендована в різних джерелах оптимальна частота обертання колінчастого вала в момент перемикання передач при розгоні збігається з отриманими даними;
- 3) уточнено рекомендації щодо вибору оптимальної передачі при русі з постійною швидкістю;
- 4) запропоновано методику визначення максимальної швидкості на ділянках вільного руху, перевищення якої призводить до зниження ефективності витрачання палива;
- 5) обґрунтовано та визначено залежність експлуатаційної витрати палива від середньої величини уповільнення автомобіля. Показано що рух накатом є найбільш ефективним способом зниження швидкості;
- 6) на підставі аналізу сил, що діють в зоні контакту колеса з дорогою, показано, що застосування накату не знижує активну безпеку автомобіля.



## 2.2 Розробка методики визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля при розгоні і русі на підйом

При визначенні економічного алгоритму регулювання швидкості при розгоні автомобіля [24, 29] проводилася серія розгонів до заданої швидкості при поступовому підвищенні частоти обертання колінчастого вала в момент перемикання на вищі передачі. Заїзди проводяться на ділянці постійної довжини. Довжина ділянки визначається відстанню, пройденою автомобілем, при найповільнішому розгоні до заданої швидкості. При більш швидких розгонах автомобіль досягає задану швидкість на більш короткому відрізку і проходить частину шляху з постійною швидкістю як показано на рис. 2.7.

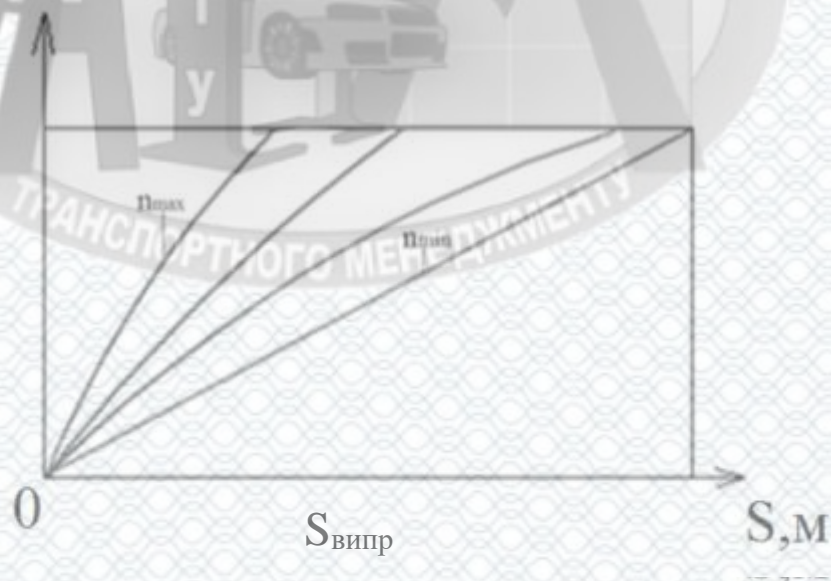


Рисунок 2.7 - Схема зміни швидкості автомобіля  $V$  при проходженні випробувальної ділянки  $S$ .

$n_{\min}$  - відстань пройдена автомобілем при найменшій частоті обертання колінчастого вала в момент перемикання передач;  $n_{\max}$  - відстань пройдена автомобілем при максимальній частоті обертання колінчастого вала в момент перемикання передач

За результатами випробувань будується графік зміни шляхової витрати палива



в залежності від частоти обертання колінчастого вала в момент перемикання передач. Графік, що ілюструє зміну шляхової витрати палива в залежності від частоти обертання колінчастого вала в момент перемикання передач при розгоні і схема визначення оптимального значення частоти обертання колінчастого вала, наведено на рис. 2.8. Як можна бачити з представленою на рис. 2.8, графіку мінімальної шляхової витрати палива відповідає перемиканню на вищі передачі при частоті обертання колінчастого вала  $n_{\text{опт}} \text{ хв}^{-1}$  [ 29].



2.8 - Схема зміни шляхової витрати палива  $q$  в залежності від частоти обертання колінчастого вала в момент перемикання передач  $n$  при розгоні автомобіля з місця до заданої швидкості та визначення її оптимального значення

$n_{\text{опт}}$

Для проведення обчислень, перш за все, необхідно визначити швидкості автомобіля на кожній передачі, відповідні заданій частоті обертання колінчастого вала в момент перемикання передач. Обчислення швидкості автомобіля  $V$  в залежності від частоти обертання колінчастого вала  $n$  здійснюється за формулою:



$$v = \frac{0.377nr_k}{i_i i_0} \text{ км/год} \quad (2.3)$$

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

$n$  - задана частота обертання колінчастого вала в момент перемикання на вищій передачі,  $\text{хв}^{-1}$ ;

$r_k$  - радіус кочення колеса, м;

$i_i$  - передавальне відношення включеної передачі;

$i_0$  - передавальне відношення головної передачі.

Знаючи значення швидкості автомобіля в момент перемикання передач, за експериментальним графіком зміни швидкості в залежності від часу розгону визначаємо час розгону на кожній передачі до заданої швидкості. На рис. 2.9 показано як за допомогою експериментальних графіків визначається час розгону  $t_{p1}$  на 1-ій передачі до заданої швидкості  $V_{31}$ , а на рис.2.10 показано як за допомогою експериментальних графіків визначається час розгону на передачах вище 1-ї [29].

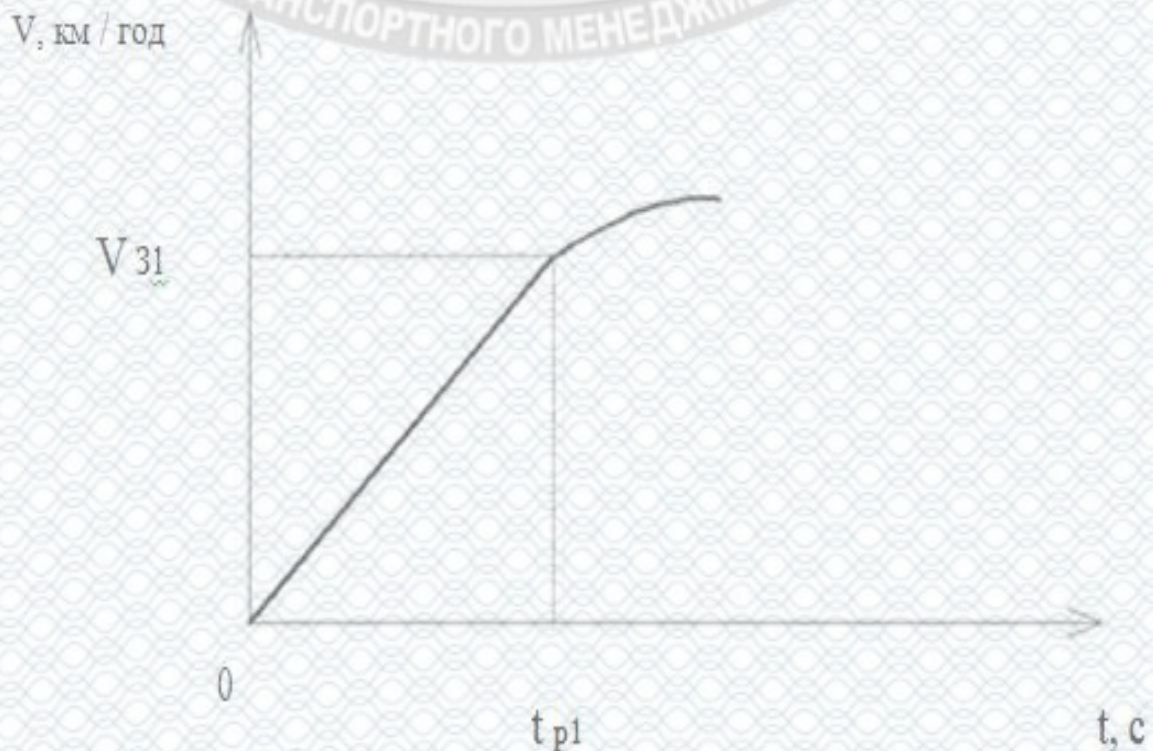


Рисунок 2.9- Схема визначення часу розгону  $t_{p1}$  до заданої швидкості  $V_{31}$  на



першій передачі за експериментальним графіком:  $t_p$ - час розгону;  $V$ - швидкість автомобіля

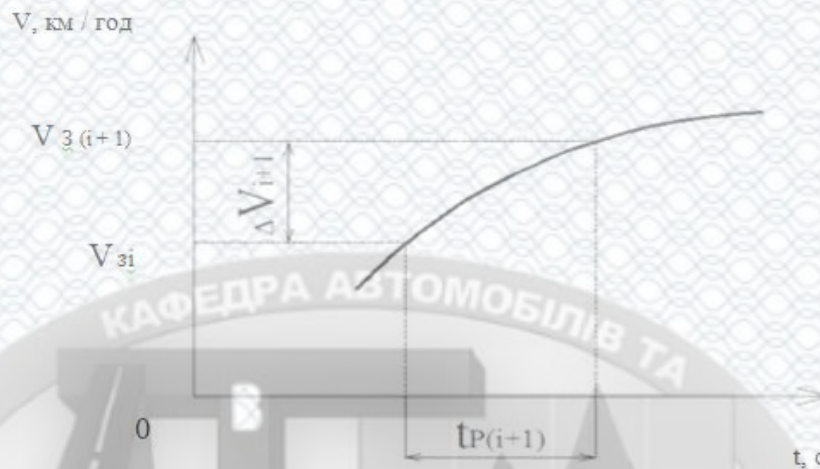


Рисунок 2.10 - Схема визначення часу розгону до заданої швидкості на передачах вище 1-ї:  $V_{zi}$  - швидкість початку розгону на  $i$ -ій передачі;  $V_{z(i+1)}$  - швидкість завершення розгону на  $i$ -ій передачі і перемикання на передачу  $(i + 1)$

Порядок визначення часу розгону на передачах зрозумілий з графіків, наведених на рис. 2.9 і 2.10 і не вимагає спеціальних пояснень.

Щоб обчислити витрату палива при розгоні, необхідно визначити шляхи, пройдені на кожній передачі при розгоні до заданої швидкості (задані значення частоти обертання колінчастого вала в момент перемикання передач) шляхи, пройдені автомобілем в момент перемикання передач, і шляхи, пройдені автомобілем з постійною швидкістю при швидших розгонах в порівнянні з найповільнішим розгоном [29].

За допомогою графіків, наведених на рис. 2.9 і 2.10 можна визначити приріст швидкості в процесі розгону на кожній передачі. Знаючи час розгону і збільшення швидкості, визначаємо середнє прискорення розгону на кожній передачі за формулою:

$$j_i = \frac{(V_2 - V_1)}{3.6t_p}, \quad (2.4)$$



де  $j_i$  - середнє прискорення розгону на  $i$ -ій передачі, м / с<sup>2</sup>;

$V_1$  - швидкість початку розгону на  $i$ -ій передачі км / год;

$V_2$  - швидкість закінчення розгону на  $i$ -ій передачі км / год;

$t_p$  - час розгону на  $i$ -ій передачі, с.

Знаючи середні прискорення і час розгону на кожній передачі визначимо шляхи, пройдені автомобілем на цих передачах при розгоні, по формулі:

$$S_{pi} = \frac{V_{(i-1)} t_{pi}}{3.6} + \frac{j_i t_{pi}^2}{2}, \quad (2.5)$$

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

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

$t_{pi}$  - час розгону на  $i$ -ій передачі, с;

$j_i$  - середнє прискорення розгону на  $i$ -ій передачі, м / с<sup>2</sup>.

Щоб обчислити шлях розгону до заданої швидкості, необхідно визначити шляхи, пройдені автомобілем в момент перемикання передач. Його величина визначається за формулою:

$$S_{nepi} = \frac{V_{(i-1)} t_{nep}}{3.6}, \quad (2.6)$$

де  $S_{nepi}$  - шлях, пройдений автомобілем при перемиканні на  $i$ -у передачу;

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

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

Склавши шляхи, пройдені автомобілем при розгоні на кожній передачі і при перемиканні передач отримаємо довжину ділянки розгону до заданої швидкості:

$$S_p = \sum S_i + \sum S_{nepi}, \quad (2.7)$$

де  $S_p$  - довжина ділянки розгону до заданої швидкості, м;



$\Sigma S_{pi}$  - сума довжин ділянок розгону, на передачах, розрахованих за формулою (2.5), м;

$\Sigma S_{nepi}$  - сума довжин ділянок, пройдених при перемиканні передач, обчислених за формулою (2.6), м.

Порівняння витрат палива при різній інтенсивності розгону має проводитися на ділянці постійної довжини. Тому в якості випробувальної ділянки необхідно прийняти найдовшу ділянку розгону, якій відповідає найнижча частота обертання колінчастого вала в момент перемикання передач.

З урахуванням викладеного вище, довжину випробувальної ділянки визначаємо за формулою:

$$S_{вин} = S_{p.max}, \quad (2.8)$$

де  $S_{вин}$  - довжина випробувальної ділянки, м;

$S_{p.max}$  - довжина ділянки найповільнішого розгону, м;

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

$$S_{постj} = S_{вин} - S_{pj}, \quad (2.9)$$

де  $S_{постj}$  - довжина ділянки руху з постійною швидкістю при j-м розгоні з більш високою інтенсивністю, м;

$S_{вин}$  - довжина випробувальної ділянки, обчислена за формулою (2.8),

$S_{pj}$  - довжина ділянки j-го розгону з більш високою інтенсивністю, обчислена за формулою (2.6), м.

