

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

**Пояснювальна записка**  
до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему «**Покращення паливної економічності вантажних автомобілів автотранспортного підрозділу військової частини А2287 місто Вінниця за рахунок коректування параметрів повітря на вході в двигун**»



Виконав: студент 2 курсу,  
групи 1АТ-18м  
спеціальності  
274 – «Автомобільний транспорт»  
**Канащук М.В.**

Керівник: канд. екон. наук, ст. викл.  
Огневий В.О.

Рецензент: канд. техн. наук, доцент  
Дусанюк Ж.П.

Вінниця – 2019 року



## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
<b>РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ АВТОМОБІЛІВ.....</b>	<b>8</b>
1.1 Механізм формування паливної економичності автомобілів.....	8
1.2 Вплив температури, тиску, густини і вологості навколишнього повітря на витрату палива.....	12
1.3 Доцільність застосування систем коригування параметрів повітря.....	16
1.4 Аналіз систем підготовки повітря у впускному колекторі двигуна під час запуску та експлуатації автомобіля.....	20
1.5 Аналіз маркетингового середовища транспортного підрозділу військової частини А2287.....	22
1.6 Аналіз стану існуючої виробничо-технічної бази.....	29
1.7 Висновки до розділу 1.....	37
<b>РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ВИТРАТУ ПАЛИВА АВТОМОБІЛЯМИ.....</b>	<b>38</b>
2.1 Загальна методика досліджень.....	38
2.2 Оцінка впливу параметрів навколишнього середовища на витрату палива автомобіля.....	39
2.3 Оцінка параметрів робочої суміші в кінці.....	44



впуску.....	
2.4 Оцінка впливу параметрів повітря у впускному колекторі двигуна на витрату палива автомобіля.....	47
2.5 Оцінка граничної потужності електронагрівального елемента.....	50
2.6 Висновки до розділу 2.....	52
<b>РОЗДІЛ 3 ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ.....</b>	<b>54</b>
3.1 Методика експериментальних досліджень.....	54
3.2 Результати експериментальних досліджень по витраті палива.....	59
3.3 Перевірка адекватності математичної моделі витрати палива, яка враховує параметри повітря, що використовується двигуном автомобіля в процесі експлуатації.....	63
3.4 Випробування вантажних автомобілів, оснащених системою коригування параметрів повітря на вході в двигун.....	69
3.4.1 Пропонована конструкція електронагрівального елемента.....	69
3.4.2 Визначення потужності електронагрівального елемента.....	73
3.4.3 Підтвердження ефективності роботи запропонованих технічних рішень.....	80
3.5 Висновки до розділу 3.....	86



РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....		88
4.1	Аналіз умов праці.....	88
4.2	Виробнича санітарія.....	88
4.3	Техніка безпеки.....	95
4.4	Пожежна безпека.....	97
4.5	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	99
4.6	Розрахунок характеристик пункту спеціальної обробки.....	101
4.7	Способи дезактивації техніки і транспорту.....	102
4.8	Висновки до розділу 4.....	104
РОЗДІЛ 5 ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ КОРИГУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ НА ВХОДІ В ДВИГУН.....		105
5.1	Економічна оцінка ефективності застосування системи коригування параметрів повітря на вході в двигун.....	105
5.2	Висновки до розділу 5.....	109
ВИСНОВКИ.....		111
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		113



## ВСТУП

**Актуальність теми.** В сучасних економічних умовах проблема підвищення ефективності експлуатації автомобільного транспорту відноситься до числа особливо значимих, що підтверджується прийнятої Урядом України стратегією розвитку транспорту на період до 2020 року.

Незважаючи на високу собівартість автомобільного транспорту до 90% продукції перевозиться саме з його допомогою. Підвищити ефективність експлуатації автомобільного транспорту можна в результаті зменшення витрат на паливно-мастильні матеріали, які можуть досягати 25 ... 30% в структурі собівартості транспортних послуг і мають тенденцію до подальшого збільшення. З урахуванням постійного зростання цін на енергоносії стає очевидним пріоритетний вплив енергетичних ресурсів на собівартість транспортних послуг.

Умови експлуатації автомобілів, які складаються з різних факторів зовнішнього середовища, роблять значний вплив на витрату палива.

Проведений аналіз найбільш відомих науково-дослідних робіт в області підвищення паливної економічності автотранспортних засобів дозволив зробити висновок про те, що в даний час склалися певні теоретична, методологічна та експериментальна бази. Визначено, що основною вимогою, що пред'являється при експлуатації автомобілів, є підвищення ефективності не тільки за рахунок підвищення результативності перевезень, зниження трудових і матеріальних витрат, але і за рахунок економії паливно-енергетичних ресурсів. До методів ресурсозбереження слід віднести всі заходи, що дозволяють зменшити витрату палива автомобілями при їх експлуатації. У технічній літературі широко висвітлені окремі випадки впливу факторів зовнішнього середовища на витрату палива автомобілів, наприклад, вплив низьких температур повітря. Однак в них не повною мірою відображені питання паливної економічності автомобілів з урахуванням спільного впливу температури, тиску, густини і вологості повітря, відсутня концепція



формування витрат палива з урахуванням підігріву і підтримки сталої оптимальної температури повітря у впускному колекторі. Актуальність і недостатність розробленості цих проблем стали підставою для проведення цього дослідження.

Дослідження, присвячені паливній економічності автомобілів, в різний час проводилися в МАДІ, НИИАТі, Державтотрансді проекти і інших організаціях і установах нашої країни і за кордоном. Даному питанню присвячені роботи Н.Б. Островського, М.Л. Минкіна, Н.В. Семенова, Г.С. Лосавіо, А.Н. Островцева, Д.П. Великанова, Е.А. Чудакова, З.І. Лейбзона, І.Ж. Шартуні, А.М. Шейніна, Г.В. Крамаренко, М.І. Лур'є, А.М. Бородича, Н.Я. Говорущенко, Л.Г. Резника, В.І. Ерохова, Н.А. Кузьміна, В.Н. Карнаухова, Л.І. Віленського, Д.А. Захарова, Н.І. Верьовкіна, В.Н. Іванова, І.І. Курбановича, А.А. Токарева, Г.М. Ромаліса, І.М. Головіних, М.С. Висоцького, А. І. Ковалю, А.Е. Симеона, В.А. Зеера., А.В. Хомича, В.Ю. Гіттиса і ін.

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

Робота виконувалась у відповідності з напрямками наукових досліджень кафедри автомобілів та транспортного менеджменту.

**Метою роботи** є забезпечення ресурсозбереження на підприємствах, що експлуатують вантажний автотранспорт.

**Для досягнення зазначеної мети в роботі були поставлені та розв'язані наступні завдання:**

- встановлена залежність впливу температури, тиску, густини і вологості повітря на вході в двигун на експлуатаційну витрату палива вантажних автомобілів.
- розроблена математична модель витрати палива, що враховує параметри повітря, використовуваного двигуном автомобіля в процесі експлуатації.
- розроблені конструктивні технічні рішення для коригування параметрів повітря на вході в двигун в процесі експлуатації автомобіля.



– проведені експериментальні дослідження запропонованих технічних рішень на автомобілі для встановлення залежності витрати палива від параметрів вхідного повітря.

– проведена техніко-економічна оцінка ефективності експлуатації вантажних автомобілів, оснащених системою коригування параметрів повітря на вході в двигун.

– розроблено заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

**Об'єктом дослідження** є процес зміни витрати палива вантажного автомобіля в залежності від параметрів повітря на вході в двигун.

**Предметом дослідження** є залежності витрати палива вантажного автомобіля від параметрів повітря на вході в двигун.

**Методи дослідження:** Методологічною і теоретичною основою магістерської кваліфікаційної роботи є праці вітчизняних і зарубіжних фахівців у галузі експлуатації автомобільного транспорту, проблем підвищення його ефективності. У даній роботі використаний комплекс методів, який передбачає проведення експериментальних і теоретичних досліджень витрати палива вантажними автомобілями в залежності від параметрів навколишнього повітря в процесі експлуатації. Методологічною основою дослідження є комплекс загальнонаукових (аналіз, порівняння, узагальнення) і спеціальних (системний аналіз) методів, а його теоретичною основою - теорія технічної експлуатації автомобілів, теорія ймовірностей, математична статистика. Експериментальні дослідження були проведені за допомогою сучасного обладнання і контрольно-вимірювальних приладів. При обробці результатів дослідження застосовувалися сучасні статистичні методи.

***Наукова новизна отриманих результатів:***

– встановлено залежність впливу температури, тиску, густини і вологості повітря на вході в двигун на експлуатаційні витрати палива вантажних автомобілів.



- обґрунтовано вид математичної моделі витрати палива, що враховує параметри повітря, використовуваного автомобілем в процесі експлуатації.
- запропоновано нове технічне рішення, що дозволяє підтримувати задану температуру повітря у впускному колекторі.
- розроблено практичні рекомендації застосування технічного пристрою при експлуатації вантажних автомобілів.

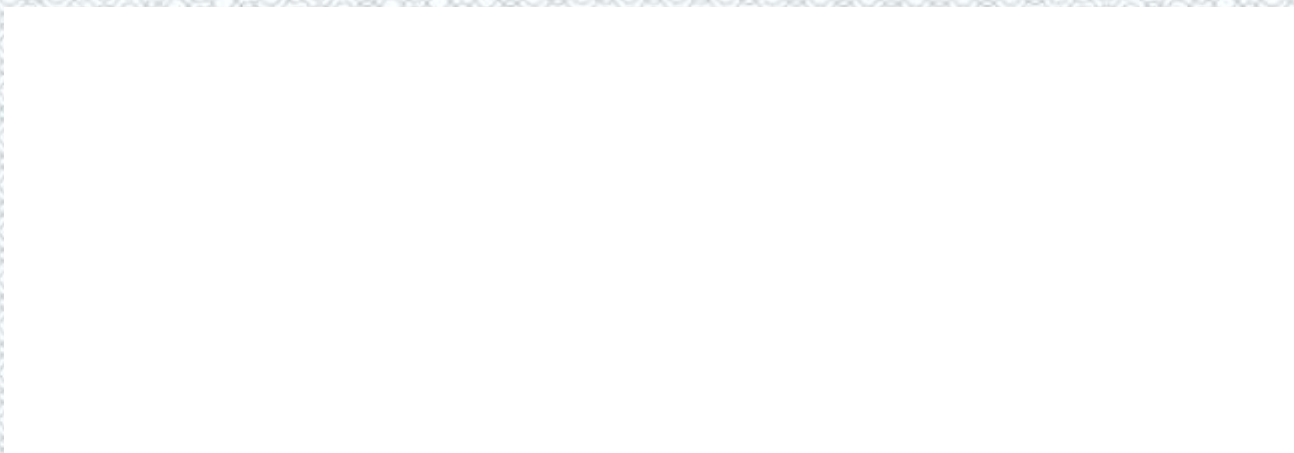
**Достовірність результатів**, отриманих в ході експериментальних досліджень, підтверджується застосуванням апробованих науково обґрунтованих методик обробки даних. Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується застосуванням сучасних математичних методів і засобів обчислювальної техніки.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в розробленні експериментальної моделі технічного пристрою, який дозволить досягти економії палива до 16% від нормативного. На підставі цього можна рекомендувати результати даних досліджень до застосування на автомобілях з дизельними двигунами.

Результати досліджень апробовано у автотранспортному підрозділі військової частини А2287 (м. Вінниця).

**Апробація результатів роботи.** Проміжні результати досліджень були опубліковані серед матеріалів науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, 2019 р., Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Публікації.** Матеріали магістерської роботи висвітлені у 1 опублікованій науковій праці [18], з яких 1 – опублікована праця апробаційного характеру.





## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ АВТОМОБІЛІВ

#### 1.1 Механізм формування паливної економічності автомобілів

Одним із шляхів, що забезпечують підвищення ефективності роботи автомобільного транспорту, є забезпечення ресурсозбереження в автотранспортних підприємствах за рахунок економії і раціонального витрачання паливно-енергетичних ресурсів.

На даний період підвищення ефективності експлуатації автомобілів досягається шляхом підвищення якості виготовлених деталей, експлуатаційних мастил і палив, а також методів пуску двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) при низьких температурах. Для підвищення ефективності використання автомобілів необхідно дотримуватися системний підхід до їх конструкції і експлуатації, що дозволяє цілеспрямовано керувати реалізованими показниками ефективності і якості. На практиці вони враховуються не в повній мірі, особливо при використанні автотранспортних засобів в важких природно-кліматичних умовах.

Показники паливної економічності автомобілів залежать від безлічі як конструктивних, так і експлуатаційних факторів (рисунок 1.1).

Конструктивні фактори закладаються при створенні автомобіля і є його невід'ємною частиною, в той час як експлуатаційні чинники змінюються в процесі його використання.



Для опису загальних принципів, формування показників ефективності використання автомобілів часто вживається таке поняття, як «чорний ящик» [21].

В теорії пристосованості виходами «чорного ящика» є реалізовані показники ефективності, а входами в нього, що зумовлюють зміну показників, служать номінал показників, умови експлуатації автомобілів, пристосованість до цих умов, тривалість експлуатації та надійність [21].

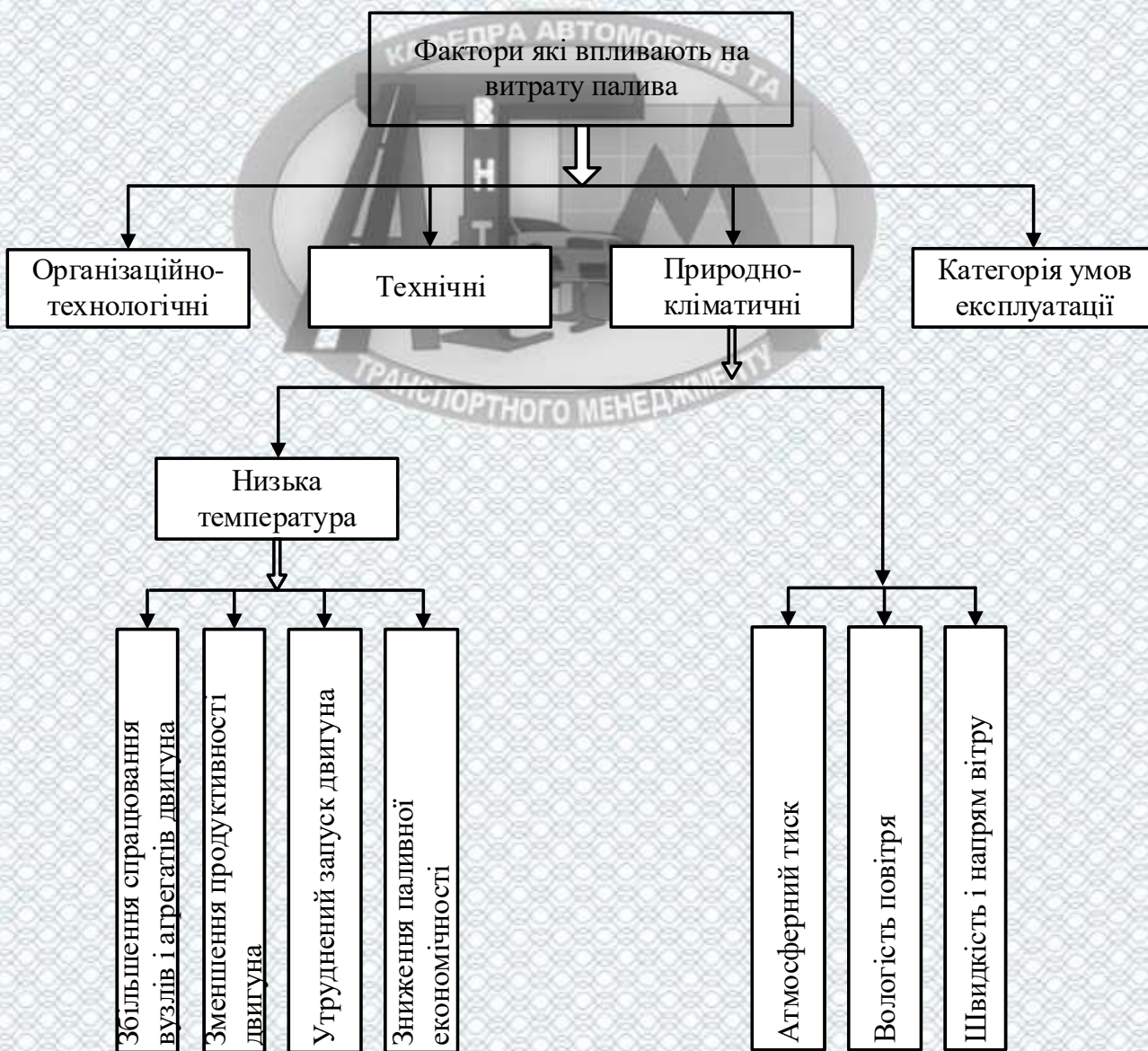


Рисунок 1.1 - Механізм формування паливної економічності автомобілів



В рамках дослідження такої властивості, як паливна економічність автомобіля, на рисунку 1.2 представлена схема, яка відображає механізм формування витрат палива під впливом природно-кліматичних умов експлуатації з використанням вищевказаного підходу.