Знаючи довжини ділянок, пройдених з постійною швидкістю знайдемо час, що витрачається на це по формулі:

$$t_{пост} = \frac{3.6S_{пост}}{V_{cm}} \quad (2.10)$$



де  $t_{постj}$  - час руху з постійною швидкістю в  $j$ -му заїзді, с;

$S_{постj}$  - довжина ділянки руху з постійною швидкістю, м;

$V_{cm}$  - швидкість сталого руху, км / год.

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

$$T_j = \sum t_{pij} + \sum t_{nep}, \quad (2.11)$$

де  $T_j$  - сумарний час проходження випробувальної ділянки в  $j$ -му заїзді;

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

$\sum t_{nep}$  - сумарний час, витрачений на перемикання передач в процесі розгону, с.

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

$$T_j = \sum t_{pij} + \sum t_{nep} + t_{cmj}, \quad (2.12)$$

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

Знаючи довжину випробувальної ділянки і часи його проходження в різних заїздах визначимо середні швидкості проходження випробувальної ділянки в заїздах:

$$V_{срj} = \frac{3.6S_{випр}}{T_j}, \quad (2.13)$$

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

$S_{випр}$  - довжина випробувальної ділянки, м;

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

Зміна витрати палива в залежності від пройденого шляху при розгоні



описується лінійним рівнянням:

$$Q_i = k_{sQ} S_i \quad (2.14)$$

де  $Q_i$  - витрата палива при розгоні на  $i$ -ій передачі,  $\text{см}^3$ ;

$k_{sQ_i}$  - коефіцієнт перетворення пройденого шляху в витрату палива при розгоні на  $i$ -ій передачі,  $\text{см}^3 / \text{м}$ ;

$S_i$  - шлях, пройдений в процесі розгону на  $i$ -ій передачі, м.

Коефіцієнт перетворення шляху в витрату палива визначається на підставі результатів експерименту для кожної передачі при розгоні з повною подачею палива.

Схема його визначення показана на рис. 2.11. Величина коефіцієнта дорівнює відношенню витрат палива до пройденого шляху [29].

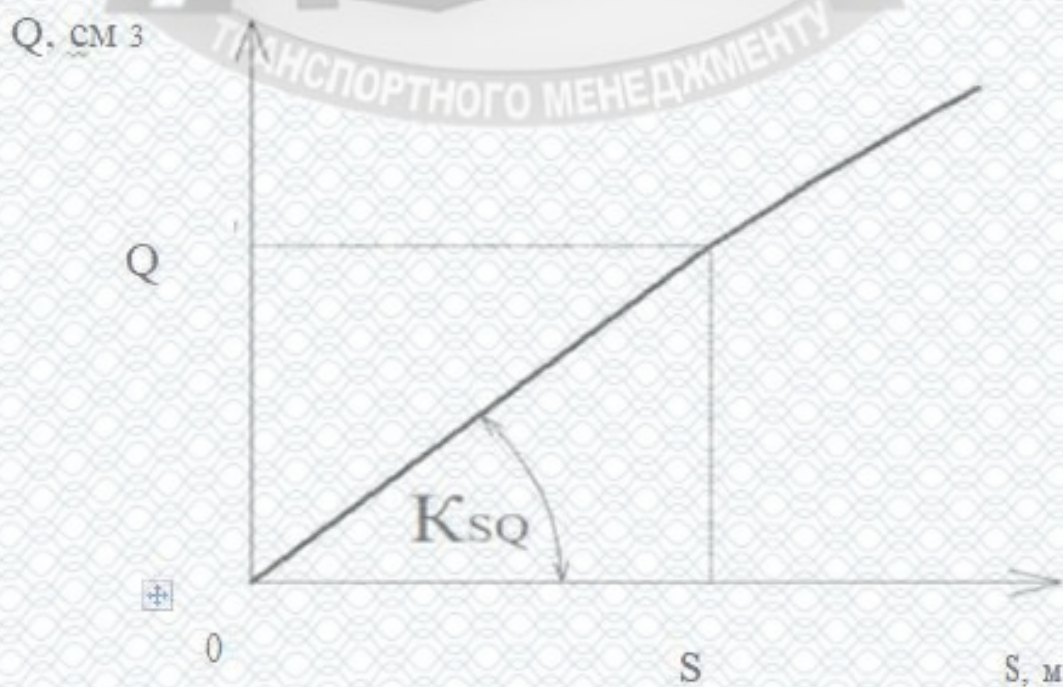


Рисунок 2.11 - Схема визначення коефіцієнта перетворення шляху в витрату палива

$k_{sQ}$ :  $S$  - пройдений шлях;  $Q$  - витрата палива

Визначення витрати палива в процесі розгону на передачах здійснюється за



формулою (2.8) на підставі обчислених раніше шляхів розгону на передачах і результатів обчислення коефіцієнтів перетворення шляху в витрату палива для кожної передачі.

Для визначення витрати палива на ділянці руху з постійною швидкістю використовуються результати визначення витрати палива при русі на вищій передачі з постійною швидкістю. Витрата палива при русі на ділянці з постійною швидкістю обчислюється за формулою:

$$Q_{cm} = \frac{q_{cm} S_{cm}}{100}, \quad (2.15)$$

де  $Q_{cm}$  - витрата палива на ділянці сталого руху,  $\text{см}^3$ ;

$q_{cm}$  - шляхова витрата палива при сталому русі із заданою швидкістю, л / 100 км;

$S_{cm}$  - довжина ділянки руху з постійною швидкістю, м.

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

$$\Sigma Q_j = \Sigma Q_{ij} + Q_{cmj}, \quad (2.16)$$

де  $Q_j$  - витрата палива на проходження випробувальної ділянки в  $j$ -му заїзді,  $\text{см}^3$ ;

$Q_{ij}$  - витрата палива на ділянці розгону в  $j$ -му заїзді,  $\text{см}^3$ ;

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

Шляхова витрата палива при проходженні випробувальної ділянки визначається за формулою:

$$q_s = \frac{100 \Sigma Q_j}{S_{випр}} \quad (2.17)$$

де  $q_s$  - шляхова витрата палива на випробувальній ділянці, л / 100 км;



$\Sigma Q_j$  - витрата палива на проходження випробувальної ділянки в  $j$ - му заїзді,

$S_{випр}$  - довжина випробувальної ділянки, м.

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

### 2.3 Розробка методики вибору оптимальної передачі при сталому русі

При сталому русі витрата палива залежить від швидкості руху та обраної водієм передачі. Водій може знизити витрату палива, використовуючи найвищу для обраної швидкості передачу. Можливості використання вищих передач при русі з постійною швидкістю визначаються величиною мінімально стійких швидкостей руху на передачах. На рис. 2.12 показаний графік, який ілюструє правильний вибір передачі при русі з постійною швидкістю в залежності від її величини [29].

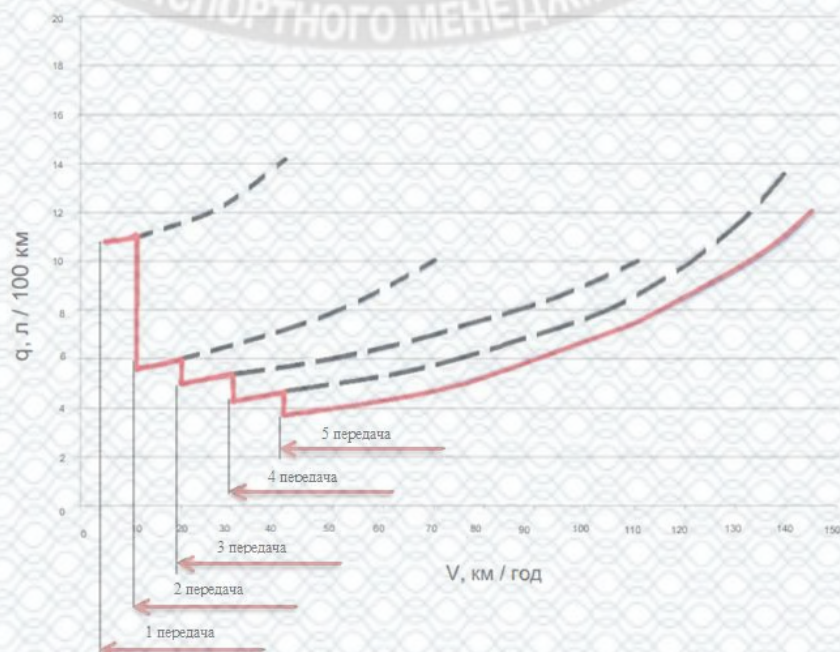


Рисунок 2.12 - Графік, що ілюструє правильний вибір передачі при русі з постійною швидкістю.

- крива витрати палива при неправильному виборі передачі;
- витрата палива при правильному виборі передачі



На рис. 2.12 пунктирною лінією показано як змінюється витрата палива і шляхова витрата палива на передачах і чорною лінією показано як змінюється шляхова витрата палива при сталому русі, якщо водій правильно вибирає передачу. Оптимальність вибору передачі визначає просте правило: швидкість автомобіля повинна бути не нижчою за мінімальну стійку швидкість на вибраній передачі, і не більше мінімальної стійкої швидкості на наступній передачі. Паливно-швидкісна характеристика колійної витрати палива і значення мінімально стійкої швидкості на передачах визначаються при проведенні попередніх випробувань.

#### **2.4 Розробка методики визначення характеристики витрати палива при сповільненні**

Щоб побудувати характеристику зміни шляхової витрати палива в залежності від сповільнення, необхідно, так само як і при розгоні визначити довжину випробувальної ділянки. Її довжина визначається при попередніх випробуваннях шляхом вимірювання часу вибігу автомобіля в заданому діапазоні зміни швидкості. При підвищенні інтенсивності сповільнення, автомобіль проходить частину шляху, що дорівнює різниці між довжиною випробувальної ділянки і відстані, яку проходить до заданого сповільнення. Схема зміни швидкості на випробувальній ділянці при реалізації різних сповільнень показана на рис. 2.13 [29].





Рисунок 2.13 - Графік зміни швидкості автомобіля на випробувальній ділянці при різних сповільненнях: 1 вибіг; 2 - максимальне сповільнення

При проведенні випробувань визначаються: час вибігу  $t_v$  при зниженні швидкості від  $V_1$  до  $V_2$  і часова витрата палива. Знаючи різницю швидкостей і час вибігу, знаходимо середнє сповільнення вибігання  $j_v$  за формулою:

$$j_v = \frac{(V_2 - V_1)}{3.6t_v}, \quad (2.18)$$

де  $j_v$  - середнє сповільнення вибігу автомобіля, м / с<sup>2</sup>;м

$V_1$  - швидкість на початку вибігу, км / год;

$V_2$  - швидкість в кінці вибігу, км / год;

$t_v$  - тривалість вибігу, с.

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

$$S_v = \frac{V_1 t_v}{3.6} - \frac{j_v t_v^2}{2}, \quad (2.19)$$



де  $S_v$  - шлях вибігу, м;

$V_1$  - швидкість на початку вибігу, км / год;

$t_v$  - тривалість вибігу, с;

$j_v$  - середнє уповільнення вибігу автомобіля, м / с<sup>2</sup>.

Оскільки довжина випробувальної ділянки  $S_{випр}$  дорівнює шляху вибігу  $S_v$ , довжина ділянки руху автомобіля з постійною швидкістю буде дорівнює довжині вибігання мінус шлях, пройдений автомобілем при гальмуванні:

$$S_{ст} = S_v - S_{тр}, \quad (2.19)$$

де  $S_{ст}$  - довжина ділянки шляху, що проходиться з постійною швидкістю, м;

$S_v$  - шлях вибігу, рівний довжині випробувальної ділянки, м;

$S_{тр}$  - шлях, пройдений автомобілем при гальмуванні, м.

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

$$t_{тр} = \frac{(V_2 - V_1)}{3.6 j_{тр}} \quad (2.20)$$

де  $t_{тр}$  - тривалість гальмування, с;

$V_1$  - швидкість на початку гальмування, км / год;

$V_2$  - швидкість припинення гальмування, км / год;

$j_{тр}$  - середнє сповільнення на ділянці гальмування, м/с<sup>2</sup>.

Шлях пройдений автомобілем при гальмуванні знаходимо за формулою

$$S_{тр} = \frac{V_1 t}{3.6} - \frac{j_{тр} t^2}{2} \quad (2.21)$$

Знаючи шляхи, пройдені автомобілем при вибігу і гальмуванні знайдемо витрату палива при сповільненні з різною інтенсивністю. Шляхова витрата палива при вибігу знаходиться за формулою:



$$q_s = \frac{100q_1 t_{\epsilon}}{3.6S_{\epsilon}} \quad (2.22)$$

де  $q_s$  - шляхова витрата палива при вибігу, л /100 км;

$q_1$  - годинна витрата палива на холостому ході, л / год;

$t_{\epsilon}$  - час вибігу, с;

$S_{\epsilon}$  - шлях вибігу, м.

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

$$q_{sj} = \frac{100q_{ст}}{S_{випр}} \quad (2.23)$$

де  $q_{sj}$  - шляхова витрата палива при сповільненні з використанням гальмування, л / 100 км;

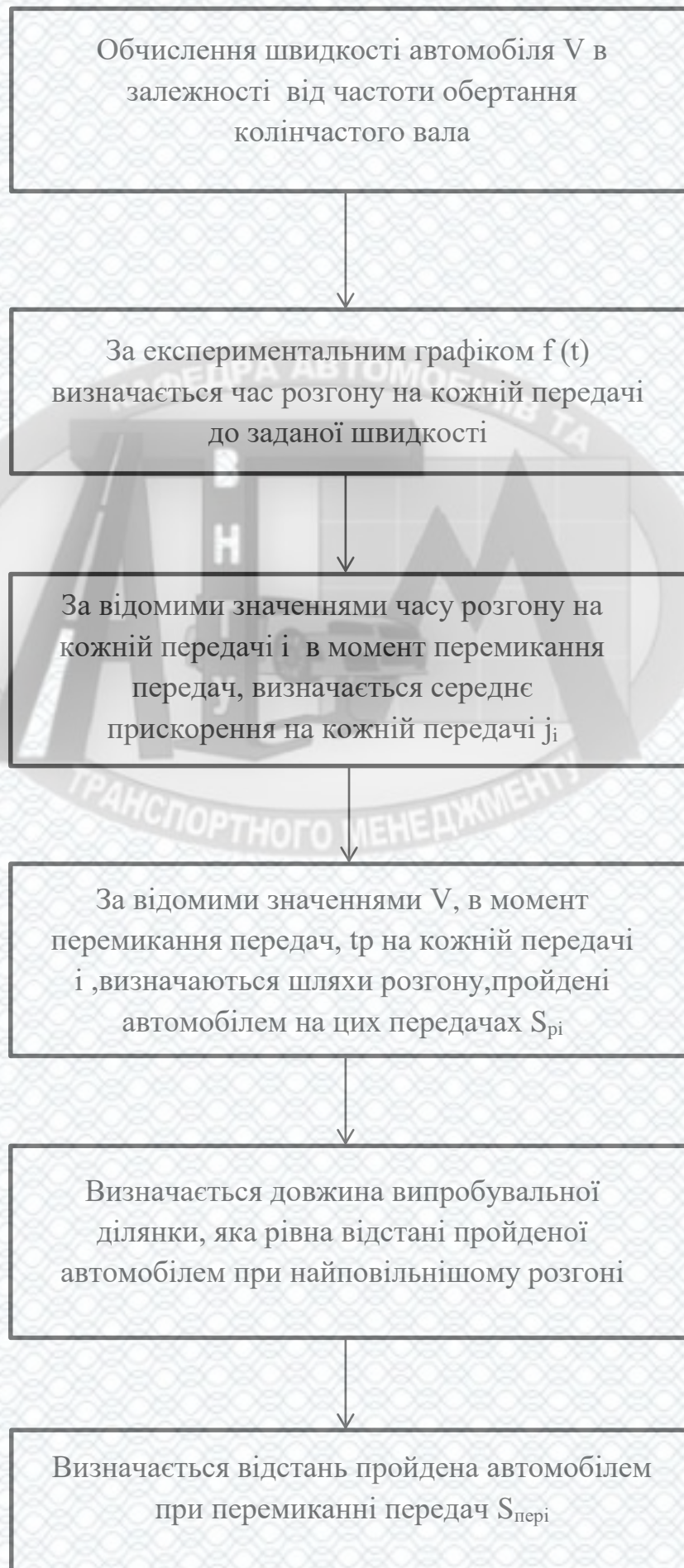
$q_{ст}$  - витрата палива при сталому русі;

$S_{випр} = S_{\epsilon}$  - довжина випробувальної ділянки, що дорівнює відстані вибігу.

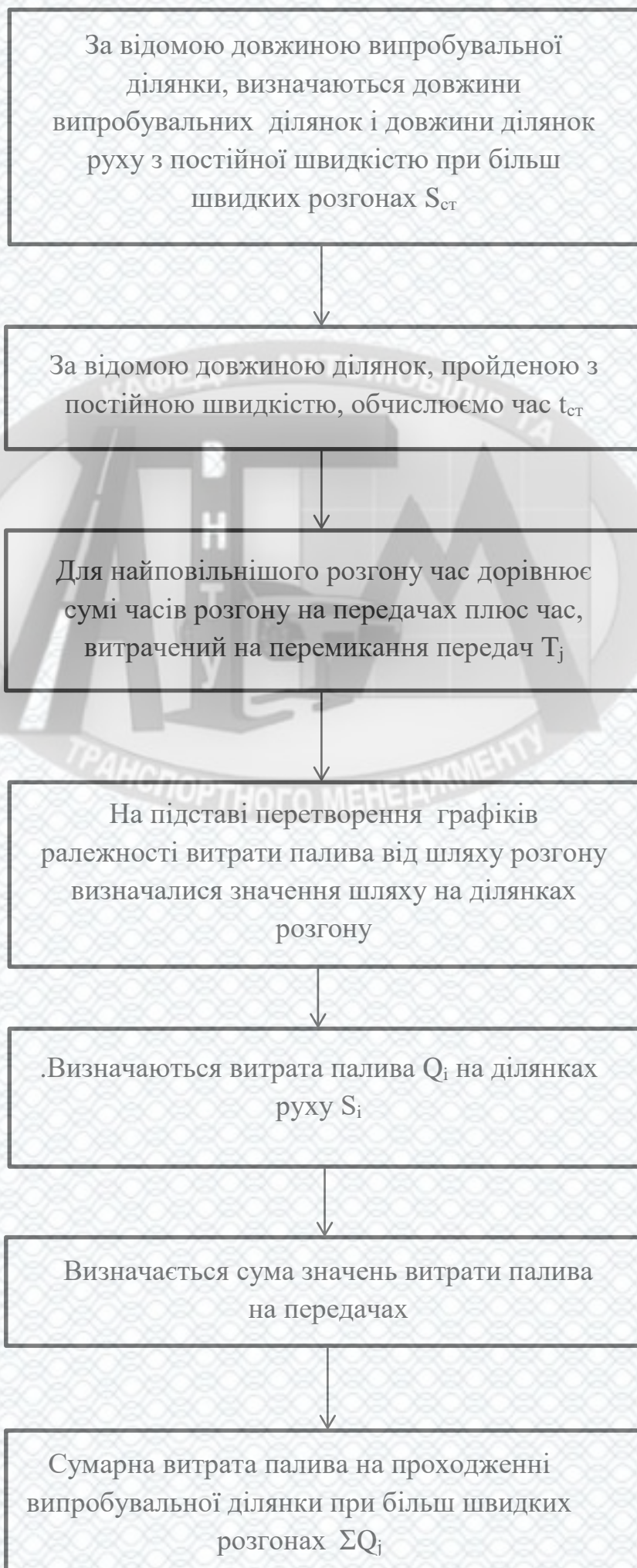
За результатами обчислень будується графік зміни витрати палива при зниженні швидкості на задану величину в залежності від величини сповільнення [29].

Нижче наведені рисунки 2.14-2.16 розрахункової блок схеми методики визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля при розгоні, сталому русі і сповільненні.











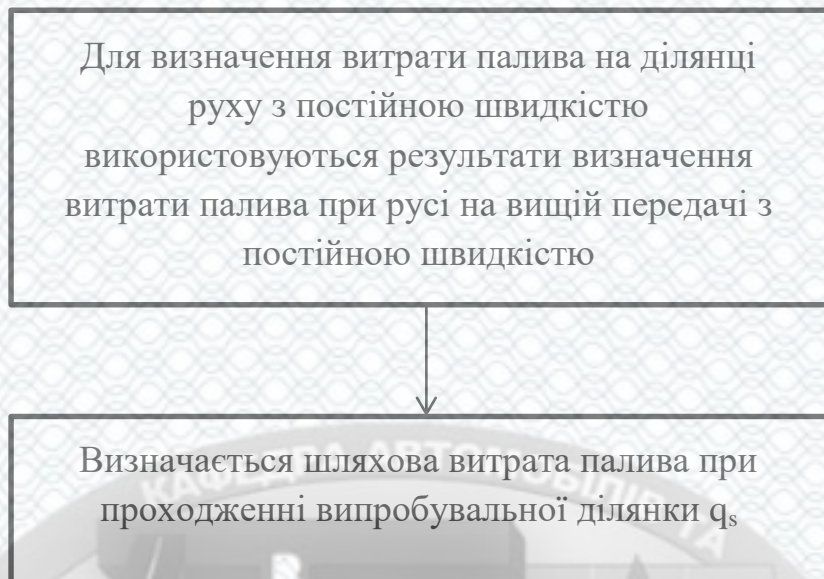


Рисунок 2.14 - Блок-схема методики визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля при розгоні

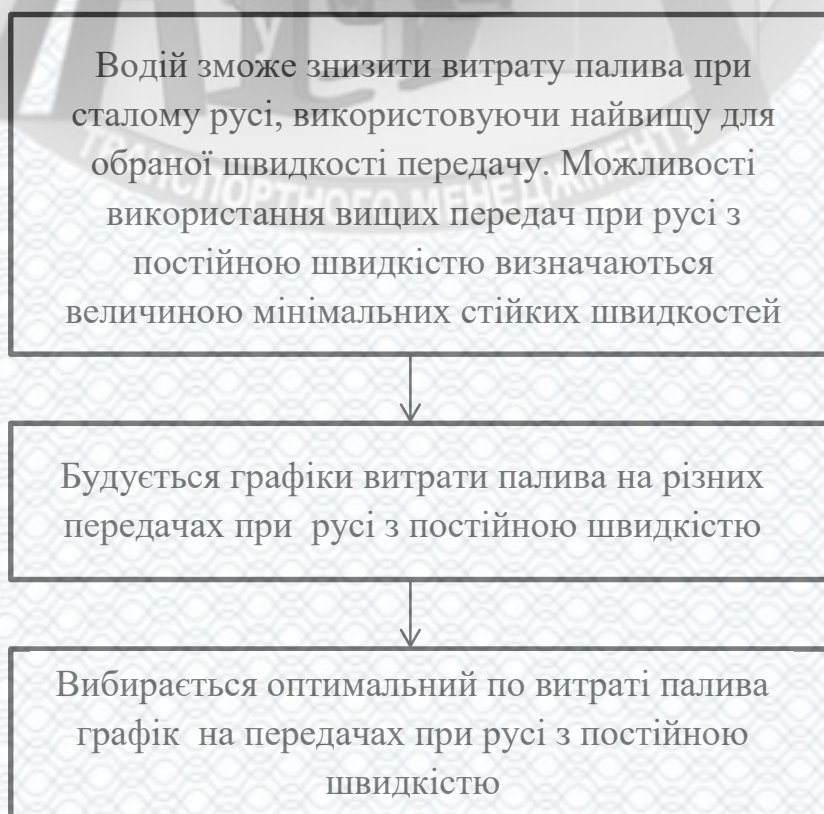


Рисунок 2.15 - Блок-схема визначення оптимальної по витраті палива передачі при сталому русі



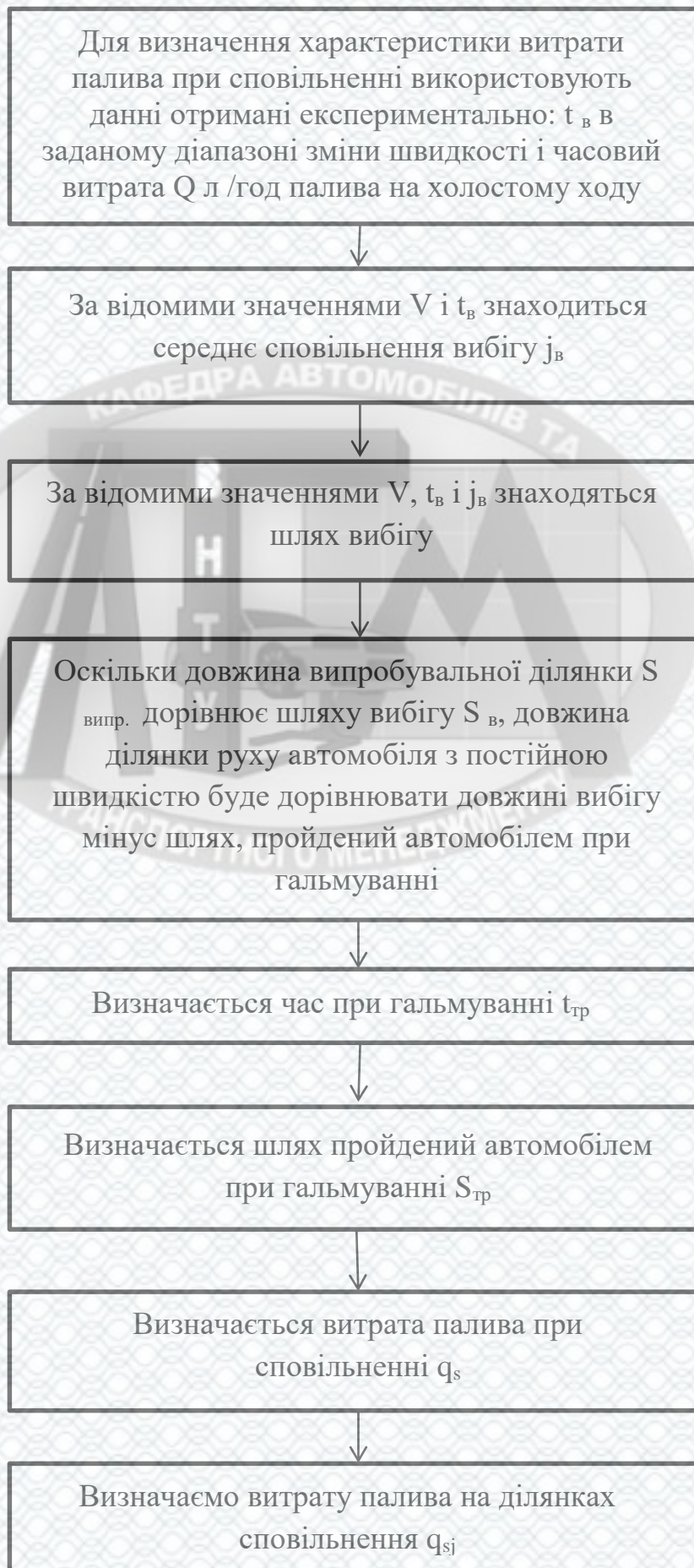




Рисунок 2.16 - Визначення характеристики витрати палива при сповільненні.