Входами в таку систему є номінал показників (в даному випадку номінальний витрата палива), безпосередньо умови експлуатації і пристосованість автомобіля до даних умов. Виходом є фактична витрата палива.

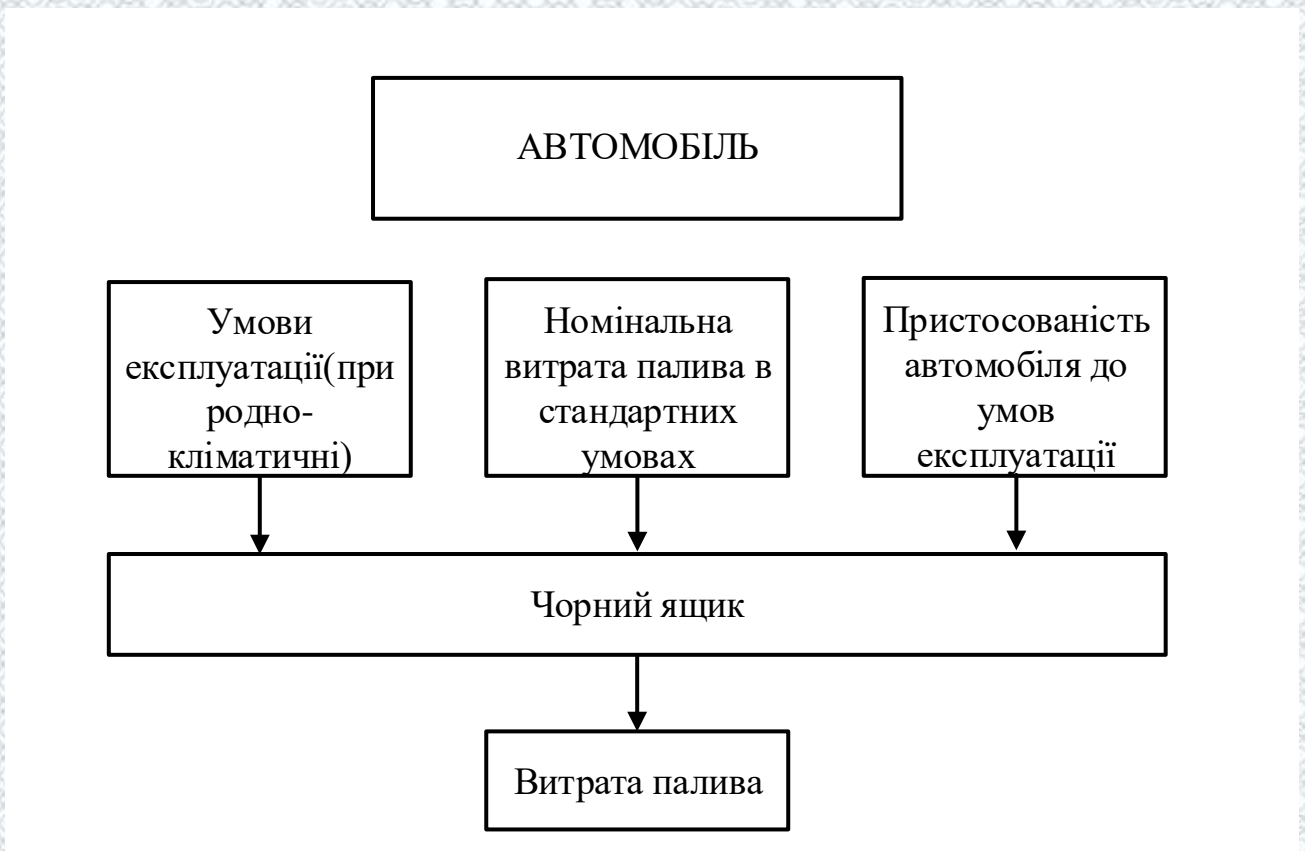


Рисунок 1.2 - Механізм формування витрат палива («чорний ящик»)

Фактична витрата палива при експлуатації в різних природно-кліматичних умовах складається з номінальної витрати палива, обумовленою конструктивними особливостями автотранспортного засобу, і додаткової, яка формується внаслідок його експлуатації в умовах, відмінних від стандартних. Пристосованість автомобіля до зміни природно-кліматичних умов визначає ступінь впливу температури, тиску, густини і вологості повітря на показники



паливної економічності. Однак процеси, які відбуваються всередині системи, залишаються прихованими і неявними.

Відповідно до положень просторово-часової концепції з урахуванням умов експлуатації використовуються такі поняття, як стандартні і важкі умови експлуатації. Під стандартними розуміються умови, які приймаються в якості базових при проектуванні нового автомобіля, тобто умови, під які створювався той чи інший автомобіль [21]. В таких умовах для показників якості та ефективності встановлені номінальні значення.

За міжнародними стандартами [International Standard Organization (ISO 3046-1: 2002 (E) і ISO 15550: 2002 (E)], стандартними експлуатаційними умовами при проектуванні двигунів прийнято вважати такі параметри навколишнього середовища: барометричний тиск - 1 000 mbar (750 мм рт. Ст.), температура навколишнього повітря -  $+25^{\circ}\text{C}$ , вологість повітря - 30%.

У вітчизняній практиці для порівняння питомих потужностей двигунів прийнято приводити заміряну потужність до так званого нормального стану атмосфери, що характеризується величиною  $p_0 = 0,1013\text{ МПа}$  і  $t_0 = +20^{\circ}\text{C}$ , або  $T_0 = 293\text{ К}$  [24].

Таким чином, як у вітчизняній, так і в міжнародній практиці всі розрахунки, пов'язані з характеристиками потужності і експлуатаційними показниками роботи двигунів, проводяться при плюсовій температурі навколишнього повітря ( $+20 \div +25^{\circ}\text{C}$ ) і нормальних барометричному тиску і вологості.

Під номінальною витратою палива розуміється витрата палива автомобіля при сталому русі по прямолінійній, горизонтальній дорозі з цементно- або асфальтобетонним гладким, сухим і чистим покриттям при стандартних природно-кліматичних умовах.

В процесі експлуатації автомобілів конструктивна надійність перетворюється в експлуатаційну. При цьому надійність є стримуючим фактором в процесі експлуатації автомобілів.



Значний вплив на значення витрати палива надають природнокліматичні чинники. Температура та інші умови навколишнього середовища впливають на паливну економічність різними шляхами, починаючи від впливу температури на гістерезисні втрати в шинах, тертя в двигуні, необхідний склад паливної суміші і закінчуючи впливом вологості повітря на процес горіння паливної суміші [22].

Температурний стан повітря надає диференційований вплив на паливну економічність автотранспортних засобів. Слід ще раз наголосити на необхідності враховувати змінний характер кліматичних факторів на паливну економічність автомобілів при їх експлуатації.

## **1.2 Вплив температури, тиску, густини і вологості навколишнього повітря на витрату палива**

Витрата палива зі зниженням температури навколишнього повітря збільшується внаслідок погіршення умов експлуатації, в результаті чого підвищується споживання палива двигунами. Слід зазначити, що відємні температури повітря також знижують і пускові властивості двигунів. Теоретичними та практичними дослідженнями обґрунтовано, що низькі температури збільшують витрату палива до 10-15%, а високі - до 3-5%.

З аналізу робіт А.М. Бородича, З.І. Лейбзона та інших дослідників можна зробити висновок, що від температури режиму роботи двигуна залежить ряд вихідних характеристик - потужність, крутний момент і питома витрата палива. Найбільший вплив має температура повітря на вході в двигун [2, 16], це значення є основною складовою питомої витрати палива. Нормальним температурним режимом у впускному колекторі вважається температура повітря, що дорівнює  $+20 \div +70$  °С.

При мінусовій температурі навколишнього середовища знижується не тільки температура повітря, що надходить в камеру згоряння двигуна, але і



палива. В результаті знижується якість сумішоутворення через погіршення якості розпилювання палива [16].

Слід зазначити, що встановлена температура повітря у впускному колекторі двигуна лінійно знижується при зниженні температури навколишнього середовища. Це питання в різний час вивчали Д.А. Захаров і Г.С. Лосавіо. За наведеними даними температура повітря у впускному колекторі на  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  вища атмосферної при  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

У роботі З.І. Лейбзон [16] досліджена паливна економічність двигунів в діапазоні температури повітря на вході від  $+15$  до  $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В результаті досліджень було відзначено, що в інтервалі температур від  $+20$  до  $+62\text{ }^{\circ}\text{C}$  паливна економічність двигуна ГАЗ-53 залишалася на оптимальному (мінімальному) рівні, а двигунів ГАЗ-21 і МЗМА-408 коливалася від 2,8-3,5 % на кожні зміни температури повітря у впускному колекторі в межах  $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Слід зазначити, що дослідження при відємних температурах повітря на вході в двигун не проводилися. У дослідженнях [15] описано, що спостерігається погіршення паливної економічності двигунів, яке пояснюється збіднінням горючої суміші через надходження холодного повітря в камери згоряння. Холодна збіднена паливно-повітряна суміш згорає недостатньо інтенсивно, в результаті чого витрата палива зростає. За даними роботи [2], паливна економічність дизельних двигунів в області негативних значень поліпшується, але не встановлено, до яких температур. Зіставляючи викладене, можна відзначити що залежність витрати палива від температури повітря, в тому числі і у впускному колекторі двигуна, має U-подібний характер.

За даними дослідження [22] встановлено наступне: «При зниженні температури головки і стінок циліндра процес згоряння затягується, що можна пояснити уповільненням реакції окислення палива. Для зменшення кількості паливної плівки і поліпшення випаровування палива на сучасних бензинових двигунах застосовують підігрів впускного трубопроводу, який створює хороші умови для інтенсивного випаровування палива, що знаходиться на стінках ».



Умови сумішоутворення в дизельному двигуні більш складні, ніж в бензиновому. Найважливішими факторами, що впливають на швидкість займання паливо-повітряної суміші в дизельному двигуні, є температура повітря початку впуску та його густина, якість розпилення і випаровуваність палива. При підвищенні температури впускного повітря період затримки займання робочої суміші скорочується внаслідок прискорення розігріву, в результаті чого паливо швидше випаровується і окислюється (рисунок 1.3).

Температура кінця такту стиснення визначається в першу чергу температурою кінця такту впуску, що вказує на більшу доцільність попереднього розігріву повітря, що надходить в циліндри при пуску холодного дизельного двигуна [22].

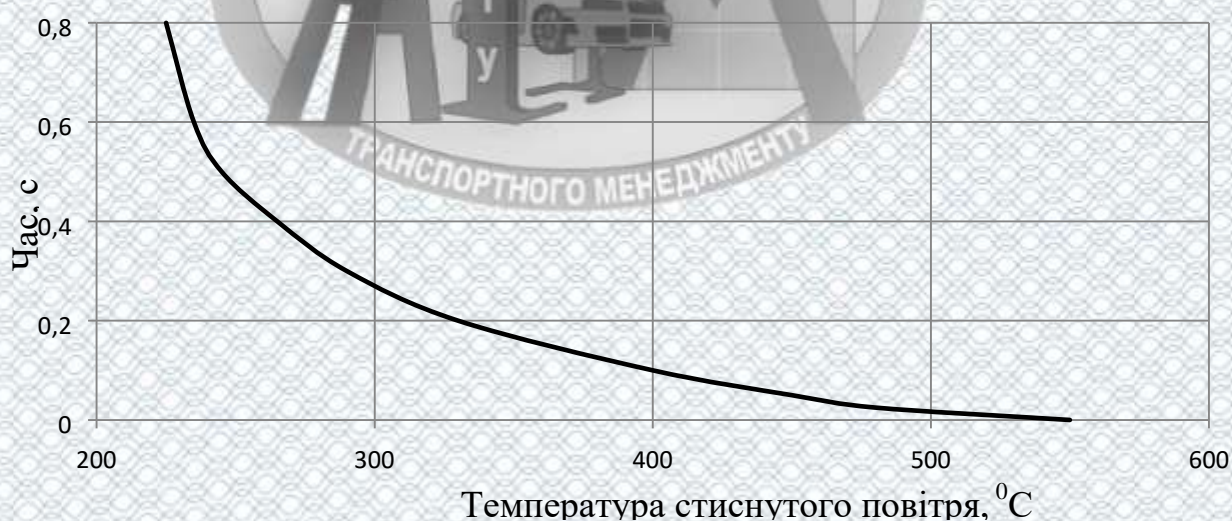


Рисунок 1.3 – Уповільнення (за часом Т) займання дизельного палива в залежності від температури стисненого повітря

Витрата палива автомобілів також залежить від тиску і вологості повітря. Це пояснюється порушенням сумішоутворення в камері згорання за рахунок втрати частини теплоти на випаровування вологи і зменшення густини повітря в результаті зниження тиску. Дослідженнями [16] визначені кількісні показники



впливу кліматичних факторів на витрату палива автомобілями. В результаті експериментів було підтверджено припущення Г.В. Крамаренко, що найбільший вплив робить температура повітря у впускному колекторі двигуна [15].

Збільшення споживання палива при температурі вище  $+60 \div +70$  °С пояснюється погіршенням наповнення за рахунок зменшення густини повітря. Даний процес досліджувався в багатьох роботах [4, 8, 25].

Таблиця 1.1 – Густина повітря при різних температурах навколишнього середовища

Температура навколишнього середовища, °С	-20	-10	0	+10	+20	+30
Густина повітря, кг/м	1,3943	1,3413	1,2920	1,2466	1,2041	1,1644

З таблиці 1.1 випливає, що густина навколишнього повітря збільшується в інтервалі від 3,5 до 4,5% при зниженні температури на кожні 10 °С (при інших рівних умовах).