## 2.5 Висновки до розділу 2

1. З проведеного аналізу видно, що для зниження експлуатаційної витрати палива при розгоні, педаль акселератора необхідно переміщати на 50% ходу.
2. Уточнено рекомендації щодо вибору оптимальної передачі при русі з постійною швидкістю.
3. Запропоновано методику визначення максимальної швидкості на ділянках вільного руху, перевищення якої призводить до зниження ефективності витрати палива.
4. Показано що рух накатом є найбільш ефективним способом зниження швидкості. На підставі аналізу сил, що діють в зоні контакту колеса з дорогою, показано, що застосування накату не знижує активну безпеку автомобіля.
5. Розроблена розрахункова блок схеми методики визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля при розгоні, сталому русі і сповільненні.



## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЕМ ТА РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ЇЇ ВПРОВАДЖЕННЯ НА КОМУНАЛЬНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ «АВТОБАЗА ОБЛАСНОЇ РАДИ»

#### 3.1. Визначення економічного алгоритму управління

##### 3.1.1 Методика досліджень по визначенню паливно-швидкісних характеристик автомобіля

У другому розділі ми склали розрахункову блок-схему економічного алгоритму управління автомобілем при розгоні, сталому русі та сповільненні. Тепер для розробки оптимальної моделі управління автомобілем потрібно провести розрахунок за блок схемою на практиці.

Для цього були взяті данні з автомобіля Skoda Octavia 2008 року випуску, який є на балансі комунального підприємства «Автобаза обласної ради». Об'єм двигуна даного автомобіля – 2000 см<sup>3</sup>. Потужність – 220 к.с.

Данні були отримані вході поїздок автомобіля за маршрутом: вул. Соборна 70 (Вінницька обласна рада) – вул. Данила Галицького 31 (Вінницький обласний воєнкомат). Загальна протяжність маршруту – 1,9 км.

Паливно-швидкісна характеристика розгону визначалася при відкритті дросельної заслінки на 50%.

У результаті отриманих даних отримано:

- залежності швидкості від часу розгону на всіх передачах;
- залежність витрати палива від пройденого шляху при розгоні на всіх передачах;
- паливно-швидкісна характеристика при сталому русі на всіх передачах;
- мінімальні стійкі значення швидкості при сталому русі на всіх передачах;



- часову витрату палива при роботі двигуна на холостому ході, яка склала 1,1 л / год;

Використовуючи отримані залежності відповідно до розрахунково-аналітичної методики визначення економічного алгоритму управління наведеного в розділі 2, були визначені:

- залежність витрати палива при розгоні від частоти обертання колінчастого вала в момент перемикавання передач;

- залежність мінімальної витрати палива від швидкості сталого руху автомобіля;

- залежність ефективності перетворення палива в швидкість від величини швидкості сталого руху;

- залежність витрати палива при сповільненні від його величини;

При проведенні розрахунків використовувалися дані передаточних чисел передач: I передача - 3.636; II передача - 1.96; III передача - 1.357, IV передача - 0.941, V передача - 0.784; передавальне число головної передачі - 3,7; і радіус кочення колеса - 0,255.

Результати визначення значень мінімальної стійкої швидкості при сталому русі на передачах і відповідні їм частоти обертання колінчастого вала наведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 Значення мінімальної стійкої швидкості  $V_{\min}$  і частоти обертання колінчастого вала  $n_{\min}$  при сталому русі на передачах

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

Для визначення оптимальної частоти обертання колінчастого вала в момент перемикавання передач при розгоні були обрані наступні значення швидкості, що відповідають початку і завершенню розгону: розгін з місця, до 60 км / год.



Відповідно до методики, наведеної в розділі 2 були визначені значення швидкості в момент перемикавання передач відповідно до значень частот обертання вала.

### 3.1.2 Розрахункове визначення оптимальної частоти обертання колінчастого вала в момент перемикавання передач при розгоні

Для визначення оптимальної частоти обертання колінчастого вала необхідно побудувати залежність зміни витрати палива при розгоні від частоти обертання колінчастого вала в момент перемикавання передач. У той же час були отримані характеристики зміни швидкості автомобіля від часу розгону на кожній передачі. Тому виникає необхідність визначення швидкості автомобіля, яка відповідає заданій частоті обертання колінчастого вала в момент перемикавання передач. Тому відповідно до формули (2.3) були визначені значення швидкості відповідні обраним значенням частот обертання колінчастого вала. Результати визначення значень швидкості в момент перемикавання передач при розгоні з місця до швидкості 60 км/год наведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 - Значення швидкостей руху на передачах  $V_i$  при заданій частоті обертання колінчастого вала  $n$  (Використовується для обчислення при розгоні з місця до 60км/год)

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



Обробка даних наведених в таблиці 3.2 дозволила визначити значення часу розгону на кожній передачі для заданих частот обертання колінчастого вала в момент перемикання передач. Швидкість початку розгону на кожній наступній передачі дорівнює швидкості завершення розгону на попередній передачі. Результати обробки отриманих під час проведення аналізу даних наведені в таблицях 3.3 – 3.9.

Таблиця 3.3 - Значення швидкостей закінчення розгону і часу розгону на передачах для  $n_{\text{пер}} = 1500 \text{ хв}^{-1}$  при розгоні з місця до швидкості 60 км / год

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

Таблиця 3.4 - Значення швидкостей закінчення розгону і часу розгону на передачах для  $n_{\text{пер}} = 2000 \text{ хв}^{-1}$  при розгоні з місця до швидкості 60 км / год

№ передачі	V, км / год	t, с
1	14,3	1,00
2	26,5	1,26
3	38,3	2,70
4	55,2	5,00
5	60,0	2,40



Таблиця 3.5 - Значення швидкостей закінчення розгону і часу розгону на передачах для  $n_{\text{пер}} = 2500 \text{ хв}^{-1}$  при розгоні з місця до швидкості 60 км / год

№ передачі	V, км / год	t, с
1	17,9	1,40
2	33,1	1,71
3	47,9	3,38
4	60,0	3,99
5		

Таблиця 3.6 - Значення швидкостей закінчення розгону і часу розгону на передачах для  $n_{\text{пер}} = 3500 \text{ хв}^{-1}$  при розгоні з місця до швидкості 60 км / год

№ передачі	V, км / год	t, с
1	25,0	2,20
2	46,4	2,77
3	60,0	3,58
4		
5		

Таблиця 3.7 - Значення швидкостей закінчення розгону і часу розгону на передачах для  $n_{\text{пер}} = 4500 \text{ хв}^{-1}$  при розгін з місця до швидкості 60 км / год

№ передачі	V, км / год	t, с
1	32,0	3,22
2	60,0	4,35
3		
4		
5	-	-



--	--	--	--

Таблиця 3.8 - Значення швидкостей закінчення розгону і часу розгону на передачах для  $n_{\text{пер}} = 5500 \text{ хв}^{-1}$  при розгоні з місця до швидкості 60 км / год

№ передачі	V, км / год	t, с
1	40,0	4,20
2	60,0	3,07
3		
4		
5		

Таблиця 3.9 - Значення швидкостей закінчення розгону і часу розгону на передачах для  $n_{\text{пер}} = 4500 \text{ хв}^{-1}$  при розгін з місця до швидкості 60 км / год

№ передачі	V, км / год	t, с
1	32,0	3,22
2	60,0	4,35
3	90,0	8,93
4		
5		

Визначення середнього прискорення розгону. На підставі результатів обчислення часу розгону при зміні швидкостей автомобіля в заданих діапазонах були проведені обчислення середніх прискорень автомобіля в процесі розгону на різних передачах. Результати обчислень наведені в таблиці 3.10

Таблиця 3.10 - Значення середнього прискорення при розгоні з місця до 60

n, $\text{хв}^{-1}$	1500	2000	2500	3500	4500	5500
---------------------	------	------	------	------	------	------



$J_1 \text{ м / с}^2$	3,35	3,97	3,55	3,15	2,76	2,65
$J_2 \text{ м / с}^2$	2,92	2,69	2,45	2,14	1,78	1,63

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7
$J_3 \text{ м / с}^2$	1,28	1,21	1,21	1,05		
$J_4 \text{ м / с}^2$	1,17	0,99	0,84			
$J_5 \text{ м / с}^2$	0,67	0,55				

Визначення довжини випробувальної ділянки, шляхів розгону до заданої швидкості і сталого руху. Знаючи час розгону в заданому діапазоні швидкостей на кожній передачі і середнє прискорення можна обчислити шлях розгону пройдений на кожній передачі за формулою (2.5) з використанням даних, наведених в таблицях 3.1 -3.10

Для визначення часу розгону до заданої швидкості необхідно визначити шляхи пройдені автомобілем в момент перемикавання передач.

Для визначення шляху розгону до заданої швидкості необхідно скласти шляху розгону, на кожній передачі додавши до них шляхи пройдені автомобілем в момент перемикавання передач. Розрахунок часу при перемиканні передач проводився за формулою (2.6). Час перемикавання передач було прийнято рівним 0,5 сек. Цей час відповідав швидкості завершення розгону на попередній передачі і під час перемикавання залишався незмінним.

Величина витрати палива в процесі розгону порівнювалася на ділянці постійної довжини, яка була прийнята рівною довжині ділянки найповільнішого розгону обчисленої за формулою (2.7). При підвищенні інтенсивності розгону автомобіль досягав заданої швидкості на меншому відрізку шляху і проходив решту відрізка випробувальної ділянки з постійною швидкістю. Довжина цієї ділянки



визначалася за формулою (2.9). Результати обчислень довжин шляхів розгону, шляхи пройдені при перемиканні передач і довжини ділянок сталого руху при різних інтенсивностях розгону наведені в таблиці 3.11





Таблиця 3.11 - Значення шляхів: розгону на передачах  $S_i$ , перемикання передач  $S_{пер}$ , сталого руху  $S_{ст}$  і довжини випробувальної ділянки  $S_i$  при розгоні з місця до 60 км / год

$n, \text{хв}^{-1}$	1500	2000	2500	3500	4500	5500
$S_1, \text{м}$	1,3	1,98	4,7	7,6	14,3	31,9
$S_2, \text{м}$	3,7	7,0	12,0	27,4	58,6	42,6
$S_3, \text{м}$	13,0	24,3	38,0	52,9		
$S_4, \text{м}$	29,0	64,9	59,8			
$S_5, \text{м}$	107,0	39,0				
$S_{пер}, \text{м}$	13,9	18,5	13,7	9,9	13,7	9,5
$\Sigma S_p, \text{м}$	168,2	155,6	128,3	97,8	86,6	84,0
$S_{ст}, \text{м}$		12,5	39,8	70,3	81,6	84,2
$S_i, \text{м}$	168,2					

Визначення значень часу проходження ділянок при сталому русі і випробувальної ділянки. Значення часу проходження ділянок при сталому русі при відомих величинах їх довжини і швидкості визначаються за формулою (2.10). Величини часу проходження випробувальної ділянки визначаються за формулами (2.11) і (2.12). Результати обчислень наведені в таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 - Значення часу проходження ділянки сталого руху та випробувальної ділянки при розгоні з місця до 60 км / год

$n, \text{хв}^{-1}$	1500	2000	2500	3500	4500	5500
$t_{ст}, \text{с}$	-	0.75	2.06	4.22	5.28	5.3
$t_i, \text{с}$	14.28	12.4	10.9	8.55	7.36	7.27



Визначення витрати палива і середньої швидкості при проходженні випробувальної ділянки. На підставі обробки отриманих даних були визначені значення коефіцієнтів перетворення шляху в витрата палива при розгоні на передачах. Величина витрати палива при розгоні на кожній передачі визначалася за формулою (2.14). Для обчислення витрати палива на ділянці сталого руху визначалася шляхова витрата палива при русі із заданою швидкістю. Використовувалося для цього паливно-швидкісна характеристика. Витрата палива на ділянці сталого руху обчислювався за формулою (2.15). Значення витрати палива при розгоні на передачах, ділянці сталого руху і сумарна витрата палива при проходженні випробувального ділянки приведені в таблиці 3.13

Таблиця 3.13 - Значення сумарної витрати палива при проходженні випробувальної ділянки з місця до 60 км / год

$n, \text{хв}^{-1}$	1500	2000	2500	3500	4500	5500
$Q \text{ (див}^3\text{)}$	19,05	19,83	20,63	21,42	21,90	25,00
$q_s, \text{л / 100 км}$	11,32	11,79	12,27	12,74	13,02	14,87