При цьому здатність стисненого повітря утримувати пари води при зниженні температури зменшується. При температурі  $+50$  °С і атмосферному тиску 1 атм або 101 325 Па вміст вологи може досягати 86,2 г / кг, але при цій же температурі і тиску 10 атм його вологовміст зменшується до 7,67 г / кг, тобто в 11 разів (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Максимально можливий вміст вологи в повітрі, г/кг

Тиск, атм	Температура повітря, °С				
	-40	-20	0	+30	+50
1	0,079	0,626	3,77	27,2	86,2
10	0,008	0,063	0,375	2,6	7,67

Вода при своєму випаровуванні (підвищенні парціального тиску) розширюється, залишаючи менше обсягу повітря, тим самим погіршуючи сумішоутворення. При своєму випаровуванні вода відбирає частину теплоти,



погіршуючи техніко-економічні показники процесу згорання. У процесі стиснення вміст вологи в питомому обсязі повітря збільшується, а відносна вологість, навпаки, знижується.

Дослідженнями МАДІ [109] встановлено, що в залежності від температури при згоранні 1 кг бензину в двигун з навколишнього повітря потрапляє від 0,009 до 0,384 кг води (таблиця 1.3).

Отже, можна зробити висновок про те, що при роботі двигуна за 1 ч через нього проходить від 2,5 до 3 кг води при витраті повітря 100 кг / год і відносній вологості більше 60%. Даний факт необхідно враховувати при експлуатації автомобілів [16].

Таблиця 1.3 - Масовий вміст вологи в повітрі і маса води, яка потрапляє в двигун з навколишнього повітря при згоранні 1 кг бензину

Температура навколишнього середовища, °С	-20	-10	0	+10	+20	+30
Масовий вміст вологи в повітрі, г/кг	0,58	1,57	3,72	7,54	14,37	26,11
Маса води, потрапляюча в двигун з навколишнього середовища при згоранні 1 кг бензину, кг	0,009	0,023	0,055	0,111	0,211	0,384

Таким чином, зниження паливної економічності автомобілів при низьких і високих температурах повітря у впускному колекторі двигуна обумовлено не тільки порушенням температурного режиму повітря, але і зміною тиску, вологості і, як наслідок, зміною густини повітря. Аналіз проведених робіт в області впливу кліматичних факторів на витрату палива автомобілями в процесі їх використання показав, що дане питання досліджене не в повній мірі. Отримані результати мають один спільний недолік - наведені для конкретних марок і моделей автомобілів.



### 1.3 Доцільність застосування систем коригування параметрів повітря

Проведений в роботах [22, 23] аналіз керованих факторів (Рисунок 1.4) показав, що для поліпшення пускових і експлуатаційних якостей при негативних температурах ефективним є підігрів впускного повітря і основних функціональних систем двигуна.

Переваги і недоліки перерахованих способів теплової обробки повітря, область застосування, порівняльна ефективність широко досліджені. У меншій мірі це може бути застосовано до підтримки ефективних параметрів повітря (температури, тиску, густини, вологості) у впускному колекторі двигуна, при цьому способі використовуються нагрівальні елементи і системи регулювання подачі теплового і холодного повітря у впускний колектор.



Рисунок 1.4 - Схема впливу керованих факторів на займання палива в циліндрах дизельного двигуна

Якісна підготовка паливо-повітряної суміші передбачає не тільки забезпечення подачі палива або повітря в залежності від швидкісного і



навантажувального режиму двигуна, але і підготовку повітря або суміші для її якісного займання в циліндрах двигуна, тобто забезпечення заданої температури суміші або повітря, що надходить в камеру згоряння, з метою успішного пуску двигуна при низьких температурах для одержання більш високої потужності і економічності двигуна, а також низьку токсичність відпрацьованих газів [14].

У сучасних конструкціях впускних систем двигунів за рахунок застосування різних конструктивних рішень в першу чергу забезпечують високі економічні показники і низьку токсичність відпрацьованих газів. У той же час показники потужності двигунів відійшли на другий план, що викликано посиленням міжнародних і національних стандартів по токсичності і витраті палива в світі.

Множинними закордонними дослідженнями, встановлено, що температура повітря кінця впуску починає помітно впливати на паливну економічність при температурі вище  $+10^{\circ}\text{C}$ . Підвищення ступеня стиснення до 14-17 призводить до незначного зростання температури кінця такту стиснення, що практично не відбивається на економічних і потужнісних показниках двигунів. При цьому підвищення пускових обертів від мінімальних на 10% збільшує температуру повітря в камері згоряння на 14-16%. Ефективність згоряння робочої суміші безпосередньо залежить від інтенсивності підігріву повітря, що надходить в циліндри двигуна [14].

Підвищення температури повітря на вході в двигун внутрішнього згоряння до  $+20 \div +40^{\circ}\text{C}$  забезпечує економію палива 2,8-3,5%, а в дизельних двигунах може досягати 3-5%. При цьому виділення достатньої кількості теплової енергії для нормальної роботи двигуна відбувається менш ніж через хвилину після його пуску. Нагріте повітря сприяє кращому сумішоутворенню в циліндрах двигуна і більш швидкому прогріванню, особливо при низьких температурах навколишнього середовища, а також зменшує витрати енергії при проходженні по впускному колектору.



В сучасних швидкохідних двигунах з хорошою паливною апаратурою коефіцієнт надлишку повітря завжди  $\alpha \geq 1,3$ . На малих режимах навантажень і холостому ходу затримки запалення скорочують збільшенням температурного режиму двигуна або підігрівом повітря у впускному колекторі. Підігрів повітря або паливної суміші на впуску є актуальним при експлуатації дизельних двигунів, як відомо, всі дизелі працюють на бідних сумішах - коефіцієнт надлишку повітря не нижче 1,3 (тобто його на 30% більше, ніж необхідно для повного згорання палива в ідеальних умовах) [14], а при роботі двигуна на холостому ходу коефіцієнт надлишку повітря може досягати 1,9-2,5. Тому в камері згорання дизельних двигунів майже завжди знаходиться надлишковий кисень.

Підвищення температури повітря веде не тільки до економії палива, але і до зменшення викидів вуглеводнів СН до 3-5%.

Збільшена вологість повітря призводить до кращого змішування повітря з паливом і більш повного згорання паливо-повітряної суміші з підвищенням потужності, економічності та екологічності двигунів. При підвищенні температури повітря від 0 до +100 °С його масова  $C_p$  і об'ємна  $C_v$  теплоємності збільшуються досить незначно. При постійному тиску  $C_p$  збільшується на 0,25%, а при постійному об'ємі  $C_v$  на 0,4%. Кисень, що знаходиться в повітрі при підвищенні температури від 0 до +100 °С, збільшує масову теплоємність при постійному тиску на 1% і постійному об'ємі на 1,39%. В результаті збільшується кількість теплоти, що виділяється при згоранні палива [14]. Дані густини повітря у впускному трубопроводі в залежності від числа обертів колінчастого вала представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Залежність густини і тиску повітря від числа обертів колінчастого вала двигуна

$n$ , (об/хв)	1000	1500	2000	5000
$\rho$ , (кг/м <sup>3</sup> )	1,17	1,15	1,13	1,11
$P$ , (кг/см <sup>2</sup> )	0,985	0,97	0,95	0,9



На вході в повітряний фільтр густина повітря при нормальному атмосферному тиску і температурі повітря 0 °С складає 1,293 кг / м<sup>3</sup> [14].

Зі збільшенням обертів колінчастого вала двигуна зменшується тиск у впускному колекторі і, як наслідок, зменшується густина повітря до 1,05 кг / м<sup>3</sup>. В результаті густина може зменшуватися до 20%. Прямо пропорційно в цих межах зменшується і тиск повітря.

Для чотиритактних двигунів при відсутності наддуву виконуються наступні вимоги:  $P_k = P_0$  і  $T_k = T_0$  ( $P_0$  і  $T_0$  - тиск і температура початку впуску;  $P_k$  і  $T_k$  - тиск і температура кінця впуску). Слід мати на увазі, що з застосуванням компресора  $P_k$  і  $T_k$  - тиск і температура після компресора [6]. За умови, що тиск на впуску не змінюється, робота компресора призводить до зростання наповнення циліндрів повітрям. При зменшенні інтенсивності теплообміну в стінках впускного колектора, величина  $T$  зменшується, а коефіцієнт наповнення  $\eta_v$  збільшується. Таким чином, приріст температури повітря в кінці впускного колектора визначається за такою формулою [14]:

$$\Delta T_{\epsilon} = \Delta T_{\text{підігріву}} + \Delta T_{\text{колектора}} \quad (1.1)$$

На повноту наповнення циліндрів двигуна повітрям впливає його підігрів, який виражається через величину  $\Delta T_{\epsilon}$ . В результаті експериментів проведених [14] встановлено, що при температурі підігріву повітря у впускному колекторі вище +67 °С наповнення циліндрів зменшується на 3-5%, при підігріві до +90 ÷ +100 °С більш ніж на 8%, тому підігрів впускного повітря недоцільний більш +67 ÷ +76 °С [14].

#### **1.4 Аналіз систем підготовки повітря у впускному колекторі двигуна під час запуску та експлуатації автомобіля**



У всіх перерахованих вище роботах [2, 3, 22] підготовка двигуна до сприйняття навантаження визначається часом передпускового підігріву, але при цьому температура навколишнього повітря не враховується.

Питанням ефективного використання нагрівачів присвячені роботи Державтотрансдідпроект, вузів, підприємств автомобільного транспорту і промисловості [22, 24]. У наведених роботах зазначено, що на інтенсивність зміни температури повітря у впускному колекторі впливають температура, тиск, густина і вологість зовнішнього повітря. Закономірності досліджених процесів не встановлені. При цьому є вказівки на необхідність на постійному, і змінному режимах роботи двигуна установки передпускових підігрівачів [13, 22]. Відповідно до проведених досліджень температура повітря у впускному колекторі повинна бути  $\geq 30$  °С при температурі навколишнього середовища - 35 °С і нижче. Аналіз даних досліджень показав, що час нагрівання певного об'єму повітря різко зростає при температурі навколишнього середовища - 10 °С і нижче, що обумовлено не тільки зниженням температури, але і зниженням потужності нагрівачів.

Відомі способи для передпускового підігріву ДВЗ, засновані на підігріві повітряної маси у впускному колекторі за рахунок теплоти від згорання паливоповітряної суміші, для займання якої в трубопроводі встановлюють свічку розжарювання. Свічки розжарювання встановлюються на початку впускного колектора, в місцях розводки по каналах циліндрів або прямо в камерах згорання двигунів. Недоліком цього способу є низька залежність займання паливної суміші в колекторі від температури навколишнього середовища, що в підсумку мало впливає на процес активізації палива.

Практичне розв'язання описаних вище проблем представлено в патенті США №5078115 клF02M31 / 00 1992 р патенті Німеччини №289095 клF02M 31/00 1991 р заявці Франції №2661951 F02M 31/135 та багатьох інших джерелах.

Суть вирішення цього завдання полягає в установці у впускному трубопроводі двигуна різних за конструкцією нагрівальних елементів, але



переважно електричного типу, які в період пуску двигуна і його прогріву, маючи певну теплоємну поверхню, впливають на впускний заряд повітря або горючу суміш. Засобами досягнення позитивного ефекту є нагрівальні елементи, встановлені у впускному колекторі поздовжньо або поперечно зорієнтовані по відношенню до потоку повітря [15].

Негативними факторами перерахованих вище конструкцій є [15]:

1. Необхідність зміни конструкції двигунів, що веде до додаткових витрат і змін в технології виготовлення ДВЗ.
2. Ускладнений ремонт нагрівальних систем в разі виходу їх з ладу.
3. Нагрівальні елементи, розташовані у впускному колекторі, викликають підвищення гідродинамічного опору, що негативно позначається на наповненні, економічності і токсичності двигунів.

У зв'язку з перерахованими вище недоліками розглянутих систем виробники, незважаючи на реальну економію палива в межах 5%, не йдуть на подорожчання своєї продукції.

## **1.5 Аналіз маркетингового середовища транспортного підрозділу військової частини А2287**

### **1.5.1 Загальна характеристика**

Транспортний підрозділ військової частини А2287 розташований за адресою м. Вінниця вул. Чехова, 7. Підприємство здійснює діяльність у сфері оборони. Займається перевезенням різного роду вантажів: рідин, сухих матеріалів та великовагових і габаритних вантажів. Організаційна структура транспортного підрозділу наведена на рисунку 1.5. Форма власності підприємства – державна.



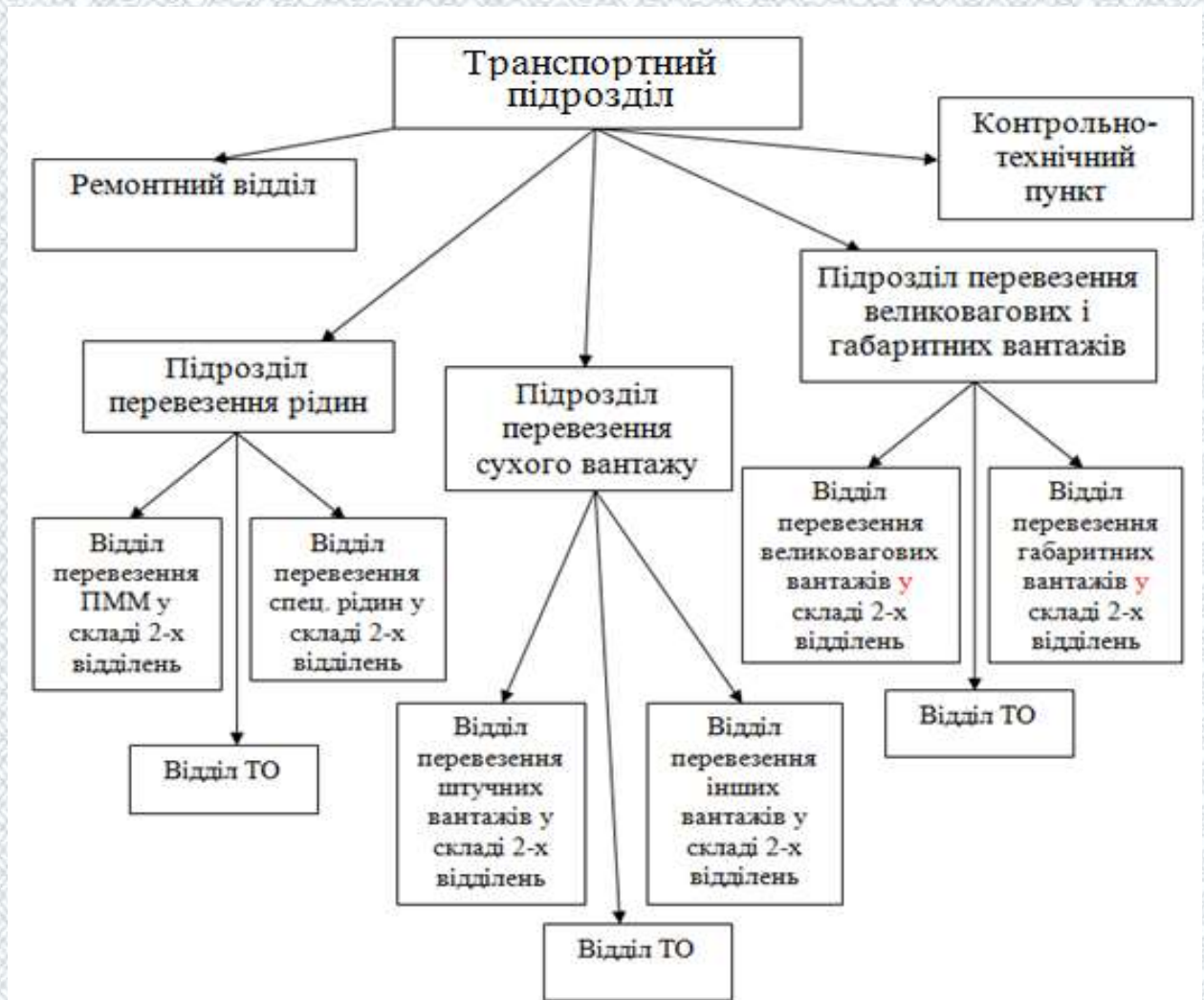


Рисунок 1.5 – Організаційна структура транспортного підрозділу

Транспортний підрозділ займається перевезенням вантажів, необхідних для функціонування військових частин Збройних Сил України. Виконуються перевезення паливо-мастильних матеріалів, спеціальних рідин, сухого вантажу та великовагових і габаритних вантажів.