Значення шляхової витрати палива в залежності від частоти обертання колінчастого вала в момент перемикування передач обчислювалися за формулою (2.17). Величини середньої швидкості проходження випробувальної ділянки при заданій частоті обертання колінчастого вала в момент перемикування передач визначалися за формулою (2.13). Результати обчислень наведені в таблиці 3.14 і на рис. 3.1 – 3.2



Таблиця 3.14 - Значення шляхової витрати палива і середньої швидкості проходження випробувальної ділянки при розгоні з місця до 60 км / год

$n, \text{хв}^{-1}$	1500	2000	2500	3500	4500	5500
$q_s, \text{л} / 100 \text{км}$	11,32	11,79	12,27	12,74	13,80	14,87
$V_{\text{ср}}, \text{км} / \text{ГОД}$	37.96	39.51	40,84	42.83	43.94	44.16

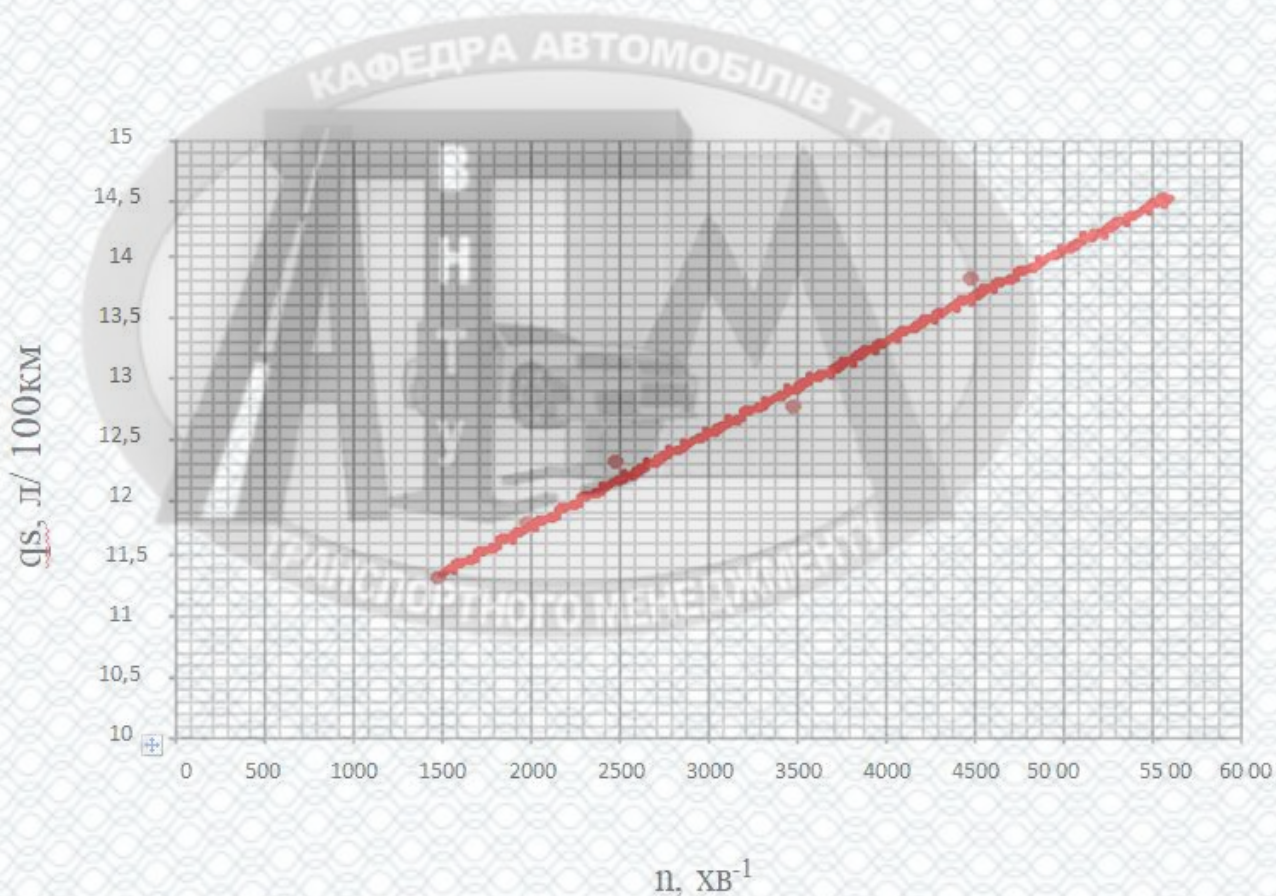


Рисунок 3.1- Графік зміни шляхової витрати палива при розгоні з місця до 60 км / год в залежності від частоти обертання колінчастого вала в момент перемикання передач.



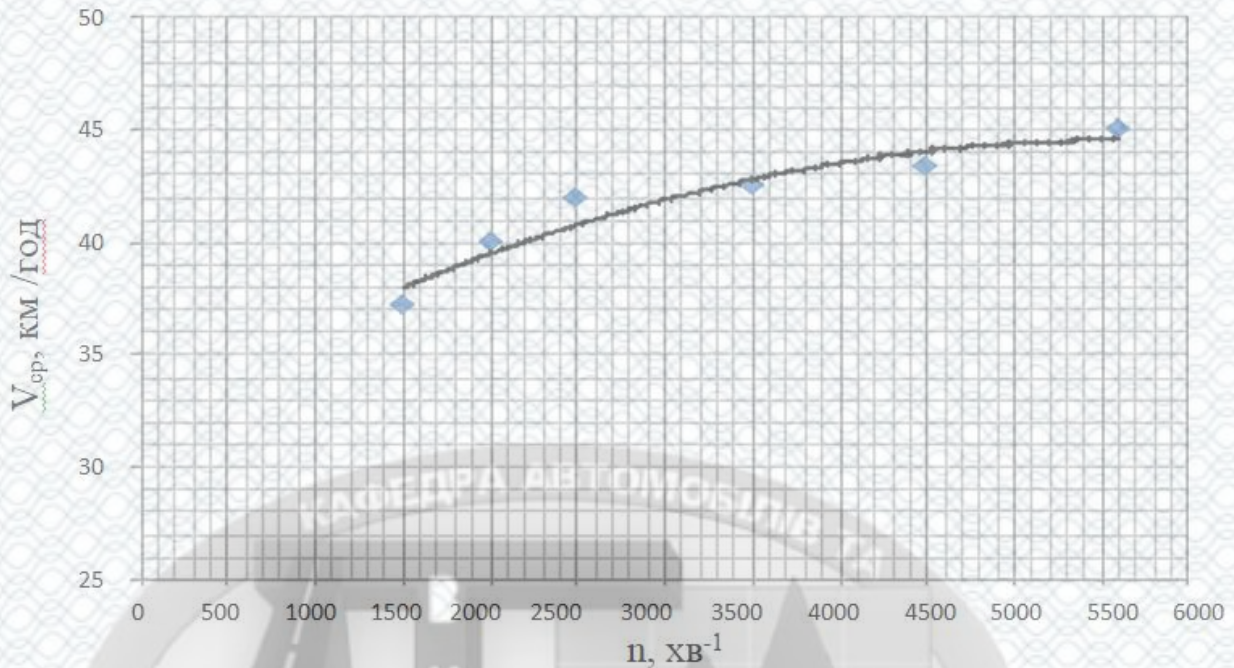


Рисунок 3.2- Графік зміни середньої швидкості при розгоні від 0 до 60 км / год в залежності від частоти обертання колінчастого вала в момент перемикавання передач.

Як можна бачити з наведеного на (рис. 3.1) графіка, найменша витрата палива при розгоні досягається при частоті обертання колінчастого вала в момент перемикавання передач 1500 - 2500  $\text{хв}^{-1}$ .

### 3.1.3 Визначення оптимальної по витраті палива передачі при сталому русі

Щоб мінімізувати витрату палива при сталому русі, необхідно вибрати таку передачу, на якій при заданій швидкості витрата палива буде мінімальною. Діапазони швидкостей і відповідні їм оптимальні передачі наведені в таблиці 3.15 і показані на (рис. 3.3)

Таблиця 3.15 - Значення оптимальних передач різних діапазонів швидкостей

$V$ , $\text{км} / \text{год}$	0 ... 10	10 ... 20	20 ... 30	30 ... 40	40 і вище
№ передачі	1	2	3	4	5



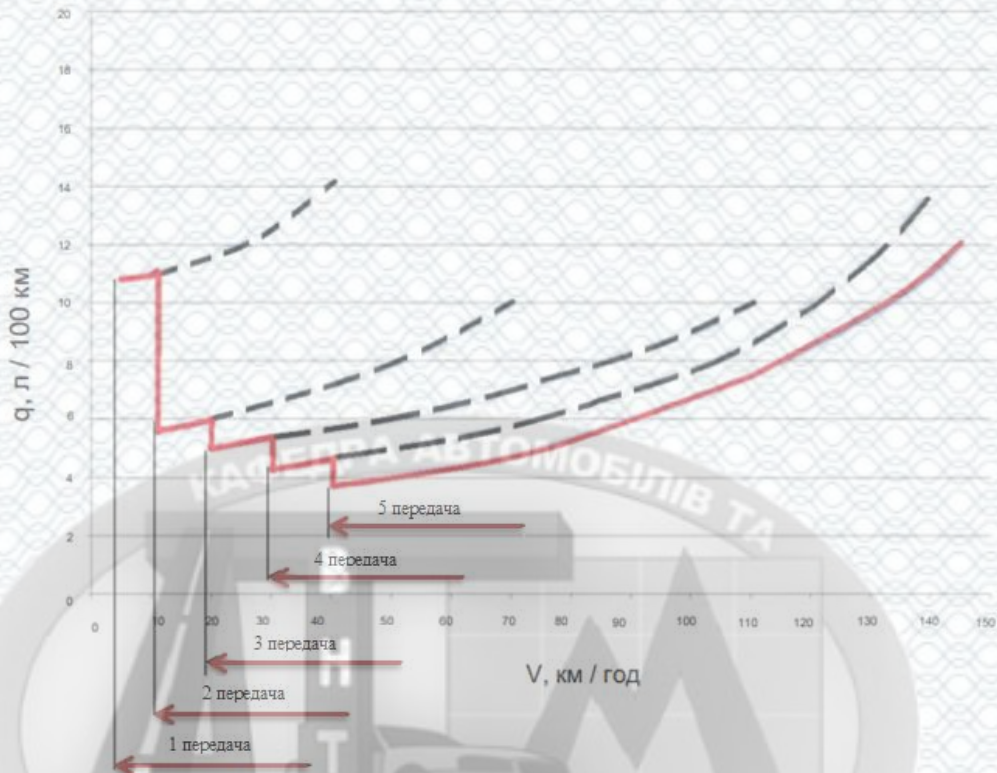


Рисунок 3.3 - Графік вибору оптимальної передачі при русі з постійною швидкістю на автомобілі з робочим об'ємом двигуна 2000 см<sup>3</sup>

- Витрата палива на передачах
- Витрата палива при оптимальному перемиканні передач

### 3.1.4 Визначення характеристики витрати палива при сповільненні

Для визначення характеристики витрати палива при сповільненні використовувалися отримані данні: час вибігу в заданому діапазоні зміни швидкості, і часова витрата палива на холостому ході. Отримані дані наведені в таблиці 3.16.

Таблиця 3.16 - Значення швидкодії в заданому діапазоні зміни швидкості і величина годинної витрати палива на холостому ході

$(V_2 - V_1)$ , Км / год	60-0
$t_b$ , з	111,1
Q, л / год	1,1



Витрата палива при уповільненні розраховувався за формулами (2.18) - (2.22) Результати обчислення довжини випробувальної ділянки, ділянки сталеного руху, гальмівного шляху і шляхової витрати палива при уповільненні від 60 км / год до зупинки наведені в таблиці 3.17 . Графік зміни шляхової витрати палива в залежності від величини сповільнення наведені на рис.3.4

Таблиця 3.17 - Значення довжини випробувальної ділянки, ділянки сталого руху, гальмування і шляхової витрати палива для різних значень середнього сповільнення при зниженні швидкості від 60 км / год до нуля

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

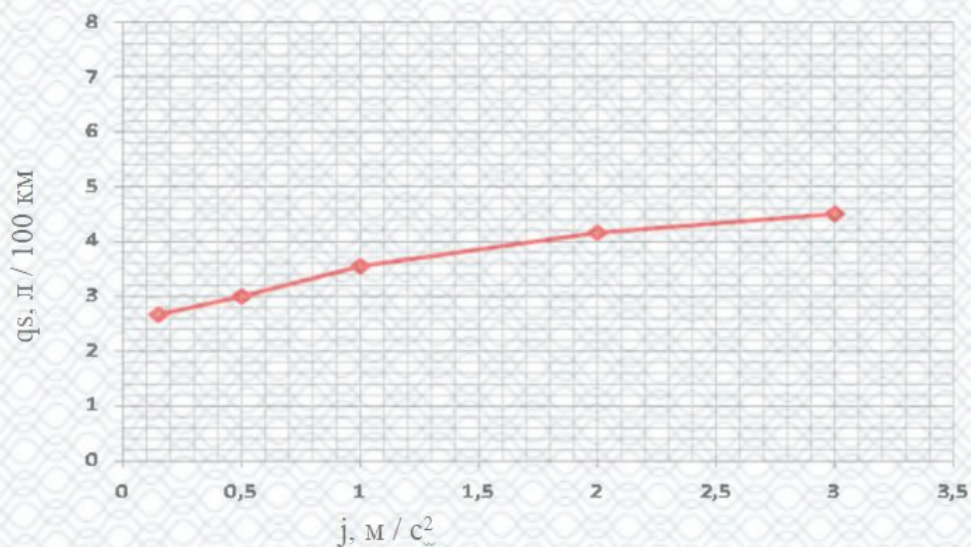


Рисунок 3.4 - Графік залежності шляхової витрати палива від сповільнення при зниженні швидкості від 60 км / год до нуля



## 3.2 Розробка методики визначення економічного алгоритму керування легковим автомобілем

### 3.2.1 Визначення оптимальної частоти обертання колінчастого вала в неусталених режимах руху

На підставі результатів розробки економічного алгоритму керування автомобілем з робочим об'ємом двигуна  $2000\text{см}^3$  була розроблена методика визначення економічного алгоритму регулювання швидкості легковим автомобілем. Відмінності в алгоритмах економічного управління різними моделями легкових автомобілів визначаються номінальною частотою обертання колінчастого вала, що відповідає максимальній потужності двигуна. Проведене аналіз даних показав, що відношення оптимальної частоти обертання колінчастого вала в момент перемикавання на більш високі передачі при розгоні, до номінальної частоті обертання колінчастого вала в середньому дорівнює  $0,45 \pm 0,05$ .

$$\frac{n_{opt}}{n_{ном}} = \frac{2500}{5600} \approx 0,45 \quad (3.1)$$

Перетворивши формулу (3.1) отримаємо вираз для обчислення оптимальної частоти обертання колінчастого вала в момент перемикавання передач при розгоні:

$$n_{opt} = 0,45 n_{ном}, \text{ хв}^{-1} \quad (3.2)$$

Використовуючи формулу (3.1) були обчислені значення оптимальної частоти обертання колінчастого вала  $n_{opt}$  в момент перемикавання передач при розгоні для різних значень  $n_{ном}$ . Результати обчислень наведені в таблиці 3.18.



Таблиця 3.18 - Оптимальні значення частоти обертання колінчастого вала при перемиканні на вищі передачі для різних значень номінальної частоти

$n_{\text{ном}}, \text{XB}^{-1}$	$n_{\text{опт}}, \text{XB}^{-1}$
5500 - 6000	2500 - 2750
5000 - 5500	2250 - 2500
4500 - 5000	2000 - 2250
4000 - 4500	1750 - 2000

При зниженні швидкості в результаті підвищення опору руху (рух на підйом) водій виконує наступні дії з регулювання швидкості в наступній послідовності:

- перемістити педаль акселератора на 70-100% її ходу;
- при зниженні швидкості переходить на нижчі передачі, коли частота обертання колінчастого вала зменшується до значень, що відповідають нижній межі оптимального діапазону частоти обертання колінчастого вала.

Щоб визначити нижню межу оптимального діапазону частот обертання колінчастого вала  $n_{\text{min}}$ , необхідно величину  $n_{\text{опт}}$  помножити на відношення сусідніх передаточних чисел:

$$n_{\text{min}} = \frac{n_{\text{опт}} i_3}{i_4} \quad (3.3)$$

де  $i_3$  - передаточне відношення третьої передачі;

$i_4$  - передаточне відношення четвертої передачі.

Результати обчислень наведені в таблиці 3.19

Таблиця 3.19 Оптимальні значення частоти обертання колінчастого вала для різних значень номінальних частот

$n_{\text{ном}}, \text{XB}^{-1}$	$n_{\text{опт}}, \text{XB}^{-1}$
5500 - 6000	1700 - 1900
5000 - 5500	1500 - 1700
4500 - 5000	1350 - 1500



4000 - 4500	1200 - 1350
-------------	-------------

### 3.3 Рекомендації щодо управління автомобілем при викрестанні оптимальної моделі управління

Аналіз проводився на основі показників отриманих з даних з маршруту: вул. Соборна 70 (Вінницька обласна рада) – вул. Данила Галицького 31 (Вінницький обласний воєнкомат). Загальна протяжність маршруту – 1,9 км.

При проведенні аналізу, керування автомобілем відбувалося відповідно до оптимальної моделі управління, в основі якої лежав розроблений вище економічний алгоритм керування. Оптимальна модель управління автомобілем приведена нижче.

1.Розгін: при переміщенні автомобіля до транспортного потоку, його перетині, обгоні автомобілів, потрібно дотримуватися заданої транспортним потоком швидкості та не перевищувати її більш ніж на 10 км/год.

Також необхідно проводити переміщення автомобіля у транспортний потік при розгоні з оптимальною інтенсивністю.

Дотримуватися швидкості транспортного потоку.

Обганяти тільки ті транспортні засоби, які рухаються повільніше транспортного потоку.

При русі дорогою, яка налічує дві і більше смуги, змінювати смуги тільки для виконання поворотів і випередження транспортних засобів, що рухаються повільніше транспортного потоку.

По можливості рухатися рівномірно зі швидкістю транспортного потоку.

Розгін робити при переміщенні педалі акселератора на 50% її ходу.

Перемикання на вищі передачі, при розгоні до 60 км / год, робити при частоті обертання колінчастого вала 1500 хв<sup>-1</sup>.

2. Рух на підйом.

При в'їзді на підйом, керувати педаллю акселератора так, щоб швидкість руху на підйомі залишалася незмінною.



Якщо швидкість продовжує знижуватися – переключатися на нижчі передачі при частоті обертання колінчастого вала  $1800 \text{ хв.}^{-1}$ .

### 3. Рух з постійною швидкістю.

Рух з постійною швидкістю здійснювати на найвищій передачі, при якій двигун працює стійко, використовувати, в залежності від швидкості

- 1 - при швидкості до  $10 \text{ км / год}$ ;
  - 2 - при швидкості  $10 - 20 \text{ км/ год}$ ;
  - 3 - при швидкості  $20 - 30 \text{ км / год}$ ;
  - 4 - при швидкості  $30 - 40 \text{ км / год}$ ;
  - 5 - при швидкості понад  $40 \text{ км / год}$ ;
- дистанція - не менше  $3 - 4 \text{ с}$ ;

При русі з постійною швидкістю зафіксувати положення педалі акселератора і змінювати тільки при необхідності усунення відхилення швидкості від заданого значення.

### 4. Рух на спуск

Використовувати рух накатом, якщо швидкість руху на спуск змінювалася по відношенню до швидкості на початку спуску в межах  $\pm 5 \text{ км / год}$ .

Використовувати гальмування двигуном, якщо автомобіль починає розганятися.

Застосовувати комбіноване гальмування при неможливості забезпечити рух з вибраною швидкістю при гальмуванні двигуном.

### 5. Сповільнення

Сповільнення виконувати рухом накатом, переходячи до гальмування двигуном і натискання на педаль гальма, в разі необхідності.

Заплановані гальмування виконувати комбінованим способом - натискаючи на педаль гальма і не натискаючи на педаль зчеплення.



### 3.4 Розрахунок економічної ефективності оптимальної моделі управління на комунальному підприємстві «Автобаза Обласної Ради»

У результаті виконання даної магістерської роботи була отримана оптимальна модель управління автомобілем. Тепер слід перевірити доцільність використання цієї моделі на підприємстві «Автобаза Обласної Ради».

Попередні розрахункові роботи велися по даним автомобіля Skoda Octavia (рис.3.5) з об'ємом двигуна 2000 см<sup>3</sup>. На балансі підприємства таких автомобілів є сім. Їх техніко-економічна характеристика наведена в таблиці 3.20



Рисунок 3.5 – автомобіль Skoda Octavia з об'ємом двигуна 2000 см<sup>3</sup>

Таблиця 3.20 – Техніко-економічна характеристика автомобіля Skoda Octavia

Показник	Значення
Об'єм двигуна	1984 см <sup>3</sup>
Потужність	116 к.с.
Розгін до 100 км/год	11,6 с
Витрата палива на 100 км (міський цикл)	11,7
Витрата палива на 100 км (заміський цикл)	7,0
Витрата палива на 100 км (заміський цикл)	8,8



Середньодобовий пробіг одного автомобіля Skoda Octavia, дані якого були використані у даній роботі, складає 11,4 км в день. Середньодобовий пробіг інших шести автомобілів складає 5,3 км. Звідси слідує, що автомобілі Skoda Octavia, які є на балансі підприємства за день в середньому проїжджають 8,53 км.

Економічний ефект  $E_B$  від зменшення витрат на паливо легкових автомобілів визначається за формулою:

$$E_B = C_{існ}^p - C_{запр}^p, \quad (3.4)$$

де  $C_{існ}^p$ ,  $C_{запр}^p$  – річні витрати на паливо автомобілів.

Річні витрати на паливо визначаються із виразів:

$$C_{існ}^p = \frac{q_{поч} L K_p B_n}{100} \quad (3.5)$$

$$C_{запр}^p = \frac{q_{запр} L K_p B_n}{100} \quad (3.6)$$

де  $q_{поч}$  – початкова середня витрата палива автомобіля л/100км;

$L$  – загальна протяжність існуючих маршрутів, км;

$K_p$  – кількість робочих днів в році;

$B_n$  – вартість палива, грн/л.

Середня вартість палива наведена в таблиці 3.21.

Таблиця 3.21 - Вартість бензину в Україні на різних АЗС

№ з/п	АЗС	Вартість бензину, $B_n$ , грн/л
1	Укрнафта	23,00
2	БРСМ-Нафта	23,29
3	ОККО	27,99



Продовження таблиці 3.21

1	2	3
4	Shell	26,21
5	WOG	27,99
6	Sun oil	26,55
Середнє значення: 25,83		

Обчислимо річні витрати на паливо, при умові, що із використанням оптимальної моделі управління автомобілем, витрата палива зменшилася на 20%:

$$C^p_{існ} = \frac{11,7 \cdot 8,53 \cdot 251 \cdot 25,83}{100} = 6470,4 \text{ грн}$$

$$C^p_{зап} = \frac{9,36 \cdot 8,53 \cdot 251 \cdot 25,83}{100} = 5176,3 \text{ грн}$$

Економічний ефект  $E_B$  від зменшення витрат на паливо легкових автомобілів розраховуємо за формулою 3.4:

$$E_B = 6470,4 - 5176,3 = 1294,1$$

З отриманого значення бачимо, що при впровадженні на комунальному підприємстві «Автобаза обласної ради» оптимальної моделі управління, яке призводить до скорочення витрати на паливо на 20%, змінюється і витрата на паливо. Економічний ефект досягається за рахунок зменшення витрати на паливо для автомобілів Skoda Octavia, та складає 1294,1 грн.



### 3.5 Висновки до розділу 3

1. У результаті проведення аналітичних розрахунків визначено економічний алгоритм регулювання швидкості управління легкового автомобіля з двигуном потужністю до 100 квт.

2. Оптимальна частота обертання колінчастого вала в момент перемикання передач при розгоні з місця до 60 км / год, дорівнює - 1500 хв-1.

3. Мінімально стійка швидкість дорівнює:

- 1 - передача - 5 км / год
- 2 - передача - 10 км / год
- 3 - передача - 20 км / год
- 4 - передача - 30 км / год
- 5 - передача - 40 км / год

4. Підтверджено що застосування накату забезпечує мінімальну витрату палива при уповільненні.

5. Розроблено методику визначення економічного алгоритму керування легковим автомобілем.

6. У процесі розрахунків підтверджена ефективність застосування економічного алгоритму керування автомобілем. Застосування розробленого економічного алгоритму управління дозволило знизити експлуатаційні витрата палива при використанні автомобіля з двигуном 2000см<sup>3</sup> на 1294,1 грн.



## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Для суб'єктів господарювання, котрі організують або здійснюють роботи на автомобільному транспорті, наказом Міністерства надзвичайними ситуацій України від 09.07.2012 № 964 затверджено Правила охорони праці на автомобільному транспорті, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 01.08.2012 за № 1299/21611, яким присвоєно кодування НПАОП 0.00-1.62-12.

Тема магістерської роботи «Підвищення ефективності експлуатації автомобілів обласного комунального підприємства «Автобаза обласної ради» застосуванням оптимальної моделі керування ними », вимагає визначення шкідливих і небезпечних факторів при експлуатації транспортних засобів. На особу, що досліджує автобазу можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори, у відповідності з прийнятою класифікацією за ГОСТ 12.0003.-74 [58]: наїзди проїжджаючих транспортних засобів; наїзди при зчепленні або розчепленні автомобілів з причепом (напівпричепом), запуску двигуна, самовільному русі транспортних засобів; термічні фактори (пожежі, вибухи при подачі палива в карбюратор двигуна самопливом, перевірці наявності палива в баці з використанням відкритого полум'я, витіканні газу із газобалонної установки; опіки паром, водою із радіатора); злочинні дії пасажирів та інших осіб; падіння піднятого кузова автомобіля-самоскида, перекидної кабіни вантажного автомобіля, вивішених на домкраті частин автомобілів; підвищені рівні шуму і вібрації; напруженість праці через психоемоціональні умови праці; підвищена температура і швидкість руху повітря в теплий період року; наявність у повітрі робочої зони шкідливих речовин (вуглецю і азоту оксидів, акролеїну, вуглеводнів аліфатичних граничних, формальдегіду, метилмеркаптанів).

Оцінивши шкідливі і небезпечні фактори, розроблені технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.