Для цього використовуються бортові вантажні автомобілі, автоцистерни для транспортування пального (АЦ-8, АЦ-9). За необхідності всі автомобілі можливо використовувати з відповідними причепами.

Технічне обслуговування та ремонт виконуються згідно річного та місячного планів експлуатації та ремонту автомобільної техніки.

Надання послуг з ТО та ремонту автомобілів для сторонніх організацій підприємство не здійснює.



### 1.5.2 Аналіз складу, структури, стану і показників використання основних виробничих фондів транспортного підрозділу

Склад і вартість основних виробничих фондів підрозділу визначаються на основі «Приміток до річної фінансової звітності за 2019 рік за формою № 5». Дані які містяться в цих формах зводяться в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Основні виробничі фонди

	Код рядка	Залишок на початок року		Надійшло за рік	Вибуло за рік		Нараховано амортизації за рік	Залишилось на кінець року	
		первісна переоцінена вартість	знос		первісна переоцінена	знос		первісна переоцінена	знос
Групи основних засобів									
Земельні ділянки	100	96,34						96,34	
Будинки, споруди та передавальні пристрої	120	653,33	342,54		40,34	12,48	8,73	632,23	349,13
Машини та обладнання	130	212,23	97,03	27	36,29	23,64	23,43	188,46	103,58
Транспортні засоби	140	1504,3	819,58		7,25	5,81	42,94	899	741,1
Інструменти, прилади	180	25	26,43	7,38	4,12	2,01		18,39	23,29
Малоцінні необоротні матеріальні активи	200	7,54	6,34					7,54	6,34
Разом	260	2498,7	1291,9	34,38	88	43,9	75,1	1842	1223,4

Аналізуючи дані наведені в таблиці 1.5, можна зробити висновки про структуру основних виробничих фондів підприємства: будівлі, споруди та передавальні пристрої становлять 26,15 % від загальної вартості; машини та обладнання - 8,49 %; транспортні засоби – 60,20 %; інструменти і прилади - 1,05 %; малоцінні необоротні матеріальні активи - 0,31 %; земельні ділянки - 3,85 %.

У структурі основних виробничих фондів рухомий склад ( 60,20 % ) належить до активної частини і бере участь у перевезеннях. Решта фондів ( 39,80 % ) призначена для технічного забезпечення перевізного процесу і утворює виробничо-технічну базу.



Для більш детального аналізу стану основних фондів можна використувати наступні показники: коефіцієнт відновлення, коефіцієнт вибуття, коефіцієнт придатності.

Коефіцієнт відновлення відображає інтенсивність відновлення основних фондів і визначається за формулою:

$$K_{\text{від}} = \frac{ОВФ_{\text{в}}}{ОВФ_{\text{к}}}, \quad (1.1)$$

де  $ОВФ_{\text{в}}$  - вартість основних фондів, що надійшли ( вводяться в дію ) протягом року, грн.;

$ОВФ_{\text{к}}$  - вартість основних фондів на початок року, грн.

За даними таблиці 1.5 коефіцієнт відновлення становитиме:

$$K_{\text{від}} = \frac{34,38}{2498,7} = 0,014$$

Коефіцієнт вибуття характеризує ступінь інтенсивності вибуття основних фондів:

$$K_{\text{виб}} = \frac{ОВФ_{\text{виб}}}{ОВФ_{\text{к}}}, \quad (1.2)$$

де  $ОВФ_{\text{виб}}$  - вартість основних фондів, що вибули (виведені з дії) протягом року, грн.;

$ОВФ_{\text{к}}$  - вартість основних фондів на початок року, грн.

За даними таблиці 1.5 коефіцієнт вибуття становитиме:

$$K_{\text{виб}} = \frac{88}{2498,7} = 0,035$$

Коефіцієнт придатності характеризує технічний стан основних фондів:



$$K_{\text{виб}} = \frac{ОВФ_{\text{зал}}}{ОВФ_{\text{перв}}} = 1 - K_3 = 1 - \frac{З}{ОВФ_{\text{перв}}}, \quad (1.3)$$

де  $ОВФ_{\text{зал}}$  - залишкова вартість основних фондів, грн.;

$ОВФ_{\text{перв}}$  - первісна вартість основних фондів, грн.;

$K_3$  - коефіцієнт зносу;

$З$  - знос основних фондів, грн.

За даними таблиці 1.5 коефіцієнт придатності становитиме:

$$K_{\text{виб}} = 1 - \frac{1223,4}{1842} = 1 - 0,66 = 0,34$$

Аналізуючи виконані розрахунки, можна зробити наступні висновки:

- основні виробничі фонди підприємства мають значний знос ( 66 % );
- інтенсивність вибуття основних фондів ( 3,5 % );
- перевищує інтенсивність відновлення ( 1,4 % );
- придатність основних виробничих фондів підприємства на сьогоднішній

день становить 34 %.

### 1.5.3 Аналіз складу, структури і стану рухомого складу

Для перевезення вантажів та забезпечення переліку робіт, автотранспортна служба має власний рухомий склад, дані про який наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Наявність автотранспорту на кінець 2018 року

Найменування показників	Наявність автомобілів, одиниць	Загальна вантажопідйомність, тонн пасажиромісткість
Автомобілі: всього	95	1528
Легкові автомобілі	-	-
Вантажні автомобілі, включаючи пікапи і фургони на шасі легкових автомобілів	95	1528



Таблиця 1.7 – Групування власних автомобілів від часу перебування в експлуатації

Тип автомобіля (кузова)	Всього	до 3 років включно	від 3,1 до 8 років включно	від 8,1 до 10 років включно	більше 10 років
Автомобілі – всього	95	-	-	62	33
в тому числі: вантажні	95	-	-	62	33

Таблиця 1.8 – Групування автомобілів за конструкцією, яка дозволяє використовувати паливо (незалежно від фактичного використання палива)

Тип автомобіля (кузова)	Всього	В тому числі за видами палива				
		Тільки бензин	Тільки дизпаливо	Зріджений нафтовий газ	Стиснений газ	Дизпаливо та стисне- ний газ
Автомобілі – всього	95	-	95	-	-	-
в тому числі: вантажні	95	-	95	-	-	-

Аналізуючи дані таблиці 1.7 можна прийти до висновку, що всі транспортні засоби тривалий час перебувають в експлуатації, а це вимагає додаткових заходів на підтримку їх в технічно-справному стані.

Розподіл транспортних засобів за марками наступний:

- вантажні автомобілі – КамАЗ-4310(АЦ-9) – 35 одиниць, ЗІЛ-131 – 3 одиниці, УРАЛ-4320 – 11 одиниць, КамАЗ-54112– 8 одиниць.

- причепа - ПЦ-9 (на шасі 2-П-8-8350) – 24 одиниць, СЗАП-8357-02 – 4 одиниці, 2ПП-14(ОДАЗ-9357) – 10 одиниць.

#### 1.5.4 Аналіз виробничо-господарської діяльності підрозділу

Результати роботи автотранспорту за останній період часу, визначені за формами № 2-тр державного статистичного спостереження, наведені в табл.1.9.

Таблиця 1.9 – Основні дані про роботу автотранспорту

Показники	2016	2017	2018
-----------	------	------	------



1. Середньооблікова кількість автомобілів, одиниць	96	95	95
2. Автомобіледні перебування в господарстві, тис.	29,04	28,96	29,28
3. Автомобіледні в роботі, тис.	23,95	23,85	24,00
4. Час в наряді, тис. год.	191,6	190,8	192
5. Загальний пробіг, тис. км.	1232,0	1216,0	1244,0
6. Обсяг перевезень, тис. т.	11,4	10,7	12,5
7. Вантажобіг, тис. ткм.	6123,6	5435,6	7775,0

Беручи за основу відомості, які містяться в таблиці 1.9, визначаються основні техніко-експлуатаційні показники роботи рухомого складу автобаз за попередній період, враховуючи рекомендації [10]. За період приймається календарний рік ( 2016, 2017, 2018 ).

Коефіцієнт випуску автомобілів на лінію визначається за формулою:

$$\alpha_{\epsilon}^i = \frac{AD_{роб}^i}{AD_{госп}^i}, \quad (1.4)$$

де  $AD_{роб}^i$  - автомобіледні в роботі за  $i$ -тий період, тис.;

$AD_{госп}^i$  - автомобіледні перебування в господарстві за  $i$ -тий період, тис.

$$\alpha_{\epsilon}^{16} = \frac{23,95}{29,04} = 0,82$$

$$\alpha_{\epsilon}^{17} = \frac{23,85}{28,96} = 0,82$$

$$\alpha_{\epsilon}^{18} = \frac{24}{29,28} = 0,82$$

Середній час перебування рухомого складу в наряді за добу визначається за формулою:

$$T_n^i = \frac{AG_{нар}^i}{AD_{роб}^i}; \quad (1.5)$$

де  $AG_{нар}^i$  - час перебування автомобілів в наряді за  $i$ -тий період, тис. год.;

$$T_n^{16} = \frac{191,6}{23,95} = 8 год;$$



$$T_{н}^{17} = \frac{190,8}{23,85} = 8,200д;$$

$$T_{н}^{18} = \frac{192}{24} = 8,200д$$

Середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу визначається за формулою:

$$l_{сд}^i = \frac{L_{заг}^i}{AD_{роб}^i}, \quad (1.6)$$

де  $L_{заг}^i$  - загальний пробіг рухомого складу за  $i$ -тий період, тис. км.;

$$l_{сд}^{16} = \frac{1232}{23,95} = 51,4км;$$

$$l_{сд}^{17} = \frac{1216}{23,85} = 50,9км;$$

$$l_{сд}^{18} = \frac{1244}{24} = 51,8км.$$

Для розгляду динаміки зміни обсягів транспортних послуг можна скористатися формулами структурних змін за рекомендаціями [11].

Індекси зміни основних параметрів визначаються за формулою:

$$I_{A_i} = \frac{A_i'}{\dot{A}_i}, \quad (1.7)$$

де  $\dot{A}_i, A_i'$  - відповідно базисне і звітне значення параметрів.

Для обсягів перевезень:

$$I_{A_i^{17-16}} = \frac{10,7}{11,4} = 0,94;$$

$$I_{A_i^{18-17}} = \frac{12,5}{10,7} = 1,17.$$



Для обсягів транспортної роботи:

$$I_{A_i^{17-16}} = \frac{5435,6}{6123,6} = 0,89;$$

$$I_{A_i^{18-17}} = \frac{7775,0}{5435,6} = 1,43.$$

## 1.6 Аналіз стану існуючої виробничо-технічної бази

### 1.6.1 Огляд існуючої структури виробничо-технічної бази

Підрозділ перевезень військової частини А-2287 розміщений на земельній ділянці площею 2 га. Територія бази має огорожу виконану з залізобетонних плит.

На території підприємства розташовані: виробничий корпус площею 576 кв.м; адміністративний корпус площею 220 кв.м; бокси для зберігання автомобілів – 7800 кв. м; контрольно-перепускний пункт - 95 кв. м; виробничо-складські та допоміжні приміщення - 437 кв. м.

Виробничий корпус (ПТОР) має розміри 24х24 м. В ньому розміщені: зона ТО і ПР, обладнані оглядовими канавами, акумуляторна, шиноремонтна, агрегатна, електротехнічна, ковальсько-ресорна, слюсарно-механічна дільниці, склади для автомобільного майна та інструменту, склад шин, та склад ПММ.

1.6.2 Варіантний аналіз і оцінка стану виробничо-технічної бази і ступеня використання виробничої потужності

#### 1) Експрес-діагностування виробничо-технічної бази

Аналіз відповідності стану ВТБ існуючим вимогам проводимо використовуючи метод експрес-діагностування, застосувавши техніко-економічні показники ( ТЕПи ).



ТЕПи використовуються для проектних розрахунків при виборі шляхів розвитку і вдосконалення виробничо-технічної бази, необхідності нового будівництва і реконструкції функціонуючих підприємств, а також для оцінки, порівняння і вибору проектних рішень.

Для оцінки рівня прогресивності технологічної розробки ВТБ встановлені такі нормативні питомі показники:

- чисельність виробничих робітників, на один автомобіль;
- кількість робочих постів для ТО і ПР рухомого складу, на один автомобіль;
- площа виробничо-складських приміщень,  $m^2$ , на один автомобіль;
- площа допоміжних (адміністративно-побутових) приміщень,  $m^2$ , на один автомобіль;
- площа стоянки,  $m^2$ , на один автомобіль;
- площа території підприємства,  $m^2$ , на один автомобіль.

Ці показники встановлені для еталонних умов і для підприємств, які експлуатують вантажні автомобілі наведені в [1].

Умови роботи рухомого складу автотранспортного підрозділу:

- облікова кількість рухомого складу:
- вантажні автомобілі: КамАЗ-4310(АЦ-9) – 35 одиниць, ЗіЛ-131 – 3 одиниці, УРАЛ-4320 – 11 одиниць, КамАЗ-54112– 8 одиниць.
- причепи - ПЦ-9 (на шасі 2-П-8-8350) – 24 одиниці, СЗАП-8357-02 – 4 одиниці, 2ПП-14(ОДАЗ-9357) – 10 одиниць.
- середньодобовий пробіг - 50 км, 45 км, 60 км, 55 км;
- умови зберігання рухомого складу - закрите, без підігріву;
- категорія умов експлуатації - 2;
- природнокліматичний район - помірно-теплий;
- умови теплозбереження, водопостачання, електропостачання - від автобази.



Оскільки умови роботи рухомого складу автотранспортного підрозділу відрізняються від еталонних, необхідно визначити техніко-економічні показники для наших умов.

Розрахункові нормативні питомі показники обчислюються за формулою:

$$P_{\text{розрах. нит.}}^i = P_{\text{ет}}^i K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 K_7, \quad (1.8)$$

де  $P_{\text{ет}}^i$  - значення  $i$ -го нормативного показника для еталонних умов;

$K_1$  - коефіцієнт, який враховує спискову кількість технологічно сумісних автомобілів;

$K_2$  - коефіцієнт, який враховує тип рухомого складу;

$K_3$  - коефіцієнт, який враховує наявність причепів до вантажних автомобілів;

$K_4$  - коефіцієнт, який враховує середньодобовий пробіг одиниці РС;

$K_5$  - коефіцієнт, який враховує умови зберігання РС;

$K_6$  - коефіцієнт, який враховує категорію умов експлуатації РС;

$K_7$  - коефіцієнт, який враховує кліматичні умови експлуатації.