#### 4.1. Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

Роботодавець зобов'язаний створити на кожному робочому місці в кожному структурному підрозділі відповідні умови праці та забезпечити додержання вимог щодо прав працівників у сфері охорони праці. З цією метою роботодавець забезпечує розробку і функціонування системи управління охороною праці (СУОП). Для організації виконання усіх комплексних заходів з охорони праці щодо запобігання нещасним випадкам, профзахворюванням та аваріям роботодавець створює службу охорони праці.

Усі працівники повинні бути поінформовані роботодавцем під підпис про: умови праці на підприємстві; наявність на робочому місці, де вони будуть працювати, небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які ще не усунуто; можливі наслідки впливу шкідливих і небезпечних факторів на здоров'я; права працівників на пільги і компенсації за роботу в таких умовах відповідно до чинного законодавства та колективного договору.

Інші обов'язкові вимоги, які слід виконувати роботодавцю для забезпечення відповідних умов безпеки праці працівників: проводити перед рейсовий медогляд водіїв транспортних засобів відповідно до вимог законодавства; забезпечити працівників спецодягом, спецвзуттям та іншими ЗІЗ. забезпечити працівників, зайнятих на роботах з важкими та шкідливими умовами праці, безплатним лікувально-профілактичним харчуванням, молоком або рівноцінними харчовими продуктами; розробити та затвердити Перелік робіт з підвищеною небезпекою.

До початку роботи кожен працівник повинен переконатись у безпечному стані свого робочого місця, перевірити справність запобіжних пристроїв, інструментів, механізмів, необхідних для виконання роботи; у випадку виявлення порушень безпечного стану робочого місця, які працівник сам не може ліквідувати, не починаючи роботи, він повинен повідомити про них посадовій особі, в обов'язки якої покладено здійснення контролю за безпечним виконанням робіт; знати і виконувати вимоги НПАОП 0.00-1.62-12, інструкцій з охорони праці, відповідні



правила поведження з транспортними засобами, машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту, додержуватися зобов'язань щодо охорони праці, передбачених колективним договором (угодою) та правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства.[59]

## 4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 4.2.1. Мікроклімат

Робота розробника за енерговитратами відноситься до категорії 1а [58].

Допустимі параметри мікроклімату для категорії 1а наведені в табл.4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Допустимі		
	t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	22-28	55	0,1-0,2
Холодний	21-25	75	0,1

Для підтримки оптимального рівня мікроклімату в приміщенні передбачено систему кондиціонування повітря з індивідуальним регулюванням температури, систему центрального опалення та систематичне вологе прибирання приміщення.

### 4.2.2. Склад повітря робочої зони

В приміщенні, де здійснюється розробка методів підвищення ефективності, можливими шкідливими речовинами у повітрі є фенол, пил, озон та вуглекислий газ. Джерелами цих речовин є офісна техніка. Пил потрапляє у приміщення ззовні. ГДК шкідливих речовин, згідно ДСН 3.3.6.042-99 [65] які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 4.2.



Таблиця 4.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Фенол	0,01	0,01	3
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	4
Вуглекислий газ	3	1	4

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.4.3).

Таблиця 4.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см <sup>3</sup>	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Забезпечення складу повітря робочої зони здійснюється за допомогою системи кондиціонування, регулярного провітрювання, та вологого прибирання.

#### 4.2.3. Виробниче освітлення

Приміщення, в яких встановлені персональні комп'ютери, повинні мати природне та штучне освітлення відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 [61].

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні (згідно ДБН В.2.5-28-2006 [61]) зазначені у таблиці 4.4:



Таблиця 4.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнювання	Розряд зорової роботи	Підряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, $e_n$ , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє	Бокове	Верхнє або верхнє	Бокове
Дуже високої точності	Від 0,15 до 0,3	II	г	великий	світлий	1000	300	7	2,5	4,2	1,5

Штучне освітлення в приміщенні здійснюється системою загального рівномірного освітлення. У разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення додатково встановлюються світильники місцевого освітлення). Зазначення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500лк. Якщо ці значення освітленості неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати відблисків на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300лк. Як джерела світла в разі штучного освітлення мають застосовуватись переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ.

Для забезпечення достатнього освітлення слід максимально використовувати бічне природного освітлення, систематично очищувати скло від бруду та систематично замінювати перегорілі лампи.



#### 4.2.4 Виробничий шум

Джерелами шуму під час розробки методів підвищення пропускнуої здатності телекомунікаційних систем передавання є працююча техніка та транспорт, який рухається ззовні приміщення.

У табл. 4.5 вказані граничні рівні звуку залежно від категорії тяжкості і напруженості праці, що є безпечними відносно збереження здоров'я і працездатності згідно ДСН 3.3.6.037-99 [63].

Таблиця 4.5 – Граничні рівні звуку, дБ, на робочих місцях.

Категорія напруженості праці	Категорія важкості праці			
	I. Легка	II. Середня	III. Важка	IV. Дуже важка
I. Мало напружений	80	80	75	75
II. Помірно напружений	70	70	65	65
III. Напружений	60	60	-	-
IV. Дуже напружений	50	50	-	-

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі та стін;
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори;
- встановити металопластикові вікна, які мають достатню звукоізоляцію.

#### 4.2.5. Виробничі випромінювання

Електромагнітні поля навколо комп'ютера негативно впливають на людину. Електромагнітні випромінювання комп'ютера, які виходять за граничні норми, мають складну форму розподілу і в ряді випадків можуть призвести до небезпеки опромінення сусідів по робочому приміщенні аніж користувача цього ПК.

Окрім цього, якщо в приміщенні експлуатується не один, а більше



комп'ютерів, то потрібно враховувати, що на користувача одного комп'ютера можуть діяти випромінювання від інших комп'ютерів (бічних і задньої стінки комп'ютера).

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітору під час виконання роботи комп'ютера представлені в табл.4.6

Таблиця 4.6 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	10 В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	0,3 А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	для дорослих користувачів 20кВ/м для дітей 15кВ/м

Для зменшення впливу на працівника електромагнітного випромінювання потрібно дотримуватись раціонального режиму праці відпочинку.

### 4.3. Пожежна безпека

Основними причинами загорянь на автотранспорті є:

— порушення герметизації комунікацій і загоряння пального та електромережі при контактуванні з поверхнями, що мають високі робочі температури (вихлопні колектори, глушники, опалювачі);

— займання палива в результаті потрапляння іскри, що виникла при ударі сталених деталей, при пошкодженні кузова автомобіля в момент аварії;

— займання палива від потрапляння іскри розряду статичної електрики;

— займання горючих конструктивних матеріалів і палива через несправності електрообладнання (коротке замикання, порушені контакти тощо);



— займання горючих конструктивних матеріалів і палива від дії відкритого вогню (зварювальні роботи, розігрів вузлів автомобіля в зимовий період, куріння тощо);

— причиною виникнення пожежі можуть бути несправності в системах автомобілів, особливо в таких як система живлення і запалювання. Тому водії повинні уважно стежити, щоб паливні баки не підтікали, й в автомобілях, що стоять в гаражах, вони були повністю заправлені.

Слід пам'ятати, що заповнений паливний бак менш вибухонебезпечний, ніж той, в якому частина ємності заповнена сумішшю парів бензину й повітря. Горловини баків необхідно щільно закривати.

Електрообладнання автомобілів потрібно утримувати в технічно справному стані. Іскріння контактів, яке може призвести до загоряння, треба негайно усувати. Особливу увагу слід приділяти стану ізоляції електропроводів, справності приладів запалювання, освітлення й сигналізації.

Приміщення, де здійснювалося дослідження знаходиться на першому поверсі цегляної будівлі. Фундамент: бетонні блоки, перекриття: бетонні плити. Стіни зовнішні: керамічні блоки, оштукатурені з внутрішньої сторони будівлі. Двері: вхідні дерев'яні, внутрішні дерев'яні. Вікна: металопластикові з подвійним склопакетом. Підлога: керамічні плити.

В приміщенні використовуються тільки негорючі речовини та матеріали у холодному стані, тому за ступенем вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення відноситься до категорії «Д» згідно НАПБ Б.03.002-2007 [67]. За вогнестійкістю приміщення відноситься до третьої категорії згідно з ДБН В.1.1.7-2002 [68].



### 4.3.1. Технічні рішення системи запобігання пожежі

Для запобігання виникнення пожежі здійснюються такі заходи:

- 1) Організаційні заходи (проведення навчань з питань пожежної безпеки, проведення перевірок, оглядів стану пожежної безпеки будівлі).
- 2) Технічні заходи (суворе дотримання правил і норм при технічному переобладнанні електромережі, опалення, вентиляції, освітлення).
- 3) Заходи режимного характеру (заборона паління та застосування відкритого вогню у приміщеннях).
- 4) Експлуатаційні заходи (своєчасне проведення профілактичних оглядів, випробувань, ремонтів обчислювальної техніки та допоміжного устаткування).

### 4.3.2. Технічні рішення системи протипожежного захисту

Під час огляду й усунення несправностей у двигунах, коробках передач та інших агрегатах, замірюванні рівня масла і палива в баках не можна користуватися сірниками або іншими джерелами відкритого вогню. Для цього є переносні електричні лампи, захищені металевою сіткою. Акумуляторні батареї треба знімати з автомобілів дуже обережно, щоб у момент від'єднання проводів не виникло іскріння. Всі струмопровідні з'єднання слід захищати від випадкового потрапляння на них металевих предметів та інших струмопровідних матеріалів.

Біля місць встановлення автомобілів водії та інші працівники гаража не повинні мити руки в бензині або гасі, прати в них одяг, протирати ними кузови або чистити деталі, механізми та агрегати. Розлиті масло, бензин, гас та інші легкозаймисті пожежо небезпечні рідини необхідно засипати піском, збирати й виносити в безпечне місце за межі гаража.

Забороняється залишати в приміщеннях, на двигунах, у кабінах та інших місцях промаслені ганчірки. Адже вони можуть легко спалахнути й спричинити пожежу. Їх необхідно складати в металеві ящики з кришками, які щільно закриваються, і після закінчення роботи виносити в безпечне місце.



На закритих і відкритих стоянках автомобілів забороняється зберігати легкозаймисті й горючі рідини, зливати й переливати пальне, тримати в кузовах автомобілів або в приміщеннях вогненебезпечні вантажі, речовини й матеріали, захащувати проїзд, ворота й проходи.

У гаражах та у господарствах повинні бути заздалегідь розроблені плани безпечної й швидкої евакуації автомобілів на випадок виникнення пожежі або аварії. Ці плани кожні 6 місяців потрібно вивчати з бригадами робітників і водіями. Поряд з цим у кожному гаражі повинні бути відповідальні чергові, які забезпечують охорону, а в разі необхідності й евакуацію автомобілів. [70]





## ВИСНОВКИ

Підвищення якості управління автомобілем є резервом підвищення екологічності, безпеки та ефективності автомобільного транспорту. Провідні країни з розвинутою автомобільною культурою і фірми виробники автомобілів реалізують програми навчання з економічного водіння автомобілем.

Розроблено теоретичні основи економічного управління автомобілем, що включають методи регулювання швидкості при розгоні, сталому русі та сповільненні. Обґрунтовано та запропоновано рекомендації щодо визначення оптимальної частоти обертання колінчастого вала в момент перемикавання передач, при розгоні і щодо вибору оптимальної передачі при русі з постійною швидкістю. Запропоновано методика визначення максимальної швидкості на ділянках вільного руху, перевищення якої призводить до зниження ефективності витрачання палива. Розроблена методика визначення економічного алгоритму регулювання швидкості автомобіля, яка дозволяє визначити оптимальні частоти обертання колінчастого вала в момент перемикавання передач при розгоні до 60 км / год .

Визначено мінімально стійку швидкість при перемиканні передач:

1- передача - 5 км / год; 2 - передача - 10 км / год; 3 - передача -20 км / год; 4 - передача - 30 км / год; 5 - передача - 40 км / год.

Визначено, що найменша витрата палива при розгоні досягається при частоті обертання колінчастого вала в момент перемикавання передач 1500-2500хв<sup>1</sup>. Розроблена модель оптимального управління автомобілем, що включає модель поведінки водія в дорожньому русі і алгоритм економічного регулювання швидкості автомобіля. Цей алгоритм дозволяє:

- знизити до 20% витрати палива;
- знизити витрату палива транспортного засобу;

Підтверджена ефективність застосування економічного алгоритму керування автомобілем. Застосування розробленого економічного алгоритму управління дозволило знизити експлуатаційні витрати палива при використанні автомобіля з двигуном 2000см<sup>3</sup> на 1294,1 грн.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Плахотнюк Б.Ю. Аналіз шляхів підвищення ефективності експлуатації автомобіля // Плахотнюк Б.Ю. Галушак Д.О./ Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи: Матеріали всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців. –ВНТУ, 2020. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021/author/submission/11049>.
2. Азаров В.К., Кутеном В.Ф. Роль колісних транспортних засобів в глобальному забрудненні атмосфери викидами парникових газів - CO<sub>2</sub>. Журнал асоціації автомобільних інженерів. - 2012. - №2.- С. 8-11.
3. Азаров В.К. Нові норми на чорний вуглець в сажі і його вплив з парниковими газами CO<sub>2</sub> на потепління клімату планети. Журнал асоціації автомобільних інженерів. - 2012. - №4.- С. 54-57.
4. Сосновик В.О., Холодова О.О. Дослідження впливу організації дорожнього руху на забруднення навколишнього середовища. - 2011. - 56 с.
5. Кузима В.А. Екологічна безпека. Конспект лекцій - 54 с.
6. Асмус Т.У., Боргнаке С.К. та ін. Паливна економічність автомобілів з бензиновими двигунами / пер з англ. А.М. Васильєва. - М.: Машинобудування, 1988. - 504 с.
7. Громаковський А.А. Хитрі способи зекономити паливо - 2013. - 21с.
8. Бердін В., Васильєв С., Данільян В., та ін. Кіотський протокол - питання і відповіді - 2003.- 49 с.
9. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобіля. - М.: Транспорт, 2006. -87с.
10. Голубєв І.Р., Новіков Ю.В., Навколишнє середовище та транспорт. - М.: Транспорт, 1987.- 207 с.
11. Гусаров А.П. Споживання палива та викиди CO<sub>2</sub> автомобілями / А.П. Гусаров // Журнал автомобільних інженерів. - 2009. - №5. - С. 48-53.



12. Гусаров А.П. Автомобіль і навколишнє середовище. В кн .: 66-та міжнародна науково-технічна конференція. Дмитров 2009: НІЦІАМТ ФГУП НАМИ 2009.
13. Рух до нуля DRIVE. // Офіційний сайт Вольво. - [Електронний ресурс] / URL:<http://www.volvocars.com/ru/campaigns/misc/drive-campaign/pages/drive-campaign.aspx> (Дата звернення 07.11.2020)
14. А. Зуєв. Нафта і природа. Конфлікт або гармонія? // Центральне диспетчерське управління паливо - енергетичного комплексу. - [Електронний ресурс] / URL: <http://www.cdu.ru/catalog/mintop/infograf/5/> (Дата звернення 11.10.2020)
15. Ежевскій В. Вчися економічно водити автомобіль: - М .: Транспорт, 1990. - 72 с.
16. Іванов В.М., Ерохов В.І. Економія палива на автомобільному транспорті. - М .: Транспорт, 1984.- 304 с.
17. Карбановіч І.І. Економія автомобільного палива: Досвід і проблеми. - М .: Транспорт, 1992. - 145 с.
18. Крутак Р. - Загальноєвропейська програма транспорт, здоров'я, навколишнє середовище. В кн .: Підтримка розвитку міського транспорту - завдання і можливості. Москва, 2012. [Електронний ресурс] / URL: [http://www.unece.org/fileadmin/DAM/thepep/en/workplan/urban/documents/Moscow/Mr\\_Krutak\\_rus..pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/thepep/en/workplan/urban/documents/Moscow/Mr_Krutak_rus..pdf). (Дата звернення 11.10.2020)
20. Луканин В.Н., Буслаєв А.П. Автотранспортні потоки і навколишнє середовище: навч. Посібник для вузів / під. ред, В.М. Луканіна - М .: ІНФРО - М, 1998. - 408 с.
- 21.Мацкерле Ю. Сучасний економічний автомобіль / пер. з чеського В.Б. Іванова. - М .: Машинобудування, 1987. - 320 с
- 22.Майборода О. В., Невський Н.В. Зниження експлуатаційної витрати палива шляхом оптимізації процесу керування автомобілем / О. В. Майборода // Автомобільна промисловість.- 1984. № 3 С. 12-14



23. Майборода О.В. Основи керування автомобілем та безпека руху: підручник водія автотранспортних засобів категорій «С», «D», «E» / О.В. Майборода - 4-е вид. - М.: Академія, 2008. - 256 с.
24. Майборода О.В. Мистецтво управління автомобілем. Як запобігати позаштатні ситуації: навчальний посібник водія автотранспортних засобів категорії «B» / О.В. Майборода - М.: Маашей, 2009. - 106 с.
25. Міністерство інфраструктури України – Види норм витрат палива та мастильних матеріалів - 2015. - 20 стор.
26. Nissan Green Program // Офіційний сайт компанії Nissan, присвячений проблемам екології. [Електронний ресурс] / URL: [http://www.nissan-global.com/EN/ENVIRONMENT/GREENPROGRAM\\_2010/..](http://www.nissan-global.com/EN/ENVIRONMENT/GREENPROGRAM_2010/) (Дата звернення 12.10.2020)
27. Кіотський протокол в Україні // Інститут економічних досліджень [Електронний ресурс]/URL:[http://www.ier.com.ua/ua/publications/policy\\_briefing\\_series?pid=1923](http://www.ier.com.ua/ua/publications/policy_briefing_series?pid=1923). (Дата звернення 11.11.2020)
28. Рябчинский А.І., Трофименко Ю.В., Шелнаков С.В. Екологічна безпека автомобіля; під. ред. член-кор. Луканіна В.Н. - М.: МАДІ, 2000. - 95 с.
29. Концепція безпечного руху від Honda // Сайт офіційного дилера Honda в Україні [Електронний ресурс] / URL: <https://honda.ua/bezpeka-rukhu/#servis-el-1083>. (Дата звернення 11.11.2020)
30. Поради економічного водіння. / [Електронний ресурс] / URL: <https://www.shell.ua/автомобілістам/поради>. (Дата звернення 01.11.2020)
31. Волков В.П. Теорія руху автомобіля. - 2010. - 169 с.
32. Екодрайв. Енергія чистого руху // Офіційний сайт компанії Volkswagen. [Електронний ресурс] / URL: <http://www.blue-motion.eu/main>. (Дата звернення 17.11.2020)
33. Екологічне водіння від Тойота. // Офіційний сайт фірми Тойота. [Електронний ресурс] / URL:[http://www.toyota.kz/about/environment/eco\\_drive.tmex](http://www.toyota.kz/about/environment/eco_drive.tmex). (Дата звернення 17.11.2020)



34. Екодрайв // Екологічне керування транспортними засобами.[Електронний ресурс] / URL: <http://driveco.wordpress.com/>. (Дата звернення 17.11.2020)
35. Екологічний маркетинг // Тойота запускає курси економічного водіння для водіїв Європи. [Електронний ресурс] / URL: <http://pugalostudio.ru/toyota-zapuskayet-kursy-ekologichnogo-vozhdeniya-dlya-voditelej-evropy/> (Дата звернення 05.11.2020)
36. Honda Develops Ecological Drive Assist System for Enhanced Real World. Fuel Economy. 2008. [Електронний ресурс] / URL:<http://world.honda.com/news/2008/4081120Ecological-Drive-Assist-System/>. (Дата звернення: 18.10.2020)
37. James SC Climate and Transportation Solutions: Institute of Transportation Studies University of California, Davis. Technologies and Policies for Improving Truck Fuel Efficiency & Reducing CO<sub>2</sub> Anthony Greszler. [Електронний ресурс] / URL:<http://escholarship.org/uc/item/8wm1z34p#page-5>. (Дата звернення: 18.10.2020)
38. Jessica Harris, Andrew McCartor. The Top Ten of the Toxic Twenty. The World's Worst Toxic Pollution Problems Report 2011. [Електронний ресурс] / URL:<http://www.worstpolluted.org/files/FileUpload/files/2011/Worlds-Worst-Toxic-Pollution-Problems-2011-Report.pdf>. (Дата звернення: 25.10.2020)
39. Jonathan Levy, Harvard School of Public Health. Based on information provided by the Environmental Protection Agency. 2007 Pearson Education. [Електронний ресурс] / URL:<http://www.factmonster.com/ipka/A0004695.html>. (Дата звернення: 25.10.2020)
40. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
41. НАКАЗ 09.07.2012 № 964 Про затвердження Правил охорони праці на автомобільному транспорті. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1299-12#Text>.
42. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>. (Дата звернення: 29.11.2020)



43. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
44. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=79885](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885)
45. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>. (Дата звернення: 29.11.2020)
46. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: [http://sop.zp.ua/norm\\_npaop\\_0\\_00-7\\_15-18\\_01\\_ua.php](http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php). (Дата звернення: 29.11.2020)
47. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI
48. НАКАЗ 21.01.2015 № 11 Про затвердження Правил пожежної безпеки для підприємств і організацій автомобільного транспорту України Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0279-15#Text>. (Дата звернення: 29.11.2020)





ДОДАТОК



## ДОДАТОК А

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

ЗАТВЕРДЖУЮ  
 Завідувач кафедри АТМ  
 д.т.н., проф. В.В. Біліченко

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи  
 на тему: «Підвищення ефективності експлуатації автомобілів обласного  
 комунального підприємства «Автобаза Обласної Ради»  
 застосуванням оптимальної моделі керування ним» м. Вінниця  
08-29.МКР.101.00.000.ТЗ

Науковий керівник: к.т.н., доцент кафедри АТМ  
 наук. ступінь, вчене звання (посада)

\_\_\_\_\_ Галушак Д.О.  
 (підпис) (прізвище, ініціали)

Студент групи \_\_\_\_\_ 1АТ-19м  
 назва групи

\_\_\_\_\_ Плахотнюк Б.Ю.  
 (підпис) (прізвище, ініціали)

Вінниця 2020 р.



## **1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)**

наказ № 214 по ВНТУ від «25» вересня 2020 р. про затвердження теми МКР.

## **2. Мета і призначення магістерської кваліфікаційної роботи**

Магістерська кваліфікаційна роботи призначена для вирішення питань покращення ефективності руху на автомобільному транспорті.

**Мета роботи:** розробка оптимальної моделі управління автомобілем для підвищення ефективності їх експлуатації.

**Для виконання МКР необхідно розв'язати такі задачі:**

- Аналіз шляхів підвищення ефективності експлуатації автомобіля та загальна характеристика комунального підприємства «Автобаза Обласної Ради».
- Розробка методики економічного алгоритму управління автомобілем.
- Розробка оптимальної моделі управління автомобілем та розрахунок економічного ефекту від її впровадження на підприємстві.
- Розробка заходів щодо забезпечення необхідного рівня охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях при виконанні наукових досліджень.

## **3. Вихідні дані для написання магістерської кваліфікаційної роботи**

Вимоги до конструкції та експлуатації автотранспортних засобів (діючі міжнародні, державні, галузеві стандарти та технічні умови заводів-виробників автомобільної техніки); законодавство України в галузі безпеки руху, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях; структура автопарку України; район експлуатації автомобілів – Україна; досліджувані моделі АТЗ – автомобілі комунальної підприємства «Автобаза Обласної Ради»; об'єкт дослідження – оптимальна модель управління легковим автомобілем.; похибка прогнозування досліджуваних показників не більше – 10%.



#### 4. Виконавець МКР – Плахотнюк Б.Ю., ст. гр. 1АТ-19м.

#### 5. Вимоги до виконання МКР

В процесі виконання магістерської кваліфікаційної роботи потрібно – проаналізувати шляхи підвищення експлуатації автомобіля, розробити методи економічного управління автомобілем, створити оптимальну модель управління автомобілем та розробити заходи щодо забезпечення необхідного рівня охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях при виконанні наукових досліджень.

#### 6. Етапи МКР і терміни їх виконання

Етапи МКР	Зміст етапу	Термін виконання	Очікувані результати
Вибір напрямку дослідження	<ul style="list-style-type: none"> <li>Добір, вивчення та узагальнення наукової та статистичної інформації</li> <li>Розгляд можливих напрямів досліджень та їх оцінювання</li> <li>Вибір напрямку дослідження</li> <li>Обґрунтування прийнятого напрямку дослідження</li> <li>Розроблення, погодження і затвердження ТЗ на МКР</li> </ul>	29.09-04.10.2020	розгорнутий план МКР
Основна частина роботи	<ul style="list-style-type: none"> <li>Аналіз шляхів підвищення ефективності експлуатації автомобіля та загальна характеристика комунального підприємства «Автобаза Обласної Ради».</li> </ul>	08.10-14.10.2020	Розділ 1
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Розробка методики економічного алгоритму управління автомобілем.</li> </ul>	15.10-28.10.2020	Розділ 2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Розробка оптимальної моделі управління автомобілем та розрахунок економічного ефекту від її впровадження на підприємстві</li> </ul>	29.10-12.11.2020	Розділ 3
	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	13.11-15.11.2020	Розділ 4
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Складання висновків за результатами досліджень</li> </ul>	16.11-22.11.2020	Висновки МКР
Узагальнення результатів досліджень, підготовка до захисту роботи	<ul style="list-style-type: none"> <li>Узагальнення результатів теоретичних та аналітичних досліджень та написання доповіді на захист МКР</li> <li>Оформлення ілюстративного матеріалу, реферату, підготовка презентації МКР в редакторі Microsoft Office PowerPoint.</li> <li>Одержання відзиву наукового керівника та рецензії</li> </ul>	23.11-08.12.2020	Ілюстративний матеріал, презентація



## **7. Очікувані результати**

На основі одержаних наукових результатів отримати рекомендації щодо використання оптимальної моделі управління автомобілем на комунальному підприємстві «Автобаза Обласної Ради».

## **8. Матеріали, які подають після завершення написання МКР та її етапів**

Переплетена пояснювальна записка магістерської кваліфікаційної роботи; графічний матеріал; відгук керівника; рецензія зовнішнього рецензента.

## **9. Порядок приймання МКР та її етапів**

Результати магістерської кваліфікаційної роботи розглядаються на процентовках керівником роботи та завідувачем кафедри відповідно до етапів роботи та термінів їх виконання; проводиться попередній захист роботи та офіційний захист магістерської кваліфікаційної роботи.

Дата початку роботи – 28 вересня 2020 р.

Граничний термін закінчення робіт – 26 листопада 2020 р.