Розрахункові нормативні абсолютні показники обчислюються за формулою:

$$P_{\text{розрах. абс}}^i = P_{\text{ет}}^i / A_{\text{сн}}, \quad (1.9)$$

де  $A_{\text{сн}}$  - списочна кількість автомобілів в кожній групі.

Використовуючи дані [1], визначаються питомі показники для умов автотранспортного підрозділу, які відрізняються від еталонних для кожної технологічно сумісної групи автомобілів.

Визначаємо чисельність виробничих робітників за формулою (1.8):

Для автомобілів КамАЗ 4310:

$$R_{\text{рр}} = 0,32 \cdot 2,55 \cdot 0,75 \cdot 0,55 \cdot 1,2 \cdot 0,95 \cdot 1,08 \cdot 0,95 = 1,57 \approx 2 \text{ (чол.)}.$$



Для решти груп автомобілів розраховуємо аналогічно.

Розрахункові нормативні абсолютні показники обчислюються за формулою (1.9):

$$\text{Разом } \sum R_{pp} = 2 + 1 + 1 + 1 = 5 \text{ (чол.)}$$

$$R_{pp}/A_{cn} = 5 / 95 = 0,05$$

Визначаємо кількість робочих постів за формулою (1.8):

Для автомобілів КамАЗ 4310:

$$N_{п} = 0,1 \cdot 3,3 \cdot 1,15 \cdot 1,25 \cdot 0,5 \cdot 1,27 \cdot 1,07 \cdot 0,97 = 0,72 \approx 0,7.$$

Для решти груп автомобілів розраховуємо аналогічно.

$$\text{Разом } \sum N_{п} = 0,7 + 0,5 + 0,4 + 0,7 = 2,3 \text{ поста.}$$

$$N_{п}/A_{cn} = 2,3 / 95 = 0,02$$

Визначаємо площу виробничо-складських приміщень за формулою (1.8):

Для автомобілів КамАЗ 4310:

$$F_{в.с.} = 35 \cdot 3 \cdot 4,1 \cdot 1,05 \cdot 1,32 \cdot 0,5 \cdot 1,07 \cdot 0,82 = 335,38 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Для решти груп автомобілів розраховуємо аналогічно.

$$\text{Разом } \sum F_{в.с.} = 335,38 + 155,96 + 193,19 + 190,62 = 875,15 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$F_{в.с.} / A_{cn} = 875,15 / 95 = 9,21 \text{ м}^2 / \text{1авт}$$

Визначаємо площу допоміжних приміщень за формулою (1.8).

Для автомобілів КамАЗ 4310:

$$F_{доп} = 8,7 \cdot 3 \cdot 1,85 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 1,04 \cdot 0,98 = 40,75 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Для решти груп автомобілів розраховуємо аналогічно.

$$F_{доп} = 8,7 \cdot 6 \cdot 1,85 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 1,04 \cdot 0,98 = 81,50 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$\text{Разом } \sum F_{доп} = 40,75 + 40,75 + 40,75 + 40,75 + 40,75 = 203,75 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$F_{доп} / A_{cn} = 203,75 / 95 = 2,15 \text{ м}^2 / \text{1авт}$$

Визначаємо площу стоянки за формулою (1.8):

Для автомобілів КамАЗ 4310:

$$F_{с.м} = 37,2 \cdot 25 \cdot 1,04 \cdot 1,32 \cdot 1,27 = 2207,08 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Для решти груп автомобілів розраховуємо аналогічно.

$$\text{Разом } \sum F_{с.м} = 2207,08 + 207,08 + 1561,26 + 1207,04 + 1561,26 = 7743,72 \text{ (м}^2\text{)}.$$



$$F_{c.m} / A_{cn} = 7743,72 / 95 = 32,36 \text{ (м}^2 / \text{1авт)}$$

Визначаємо площу території за формулою (1.8).

а) Для автомобілів КамАЗ-4310:

$$F_T = 120 \cdot 6 \cdot 1,03 \cdot 1,3 \cdot 0,7 \cdot 1,08 \cdot 1,03 \cdot 0,93 = 698,16 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Для решти груп автомобілів розраховуємо аналогічно.

$$F_T = 120 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 1,3 \cdot 0,7 \cdot 1,08 \cdot 1,03 \cdot 0,93 = 1047,24 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$\text{Разом } \sum F_T = 698,16 + 698,16 + 1047,24 + 698,16 + 1047,24 = 4188,96 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$F_T / A_{cn} = 4188,96 / 95 = 44,09 \text{ м}^2 / \text{1авт}$$

Оцінку відповідності розрахованих ТЕПів нормативним значенням проводимо методом порівняння фактичних показників з розрахованими.

Порівняння нормативних та існуючих технічно-економічних показників показано в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 - Порівняння нормативних і фактичних значень ТЕП

Назва показника	Одиниці вимірювання	Фактичні	Нормативні
Число виробничих робітників	чол.	0,1	0,05
Кількість робочих постів	одиниць	0,1	0,02
Площа виробничо-складських приміщень	м <sup>2</sup> / од. РС	12,4	9,21
Площа допоміжних приміщень	м <sup>2</sup> / од. РС	4,3	2,15
Площа стоянки	м <sup>2</sup> / од. РС	37,5	32,36
Площа території	м <sup>2</sup> / од. РС	66,7	44,09

Результати аналізу:

а) чисельність виробничих робітників менше нормативного значення, що пов'язано з плинністю кадрів, обумовлених низьким рівнем заробітної плати;

б) число робочих постів зони ТО і ПР менше нормативних показників, що говорить про низький рівень механізації і автоматизації технологічних процесів виробництва;

в) площі виробничо-складських і допоміжних приміщень менші за нормативні значення;



г) площі стоянки автомобілів і площі території автотранспортного підрозділу дозволяють розмістити і в перспективі експлуатувати більше автомобілів.

В зв'язку з цим планується технічне переозброєння виробничо-технічної бази комплексу забезпечення роботоздатності автомобілів автотранспортного підрозділу.

## 2) Комплексна оцінка виробничо-технічної бази

Комплексну оцінку стану ВТБ виконуємо у відповідності з рекомендаціями [19] за такими напрямками: характеристика виробничих приміщень, стан технологічного устаткування, характеристика рівня технології ТО і ПР, рівень організації та управління виробництвом.

Виконаємо розрахунок показників, що характеризують виробничу потужність підприємства.

Фондооснащеність ВТБ розраховується за формулою:

$$\Phi_o = \frac{\Phi_{ВТБ}}{A_{сн}}, \quad (1.10)$$

де  $\Phi_{ВТБ}$  - вартість ВТБ, грн.;

$A_{сн}$  - облікова кількість автомобілів, одиниць.

$$\Phi_o = \frac{1842}{95} = 19,4 \text{ (тис.грн)}.$$

Забезпеченість виробничими площами для ТО і ПР:

$$s = \frac{S_{ф.н.н.}}{N_{зм}}, \quad (1.11)$$

де  $S_{ф.н.н.}$  - фактична площа приміщень для ТО і ПР, м<sup>2</sup> ;

$N_{зм}$  - змінна програма ТО і ПР, одиниць.



$$s = \frac{432}{3,19} = 135,4 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Характеристика виробничих приміщень: відстань між колонами - 6м; розмір прогону - 12 м; висота приміщення - 4 м; застосовувані будівельні конструкції: цегляні та залізобетонні; приміщення побудовано в каркасному залізобетонному виконанні з залізобетонними балками покриття та азбоцементною кривлею по металічним прогонам; фундаменти приміщення залізобетонні, збірно-монолітні.

Виробничі приміщення пристосовані для виконання робіт з ТО і поточного ремонту наявних автотранспортних засобів.

Придатність будівель і споруд розраховуємо за формулою:



$$n = \frac{B_3}{B_n}, \quad (1.12)$$

де  $B_3$  - залишкова вартість, грн.;

$B_n$  - первісна вартість, грн.

$$n = \frac{206}{632,23} = 0,33.$$

Стан технологічного устаткування характеризується структурою виробничих фондів, що складається з активної і пасивної частини, які оброблюються за наступними формулами:

$$C_a = \Phi_{ВТБ}^a / \Phi_{ВТБ}; \quad (1.13)$$

$$C_n = \Phi_{ВТБ}^n / \Phi_{ВТБ}, \quad (1.14)$$

де  $\Phi_{ВТБ}^a$  - активна частина фондів ВТБ, грн.;

$\Phi_{ВТБ}^n$  - пасивна частина фондів ВТБ, грн..

Згідно формул (1.13 і 1.14):



$$C_a = (1105,89 / 1842) \cdot 100\% = 60,1\% ;$$

$$C_n = (736,11 / 1842) \cdot 100\% = 39,9\% .$$

Фондооснащеність ремонтних робітників:

$$\Phi_{op} = \frac{\Phi_{VTB}}{K_{pp}} , \quad (1.15)$$

де  $K_{pp}$  - середньооблікова кількість ремонтних робітників.

$$\Phi_{op} = \frac{1842}{5} = 368,4(\text{тис.грн.}) .$$

Механооснащеність ремонтних робітників:

$$\Phi_m = \frac{\Phi_{VTB}^a}{K_{pp}} , \quad (1.16)$$

$$\Phi_m = \frac{1105,89}{5} = 221,18(\text{тис.грн.})$$

Аналіз стану ВТБ показує, що:

- зони і ділянки укомплектовані устаткуванням на 60-80% від нормативу. Частина устаткування є фізично спрацьованим і морально застарілим (приблизно 25%), воно підлягає оновленню;
- підприємство має недостатній рівень фондооснащеності, яка складає 79% від нормативних значень, визначених по нормативним питомим капіталовкладенням;
- більшість робіт на підприємстві виконується фактично вручну, тобто без наявного технологічного обладнання.

## 1.7 Висновки до розділу 1

Аналіз раніше виконаних досліджень в області економії палива дозволяє зробити наступні висновки:



1. У проведених роботах не в повній мірі відображені питання паливної економічності автомобілів з урахуванням спільного впливу температури, тиску, густини і вологості повітря.

2. Результати досліджень не розкривають з достатньою для практичних цілей повнотою зв'язок впливу змінних кліматичних умов експлуатації на витрату палива автомобілем.

3. Використовувана концепція враховує тільки тип двигуна і не враховує додаткових витрат палива в залежності від витрати повітря і його температури у впускному колекторі.

4. У попередніх роботах відсутня концепція формування витрат палива з урахуванням підігріву і підтримки сталої оптимальної температури повітря у впускному колекторі двигунів автомобілів.

5. Проаналізувавши стан виробництва ТО і ремонту автомобілів транспортного підрозділу військової частини А2287, можна виділити наступне:

- виробничих площ достатньо для забезпечення нормального технічного обслуговування і ремонту рухомого складу (п.1.2.2, таблиця 1.10);
- площа стоянки рухомого складу відповідає вимогам підприємства(п.1.2.2, таблиця 1.10);

Таким чином, в попередніх дослідженнях недостатньо розкрита проблема впливу температури, тиску, густини і вологості повітря на витрату палива автомобілями, що не дозволяє забезпечити ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів на підприємствах, що експлуатують вантажний автотранспорт в розглянутих умовах.

## **РОЗДІЛ 2**

### **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ВИТРАТУ ПАЛИВА АВТОМОБІЛЯМИ.**

#### **2.1 Загальна методика досліджень**



Для вирішення перелічених в розділі 1 задач проведені теоретичні та експериментальні дослідження (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 - Укрупнена схема загальної методики дослідження

Запропонована методика має на увазі проведення аналітичних і експериментальних досліджень. В рамках аналітичних досліджень необхідно розкрити механізм формування витрат палива при експлуатації автомобіля і встановити залежність впливу температури, тиску, густини і вологості навколишнього повітря на його витрату, розробити математичну модель, що враховує вплив всіх перерахованих вище параметрів на витрату палива,



розробити конструктивну технічне рішення для коригування параметрів повітря на вході в двигун.

Експериментальні дослідження мають на увазі перевірку досвідченим шляхом основних положень, висунутих в ході аналітичних досліджень. В рамках частини дослідження необхідно підтвердити або спростувати висунуті гіпотези. Подальшим етапом є аналіз результатів виконаної роботи, в ході якого визначаються основні шляхи практичного використання результатів дослідження. Завершальною стадією є впровадження результатів дослідження в практичну діяльність і оцінка отриманої ефективності.

## 2.2 Оцінка впливу параметрів навколишнього середовища на витрату палива автомобіля

Відповідно до системного підходу після визначення цілей і завдань роботи необхідно позначити межі досліджуваної системи. В даному випадку в якості досліджуваної системи виступає вантажний автомобіль, при цьому умови експлуатації розглядаються в якості зовнішнього середовища. Основним вихідним параметром даної системи виступає витрата палива вантажного автомобіля в залежності від зміни температури, тиску, густини і вологості повітря.

У розділі 1 були описані закономірності формування фактичних витрат палива при експлуатації в різних природно-кліматичних умовах, а також були вказані шляхи його мінімізації. Одним з конкретних шляхів забезпечення ресурсозбереження на підприємстві є зниження витрат. Звідси випливає, що мінімум витрат на паливо при експлуатації вантажного автомобіля є цільовою функцією:

$$f = Z_{\text{нал}} \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де -  $Z_{\text{нал}}$  - витрати на паливо, грн.



У загальному вигляді дана модель має наступний вигляд:

$$Z_{\text{нал}} = C \cdot G_{\text{ф}}, \quad (2.2)$$

де  $C$  - ціна палива, грн.;

$G_{\text{ф}}$  - фактичні витрати палива при перевезенні вантажу, л / 100 км.

З метою розкриття механізму формування витрат палива автомобіля в різних природно-кліматичних умовах була розроблена схема, представлена на рисунку 2.2.

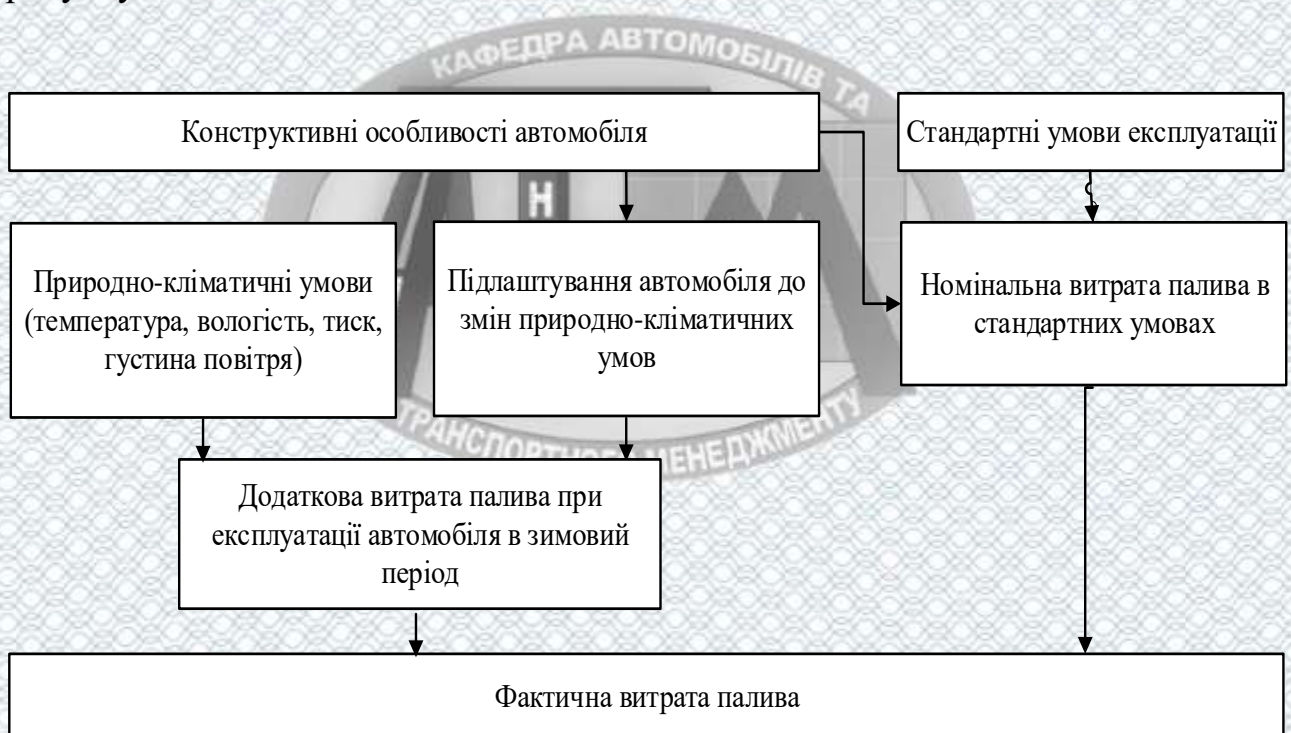


Рисунок 2.2 - Механізм формування витрат палива автомобіля в спорядженому стані при експлуатації в різних природно-кліматичних умовах

*Витрата палива в умовах низьких температур.* Встановлення причинно-наслідкових зв'язків впливу факторів зовнішнього середовища на витрату палива автомобілем є основою ресурсозбереження при експлуатації.

Витрата палива зростає не тільки в зв'язку зі збільшенням витрати палива ДВЗ, але й за підвищення опору шин і трансмісії, зростання опору повітря,



погіршення теплового стану двигуна і специфікою роботи відомчого і технологічного транспорту, пов'язаною з тривалими простоями [13].

Згідно роботі [19], на частку шин припадає понад 50% збільшення витрати палива, на частку трансмісії - 10-30%, на частку аеродинамічного опору - 10-30%.

Зіставляючи викладене, витрату палива  $G_T$  при низьких температурах навколишнього середовища  $t_g$  можна виразити аналітично в наступному вигляді [38, 29]:

$$G_T = G_1 + G_2 + G_3, \quad (2.3)$$

де  $G_1$  - витрата палива на рух автомобіля з усталеними температурами його елементів;

$G_2$  - витрата палива на прогрів двигуна на холостому ході під час тривалих стоянок;

$G_3$  - витрата палива на прогрів охолоджених елементів автомобіля при русі його після тривалих стоянок за зміну.

*Витрата палива при русі автомобіля з прогрітими елементами.* В узагальненому вигляді витрати палива в залежності від температури навколишнього повітря  $G$  має такий вигляд [13]:

$$G_T = g_0 + \Delta g, \quad (2.4)$$

де  $g_0$  - оптимальна (мінімальна) витрата палива;

$\Delta g$  - додаткова витрата палива, пов'язана зі змінами параметрів повітря.

Ефективність автомобілів можна виразити виходячи із загальної закономірності формування реалізованих показників автомобілів в залежності від стану повітря, а витрату палива описати наступною математичною моделлю [13]:



$$Y = f(y_n; x; h), \quad (2.5)$$

де  $Y$  - витрата палива;

$y_n$  - номінальні значення показників (наприклад, номінальна вантажопідйомність, потужність двигуна і ін. показники);

$x$  - умови експлуатації, які представляють собою сукупність факторів  $x_1; x_2 \dots x_n$ , названу факторним простором;

$h$  - надійність, захищає двигуни від несприятливого впливу зберігання і умов експлуатації. До цих факторів належать засіб полегшення запуску двигунів, природнокліматичні умови і умови експлуатації, конструктивна надійність.

Такі загальні закономірності. Однак практика показує, що перераховані вище фактори з різним ступенем впливають на різні автотранспортні засоби і двигуни внутрішнього згорання: для двигунів однієї моделі величина  $Y$  змінюється більш інтенсивно, для іншої моделі - менш інтенсивно, що і характеризується співвідношенням параметра чутливості витрати палива. Тому з практичної точки зору дуже важливо вміти оцінювати ступінь цієї пристосованості до конкретних марок і моделей автотранспортних засобів.

Паливну економічність по фізичній властивості дозволяє розкрити параметр чутливості  $S$ , який характеризує інтенсивність витрати палива при зміні факторів впливу (температура, тиск, густина і вологість повітря).

Конкретизувавши цю математичну модель витрати палива в залежності від впливу параметрів повітря на вході в двигун, отримаємо [13]:

$$Y_e = f(\rho_e; P_e; \beta_e; S), \quad (2.6)$$

де  $\rho_e$  - густина повітря в колекторі;

$P_e$  - тиск повітря в колекторі;

$\beta_e$  - вологість повітря;

$S$  - параметр чутливості витрати палива до зміни температури повітря.



В рамках проведених аналітичних досліджень автором розкрито механізм формування витрат палива в залежності від параметрів навколишнього середовища, таких як температура, тиск і вологість, при експлуатації вантажного автомобіля. Дана залежність представлена на графіку рисунок 2.3.

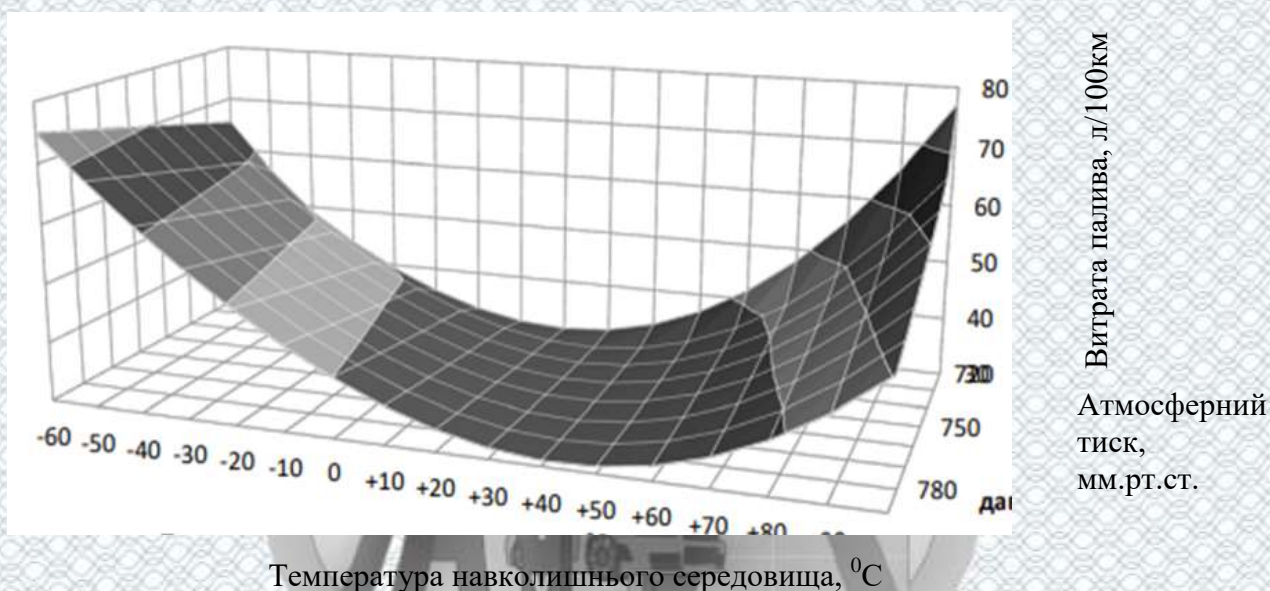


Рисунок 2.3 - Залежність витрати палива від параметрів навколишнього середовища при вологості 60% (на прикладі автомобіля Урал-4320)

Значення  $\rho_v$ ,  $P_m$ ,  $\beta_v$  прямо пропорційно залежать від температури повітря в колекторі. Від цих же факторів залежить і витрата палива, тоді формула (2.6) набуде вигляду наступної математичної моделі [13]:

$$Y_g = f(t_g; g_0; S), \quad (2.7)$$

де  $Y_g$  - загальна витрата палив тих чи інших автомобілів;

$t_g$  - температура повітря у впускному колекторі;

$g_0$  - оптимальна витрата палива.

Таким чином, можна припустити, що необхідним умовам найбільш повно задовольняє математична модель, описана формулою (2.4).

Відповідно до раніше проведеним дослідженням [21] встановлено, що



$$\Delta g = S \cdot (t_g - t_0)^2, \quad (2.8)$$

де  $t_g$  - температура навколишнього повітря;

$t_0$  - оптимальна температура повітря на вході в двигун, при якій забезпечується мінімальна витрата палива.

З урахуванням цього формула (2.4) набуде вигляду:

$$G_T = g_0 + S \cdot (t_g - t_0)^2, \quad (2.9)$$

### 2.3 Оцінка параметрів робочої суміші в кінці впуску

Як було відзначено в підрозділі 1.1, стандартними експлуатаційними умовами при проектуванні двигунів прийнято вважати такі параметри навколишнього середовища: барометричний тиск - 750-760 мм рт. ст., температура навколишнього повітря -  $+20 \div +25$  °С, вологість повітря - 30%. При цьому показники процесу пуску мають такі значення (таблиця 2.1) [7].

Таблиця 2.1 - Показники процесу впуску

Тип двигуна	Коефіцієнт наповнення ( $\eta_v$ )	Температура в кінці впуску ( $T_a$ ), °С	Тиск в кінці впуску ( $P_a$ ), МПа
Без наддува:			
- бензиновий і газовий	0,70...0,90	47...97	0,080...0,095
- дизель	0,80...0,94	37...77	0,082...0,097
С наддувом	0,90...0,98	47...127	0,090...0,098

Температура в кінці впуску для двигуна без наддуву визначається за формулою [7]:



$$T_a = \frac{T_K + \Delta T + \xi_{доз} \cdot \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r}, \quad (2.10)$$

де  $T_K$  - температура свіжого заряду перед надходженням в циліндр;

$\Delta T$  - підігрів заряду у впускному трубопроводі;

$\xi_{доз}$  - коефіцієнт дозарядки;

$\gamma_r$  - коефіцієнт залишкових газів;

$T_r$  - температура залишкових газів.

Для двигуна без наддуву  $T_K = T_0$  ( $T_0$  - температура навколишнього середовища), з наддувом вона дорівнює температурі заряду після компресора [22]:

$$T_K = T_0 + \frac{T_0 (\pi_k^{1-\frac{1}{k}} - 1)}{\eta_K^{ад}}, \quad (2.11)$$

де  $\pi_k$  - ступінь підвищення тиску при наддуві;

$\eta_K^{ад}$  - адіабатичний ККД компресора (для відцентрових - 0,68 ÷ 0,74, для об'ємних - 0,66 ÷ 0,76);

$k$  - показник адіабати (приймається  $k = 1,40$ ).

При наявності проміжного охолоджувача температура повітря після нього визначається з урахуванням коефіцієнта ефективності охолоджувача наддувного повітря  $\sigma_{охл}$ :

$$T'_K = T_K - \sigma_{охл} \cdot (T_K - T_{охл}), \quad (2.12)$$

де  $\sigma_{охл} = 0,5 \div 0,6$  для повітря-повітряного охолоджувача і 0,8 - для рідинного;

$T_{охл}$  - температура повітря після охолоджувача.

У процесі подачі свіжого заряду в циліндр, він підігрівається від гарячих поверхонь впускного колектора і циліндра, а також залишкових газів, Кількість



теплової енергії  $T$  одержуваної зарядом, залежить від конструктивних рішень двигуна. При розрахунках величина підігріву приймається на підставі даних (таблиця 2.2) [7, 14].

Для двигунів з наддувом менші значення  $\Delta T$  відповідають більшим значенням  $\pi_K$ .

Таблиця 2.2 - Величина підігріву заряду у впускному трубопроводі

Тип двигуна	$\Delta T$
Бензиновий і газовий	0..20
Дизель без наддуву	10...40
Дизель з наддувом	0...10

На основі аналітичних даних були отримані наступні значення температури повітря в кінці впуску для різних типів двигунів при зміні температури навколишнього середовища (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 - Температура в кінці впуску при зміні температури навколишнього середовища

Температура навколишнього середовища, °C	Тип двигуна							
	бензиновий		дизельний		бензиновий з наддувом		дизельний з наддувом	
	К	°C	К	°C	К	°C	К	°C
-40	277	4	260	-13	291	18	270	-3
-30	287	14	270	-3	301	28	280	7
-20	296	23	280	7	312	39	291	18
-10	306	33	289	16	322	49	301	28
0	315	42	299	26	332	59	312	39
10	324	51	309	36	343	70	322	49
20	334	61	318	45	353	80	333	60
30	343	70	328	55	363	90	343	70
40	353	80	338	65	373	100	354	81

Для двигунів з наддувом прийняті наступні параметри:  $\pi_K = 2,9$ ;  $\eta_K^{ad} = 0,8$ ;  $\sigma_{охл} = 0,8$ .



Таким чином, можна зробити висновок, що при температурі навколишнього повітря нижче  $+10 \div +20$  °С температура повітря в кінці впуску з урахуванням теплообміну у впускному колекторі нижча оптимальної, особливо у дизельних двигунів.

#### **2.4 Оцінка впливу параметрів повітря у впускному колекторі двигуна на витрату палива автомобіля**

Густину повітря можна підвищити, підвищуючи тиск надходячого в циліндри двигуна повітря, тому що густина повітря  $\rho_v$  зростає пропорційно тиску  $P_a$ , а, отже, збільшується і літрова потужність. Кількість теплоти, що виділяється паливом, зростає в результаті його гарного перемішування з повітрям і його кращого випаровування в камері згоряння за рахунок підігріву повітря у впускному колекторі, що і підтвердили дослідження. В результаті досліджень було доведено, що робота, яка витрачається на стиснення і отримується при розширенні газу, пропорційна його початковій температурі. Повітря, вступаючи в електронагрівальний елемент (ЕНЕ) при відносно низькій температурі, нагрівається і розширюється при більш високій температурі, потім в камері згоряння воно знову розширюється при ще більш високій температурі, виконуючи більшу роботу, ніж та, яка була витрачена на його розігрів і стиснення [14].

Підвищення номінальної потужності і економічності двигунів можна досягти також за рахунок коригування густини повітря коефіцієнтом надлишку повітря  $\alpha$ . В сучасних швидкохідних двигунах в процесі впуску утворюються коливальні рухи повітря, які призводять до виникнення хвиль тиску у впускному трубопроводі. Це явище широко використовується для збільшення густини повітря  $\rho_v$ , що надходить в циліндри сучасних двигунів, яка визначається за формулою [14]:



$$\rho_{\epsilon} = \frac{P_{mp}}{R_{\epsilon} \cdot T_{mp}}, \quad (2.13)$$

де  $P_{mp}$  і  $T_{mp}$  - тиск (Па) і температура (К) повітря у впускному трубопроводі відповідно;

$R_{\epsilon}$  - універсальна газова стала повітря (для сухого повітря  $R_{\epsilon} = 287$  Дж / кг · К, для повітря з відносною вологістю 80%  $R_{\epsilon} = 289$  Дж / кг · К).

Грунтуючись на формулі (2.13), можна визначити температуру повітря у впускному колекторі  $T_{mp}$  [14]:

$$T_{mp} = \frac{P_{mp}}{R_{\epsilon} \cdot \rho_{\epsilon}}, \quad (2.14)$$

де  $P_{mp}$  - тиск повітря у впускному колекторі під час вимірювань;

$\rho_{\epsilon}$  - густина повітря у впускному колекторі під час вимірювань;

$R_{\epsilon}$  - універсальна газова стала повітря.

Далі визначаємо густина повітря за формулою (2.4) [14]:

$$\rho_{\epsilon} = \rho_0 \cdot \frac{1}{1 + \beta \cdot t}, \quad (2.15)$$

де  $\rho_0$  - густина повітря при 0 °С;

$\beta$  - коефіцієнт об'ємного розширення;

$t$  - кінцева температура повітря.

Коефіцієнт об'ємного розширення визначається за формулою:

$$1 + \beta \cdot t = \frac{T}{273}, \quad (2.16)$$

де  $T$  - температура навколишнього середовища під час вимірювань.



Підставляючи рівняння (2.16) в формулу (2.15), отримуємо:

$$\rho_{\epsilon} = \rho_0 \cdot \frac{1}{T/273} = \frac{273 \cdot \rho_0}{T}. \quad (2.17)$$

Потім, підставляючи в формулу (2.17) формулу (2.14), визначаємо необхідну температуру повітря у впускному колекторі з урахуванням температури  $T$ , тиску  $P_{mp}$ , густини  $\rho$  і вологості  $R_{\epsilon}$  [14]:

$$T_{mp} = \frac{P_{mp}}{\rho_{\epsilon} \cdot R_{\epsilon}} = \frac{P_{mp}}{\frac{273 \cdot \rho_0 \cdot R_{\epsilon}}{T}} = \frac{P_{mp} \cdot T}{273 \cdot \rho_0 \cdot R_{\epsilon}}. \quad (2.18)$$

Таким чином, встановлена залежність між температурою повітря на вході в двигун і параметрами повітря у впускному трубопроводі.

Підставляючи формулу (2.18) (з урахуванням переведення в °C) в формулу (2.9), отримуємо математичну модель для розрахунку витрати палива в залежності від температури, тиску, вологості і густини повітря у впускному колекторі двигуна [14]:

$$G_T = g_0 + S \cdot \left( \left( \frac{P_{mp} \cdot T_{mp}}{273 \cdot \rho_0 \cdot R_{\epsilon}} - 273 \right) - t_0 \right)^2, \quad (2.19)$$

де  $G_T$  - витрата палива при фактичній температурі повітря, що надходить в двигун;

$g_0$  - оптимальна витрата палива при температурі  $t_0$  на вході в двигун;

$S$  - параметр чутливості витрати палива до зміни температури повітря;

$t_0$  - оптимальна температура на вході в двигун.

Для знаходження середнього значення витрати палива необхідно застосовувати формулу [12]:



$$\bar{G}_T = g_0 + S \cdot \left[ \left( \frac{P_{mp} \cdot T_{mp}}{273 \cdot \rho_0 \cdot R_e} - 273 \right) - t_0 \right]^2 + \sigma_t^2, \quad (2.20)$$

де  $\sigma_t^2$  - дисперсія температури повітря у впускному трубопроводі за час випробувань.

Дана математична модель застосовується для великих проміжків пробігу автомобілів, режим експлуатації яких не можна вважати постійним, так як він має виражений змінний характер. Дисперсія визначається за формулою [39]:

$$\sigma_t^2 = \frac{(t_1 - t_{cp})^2 + (t_2 - t_{cp})^2 \dots (t_n - t_{cp})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n (t_i - t_{cp})^2}{n-1}. \quad (2.21)$$

Параметр чутливості витрати палива до зміни температури у різних моделях ДВЗ визначається конкретно для кожної моделі. В даному випадку середній параметр чутливості визначено за формулою  $S = \Sigma Si$ , який означає, що в разі складання результатів параметрів чутливості модель системи матиме оптимальне значення вихідного параметра  $S$ , який знаходиться в межах  $0 \leq S < \infty$  і визначається за формулою [12]:

$$S = \frac{g - g_0}{(t_0 - t_{ex})^2}, \quad (2.22)$$

де  $g_0$  - мінімальна витрата палива при нормальній (оптимальній) температурі повітря  $t_0$  на вході в двигун;

$g$  - витрата палива при температурі  $t_{ex}$  повітря.

## 2.5 Оцінка граничної потужності електронагрівального елемента

Відповідно до завдань роботи і результатів проведених теоретичних досліджень була розроблена математична модель, яка дозволяє визначити



потужність електронагрівального елемента в залежності від параметрів повітря у впускному колекторі і витрати повітря.

Критерієм гранично допустимої питомої потужності поверхні нагрівального елемента, що працює в повітряному середовищі, є максимально допустима температура гріючої поверхні. Електронагрівальне обладнання, що застосовується на автомобілях, класифікують по періоду дії:

- в передпусковий період;
- в процесі пуску;
- під час експлуатації в умовах низьких температур.

Електронагрівачі, які застосовуються для теплової підготовки повітря і двигуна, розрізняють: за конструктивними особливостями підведення теплоти, способу її отримання та умов її експлуатації. Необхідний теплообмін між нагрівачем і середовищем, що переносить тепло, досягається створенням відповідної площі зовнішньої поверхні, що віддає теплоту. У конструкції нагрівального елемента передбачено регулювання потужності і відключення його при сталій температурі (наприклад, для бензинових двигунів вище +54 °С і для дизельних - +67 °С).

Спочатку необхідно визначити кількість тепла для підігріву всієї маси повітря, що проходить через впускний колектор:

$$Q = m \cdot g, \quad (2.23)$$

$$g = C_p \cdot (t_2 - t_1), \quad (2.24)$$

де  $m$  - масова витрата повітря, кг / год;

$g$  - кількість тепла, необхідна для нагрівання 1 кг повітря, Дж / кг;

$C_p$  - масова теплоємність повітря при постійному тиску, Дж / кг °С;

$t_2$  - оптимальна температура повітря у впускному колекторі, °С;

$t_1$  - температура навколишнього середовища, °С.



Для розрахунку потужності нагрівального елемента використовувалася формула:

$$N = \frac{Q}{\tau}, \quad (2.25)$$

де  $N$  - потужність нагрівального елемента, Вт;

$\tau$  - час нагрівання, с.

З урахуванням формули (2.18) формула (2.24) набуде вигляду

$$g = C_p \left[ t_2 - \left( \frac{T_{mp} \cdot P_{mp}}{273 \cdot \rho_0 \cdot R_g} - 273 \right) \right]. \quad (2.26)$$

Підставляючи рівняння (2.26) в модель (2.23), отримуємо формулу для розрахунку кількості тепла з урахуванням параметрів повітря:

$$Q = m \cdot C_p \left[ t_2 - \left( \frac{T_{mp} \cdot P_{mp}}{273 \cdot \rho_0 \cdot R_g} - 273 \right) \right]. \quad (2.27)$$

Таким чином, математична модель для розрахунку необхідної потужності електронагрівального елемента з урахуванням параметрів повітря має вигляд:

$$N = \frac{m \cdot C_p \left[ t_2 - \left( \frac{T_{mp} \cdot P_{mp}}{273 \cdot \rho_0 \cdot R_g} - 273 \right) \right]}{3600 \cdot \tau}. \quad (2.28)$$

## 2.6 Висновки до розділу 2

В результаті виконаних теоретичних досліджень сформульовані гіпотези про вид математичних моделей основних розглянутих залежностей. Вид цих моделей наведено в таблиці 2.4.



Таблиця 2.4 - Моделі основних закономірностей

Назва процесу	Модель
Витрата палива в залежності від температури навколишнього середовища	$G_T = g_0 + S(t_e - t_0)^2$
Залежність між температурою повітря на вході в двигун і параметрами повітря в впускному колекторі	$T_{mp} = \frac{P_{mp} \cdot T}{273 \cdot \rho_0 \cdot R_e}$
Витрата палива в залежності від температури, тиску, вологості і густини повітря у впускному колекторі	$G_T = g_0 + S \cdot \left( \left( \frac{P_{mp} \cdot T_{mp}}{273 \cdot \rho_0 \cdot R_e} - 273 \right) - t_0 \right)^2$
Середня витрата палива в залежності від параметрів повітря у впускному колекторі	$\bar{G}_T = g_0 + S \cdot \left[ \left( \frac{P_{mp} \cdot T_{mp}}{273 \cdot \rho_0 \cdot R_e} - 273 \right) - t_0 \right]^2 + \sigma_t^2$
Кількість тепла, необхідна для нагрівання повітря, яке проходить через впускний колектор	$Q = m \cdot C_p \left[ t_2 - \left( \frac{T_{mp} \cdot P_{mp}}{273 \cdot \rho_0 \cdot R_e} - 273 \right) \right]$
Потужність електронагрівального елемента	$N = \frac{m \cdot C_p \left[ t_2 - \left( \frac{T_{mp} \cdot P_{mp}}{273 \cdot \rho_0 \cdot R_e} - 273 \right) \right]}{3600 \cdot \tau}$



## РОЗДІЛ 3

### ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

#### 3.1 Методика експериментальних досліджень

Методика експериментальних досліджень передбачає проведення наступних етапів:

- розробку плану експерименту, вибір об'єкта і обсягу випробувань;
- збір і опрацювання даних показників датчиків в ході експерименту під час проведення експлуатаційних випробувань;
- збір даних про фактичні показники навколишнього середовища;
- експериментальну оцінку інтенсивності зміни витрати палива при різних параметрах повітря;
- обробку та аналіз результатів експерименту.

Доказ або спростування висунутих в ході аналітичних досліджень гіпотез неможливі без проведення експериментальних досліджень, в ході яких можна також підтвердити справедливість аналітичних залежностей для автомобілів різних марок і моделей.

Результати будь-якого експерименту і висновки, які з них можна зробити, залежать у великій мірі від того, яким чином збираються дані. Для найбільш ефективного проведення експерименту необхідно застосовувати науковий підхід при його плануванні.

Двигун і органи управління транспортного засобу повинні бути відрегульовані відповідно до рекомендацій заводу-виготовлювача [9].

До проведення випробування транспортний засіб повинен знаходитися в такому місці, в якому підтримується практично постійна температура  $+20 \div +30$  °С. Ця умова має виконуватися протягом не менше 6 год до тих пір, поки температура мастила в двигуні і охолоджуючої рідини (при наявності) не досягне  $\pm 2$  °С температури навколишнього середовища [12].



Транспортний засіб має бути чистим, все скло і повітрозабірники повинні бути закриті; м'який відкидний верх або тент повинен знаходитися в робочому положенні. Працювати має лише те обладнання транспортного засобу, яке необхідне для проведення випробування. Якщо є пристрій підігріву впускного повітря з ручним управлінням, він повинен знаходитися в положенні, вказаному підприємством-виробником для такої температури навколишнього середовища, при якій проводиться випробування. Як правило, повинні працювати допоміжні пристрої, необхідні для нормального функціонування транспортного засобу [9].

Агрегати і механізми транспортного засобу, яку не беруть участь у русі по дорогах з удосконаленим покриттям (додатковий ведучий міст, коробка відбору потужності та ін.), повинні бути вимкнені; в роздавальній коробці повинна бути включена підвищена передача.

Якщо вентилятор системи охолодження обладнаний терморегулятором, то він повинен знаходитися на транспортному засобі в нормальному положенні. Система обігріву салону повинна бути відключена; також повинна бути відключена система кондиціонування повітря, проте її компресор повинен нормально функціонувати [9].

Застосовувані шини повинні відповідати одному з типів шин, які визначені підприємством-виготівником, причому тиск повітря в них повинен відповідати рекомендаціям підприємства-виготівника для навантаження і максимальної швидкості, що розвивається в процесі випробування. Шини не повинні мати пошкоджень, а також повинні пройти обкатку одночасно з транспортним засобом, або глибина їх протектора повинна становити не менше 50% початкової глибини [9].

В якості палива при випробуваннях застосовується відповідне еталонне паливо визнане Європейською координаційною радою.

Відстані повинні вимірюватися з точністю до 0,3%, час має вимірюватися з точністю до 0,2 с. Пристрої, що вимірюють витрату палива, пройдену відстань і час, повинні включатися одночасно [9].



Паливо повинно надходити в двигун через пристрій, здатний визначати витрату з точністю до  $\pm 2\%$ : цей пристрій не має змінювати тиск і температуру палива (визначені на вході в вимірювальне пристрій) більш ніж на  $\pm 10\%$  що стосується тиску, і  $\pm 5 \text{ K}$  ( $5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) відносно температури [9].

Витрата палива під час випробування визначався за допомогою штатних датчиків автомобілів. Читання значень дорожніх витрат палива здійснювалося за допомогою підключення ПК (ноутбука) до бортової системи діагностики автомобілів через адаптер VT-ECU (Рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 - Реєстрація вимірів за допомогою програмного забезпечення Check-Engine

Адаптер VT-ECU також є закінченим електронним пристроєм, що служить для підключення до бортової системи діагностики автомобілів через інтерфейс K-Line або CAN. Зчитані з датчиків і електронного блоку управління (ЕБУ) автомобіля дані можна відобразити на екрані ПК за допомогою програмного забезпечення Check-Engine (розробник ТОВ НВП «АСЕ»). Для підключення адаптера VT-ECU до діагностичного роз'єму автомобіля використовувався спеціальний кабель K-Line.

За допомогою адаптера VT-ECU можна вивести на екран ПК значення наступних параметрів автомобіля в режимі реального часу:

- 1) оберти колінчастого вала двигуна, об / хв;



- 2) швидкість, км / год;
- 3) температура впуску, °С;
- 4) тиск палива, бар;
- 5) масова витрата повітря, кг / год;
- 6) температура охолоджуючої рідини, °С;
- 7) кут випередження запалювання, °;
- 8) положення дросельної заслінки, %;
- 9) час роботи двигуна, хв;
- 10) рівень палива в баку, %;
- 11) бортова напруга, В;
- 12) пройдений шлях, км;
- 13) загальний час в дорозі, хв;
- 14) загальна витрата палива за їзду, км;
- 15) середня витрата палива за їзду, л / 100 км.

Виміри основних параметрів (витрата палива автомобілем, тиск, густина, вологість і температура) проводилися з використанням сучасних приладів:

- переносного персонального комп'ютера з встановленим ліцензованим програмним забезпеченням, схваленим виробниками автомобілів, що дозволяє через адаптер зчитувати всі основні параметри роботи двигуна;

- електронної станції, яка проводить основні виміри температури, тиску, вологості повітря в навколишньому середовищі. Зовнішній вигляд електронної метеостанції OREGON SCIENTIFIC BAR208HG представлений на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 - Зовнішній вигляд електронної метеостанції OREGON SCIENTIFIC BAR208HG



При проведенні експлуатаційних випробувань для знаходження залежності витрати палива від параметрів повітря дані вимірів заносилися в журнал експерименту (таблиця 3.1)

Таблиця 3.1 - Журнал експерименту

№ п/п	Дата	Температура повітря, °С	Тиск, мм.рт.ст.	Вологість, %	Температура в колекторі, °С	Витрата палива без вантажу, л/100 км
1	2	3	4	5	6	7

Згідно з нормативно-технічною документацією досліджуваних автомобілів і двигунів, похибка визначення основних параметрів, необхідних для проведення експерименту, становить від 0,01-1% залежно від марки досліджуваного автомобіля. Отже, розподіл експериментальних даних підпорядковується нормальному закону.

Грубі помилки спостережень можуть виникнути через помилки показань вимірювальних приладів, помилок реєстрації, випадкового зсуву коми в десятковому записі числа і т.д.

Нехай, наприклад,  $x^*$ ,  $x_1$ ,  $x_2$ , ...,  $x_n$  - сукупність наявних спостережень, причому  $x^*$  різко виділяється. Необхідно вирішити питання про приналежність різко виділеного значення до решти спостережень.

Для ряду спостережень  $x_1$ ,  $x_2$ , ...,  $x_n$  розраховують середнє арифметичне  $\bar{x}$  і «виправлене» середнє квадратичне відхилення  $s$ . При справедливості гіпотези  $H_0: x_0 = x^*$  про приналежність  $x^*$  до решти спостережень статистики  $t = (\bar{x} - x^*)/s$  має  $t$ -розподіл Стьюдента з  $k = n - 1$  ступенями свободи.

Конкуруюча гіпотеза  $H_1$  має вигляд  $x_0 > x^*$  або  $x_0 < x^*$  - в залежності від того, чи різко виділене значення більше або менше за інших спостережень. Гіпотеза  $H_0$  відкидається, якщо  $|t| > t_{кр}$ , і приймається, якщо  $|t| \leq t_{кр}$  [15].



### 3.2 Результати експериментальних досліджень по витраті палива

Дослідження проводилися в автотранспортному підрозділі військової частини А2287 місто Вінниця. В експерименті брали участь вантажні автомобілі КамАЗ-4310 і Урал-4320. Вибір автомобілів обумовлений їх широким використанням.

Метою дослідження було визначення витрати палива автомобілями при зміні параметрів навколишнього середовища.

Нормування витрати палива проводилося на основі розробленої та впровадженої у військовій частині методики. Прецеденти перевитрати палива аналізувалися і їх причини усувалися. Вони були пов'язані в основному з технічним станом автомобілів.

В результаті проведених досліджень були отримані наступні значення параметрів: для вантажного автомобіля Урал-4320 оптимальна температура ( $t_0$ ) на вході в двигун, при якій забезпечується оптимальна ( $min$ ) витрата палива, становила  $+15,6$  °С, параметр чутливості витрати палива до зміни температури повітря  $S$  -  $0,0038$ , для КамАЗ-4310  $t_0 = + 22,3$  °С і  $S = 0,0029$  відповідно. Потім відповідно до методики було визначено необхідну кількість замірів для отримання довірчого інтервалу витрати палива в 10% при довірчій ймовірності  $\alpha = 0,9$ . Всі розрахунки проведені для параметра чутливості  $S$ . Середнє квадратичне відхилення витрати палива склало  $s = 0,00081$ , значення випадкової похибки  $\Delta G = 0,00037$ . У частках середнього квадратичного відхилення  $\varepsilon = 0,045$ , що відповідно до роботи [22] вимагає не менше 12 парних вимірів взимку і такої ж кількості влітку. Потім були розраховані коефіцієнти відхилення витрати палива від оптимального значення для підконтрольної групи. Їх порівняння з розрахунковими показало, що при температурі від  $-10$  до  $-25$  °С відхилення не перевищує 5% і зменшується до 0,5-1% в інтервалі  $0 \div +25$  °С.

В процесі проведення експериментальних досліджень були отримані значення витрати палива автомобілями при температурі навколишнього повітря



від  $-25$  до  $+30$  °С і атмосферному тиску від 730 до 780 мм рт. ст., також враховувалася вологість повітря.

В ході експериментів було встановлено, що температура у впускному колекторі на випробовуваних автомобілях з дизельними двигунами з турбонаддувом при русі зі швидкістю 60 км / год без навантаження при температурі навколишнього повітря 0 °С становить  $+15 \div +25$  °С (рисунок 3.3), що не досягає розрахункових оптимальних значень.

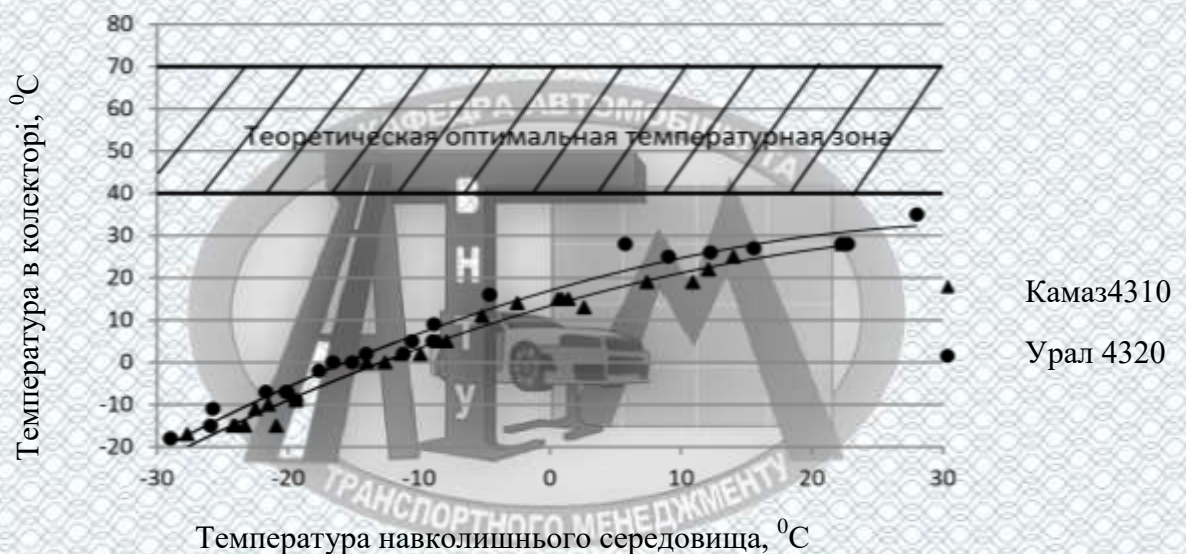


Рисунок 3.3 - Залежність температури повітря у впускному колекторі від температури навколишнього середовища

В ході випробувань були отримані значення оптимальної витрати палива  $g_0$  для автопоїздів КамАЗ-4310 і Урал-4320. Для розрахунку параметра чутливості  $S_M$  була застосована формула:

$$S_M = \frac{S}{g_0}, \quad (3.1)$$

де  $S_M$  - відносний параметр чутливості.

Отримані результати зведені в таблицю 3.2.



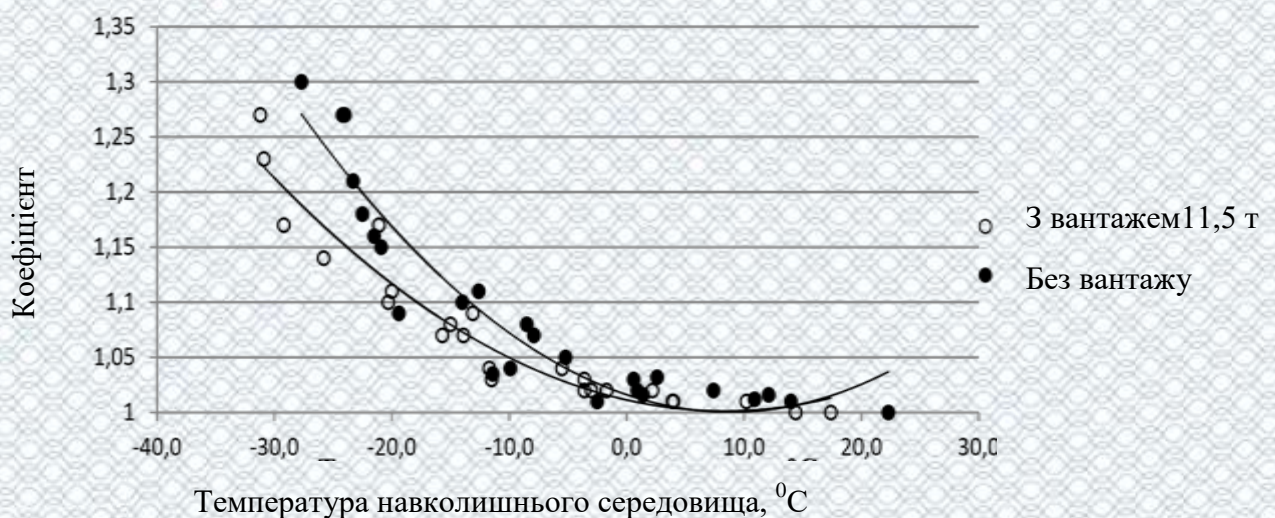
Таблиця 3.2 - Характеристики паливної економічності автопоїздів

Марка автопоїзда	Навантаження, т	$q_0$ , л/100 км	$t_0$ , °C	$S \times 10^4$	$S_m \times 10^6$
КамАЗ-4310 з причепом	11,5	39,3	17,4	36	96
	0	30,9	22,3	27	77
Урал-4320 з причепом	11,5	50,5	21,2	44	87
	0	38,3	15,6	38	99

Аналіз представлених результатів показує, що оптимальна температура навколишнього повітря по витраті палива для досліджуваних автомобілів знаходиться в інтервалі  $+15 \div +25$  °C (рисунок 4.2). У автомобіля з формулою  $6 \times 4$  оптимальна температура по витраті палива нижча, ніж у автомобіля з колісною формулою  $6 \times 6$ . Розрахунок коефіцієнтів відхилення фактичних витрат палива від оптимального проводиться за наступною формулою:

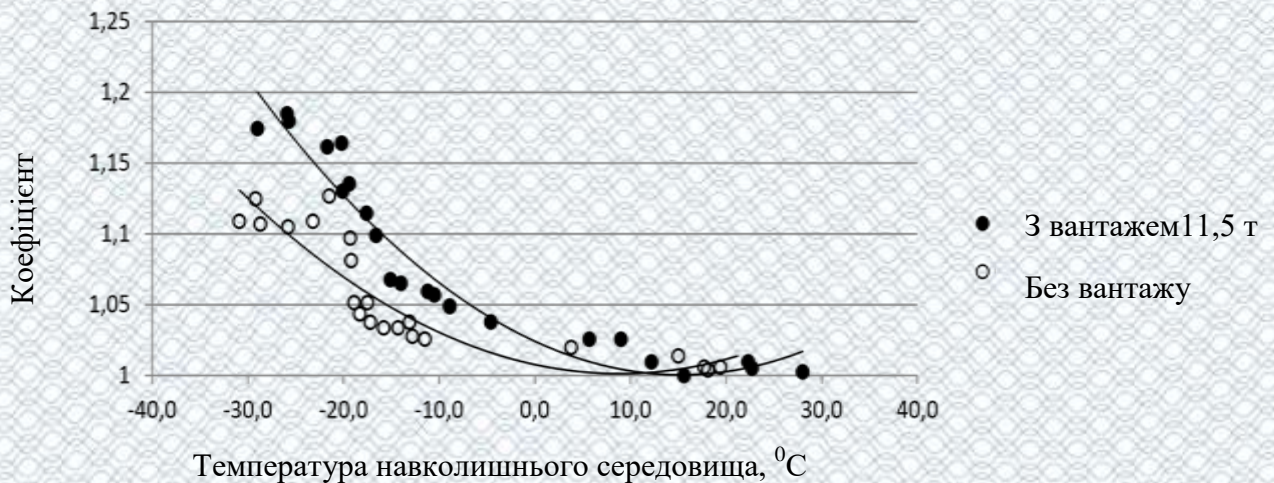
$$K = \frac{G_T}{g_0} \cdot K_{вл} = [1 + S(t_e - t_0)^2] \cdot K_{вл}, \quad (3.2)$$

де  $S$  - параметр чутливості коефіцієнта  $K_{вл}$  до зниження температури повітря, °C<sup>2</sup>.



а





б

Рисунок 3.4 – Коефіцієнт відхилення витрати палива у вантажних автомобілів з причепами: а – КамАЗ-4310 і б – Урал-4320

З аналізу експериментальних даних можна зробити висновок, що температура навколишнього середовища і навантаження по-різному впливають на зміну витрати палива одного автомобіля.

На рисунку 3.5 представлені залежності відхилень витрати палива від оптимального стосовно до досліджуваних автомобілів, причому різниця збільшення витрати палива при  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  досягає 9-10%, що не можна не враховувати. При відносній вологості від 0 до 60%  $K_{вл}$  при розрахунках звичайно приймають рівним 0,8, а при вологості більше 60%  $K_{вл} = 0,9$ .

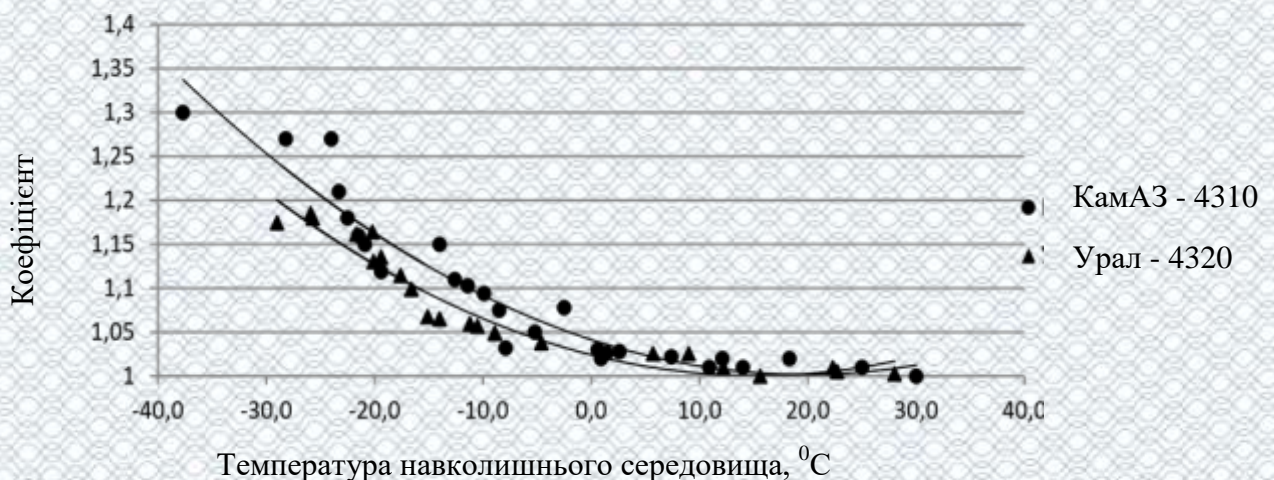


Рисунок 3.5 - Коефіцієнт відхилення витрати палива



Показник  $S$  і оптимальна температура  $t_0$  мають лінійну залежність від навантаження і вологості, таким чином, формулу (3.2) можна представити в наступному вигляді:

$$K = \{1 + (S_M + \gamma \cdot \Delta S) \cdot [t_{\epsilon} - (t_{об} - \gamma \cdot \Delta t)]^2\} \cdot K_{вл}, \quad (3.3)$$

де  $S_M$  - менше значення показника з таблиці 3.2;

$\gamma$  - коефіцієнт використання вантажопідйомності;

$\Delta S$  - позитивна різниця значень  $S$  для завантаженого і порожнього автомобілів із таблиці 3.2;

$\Delta t$  - позитивна різниця значень оптимальних температур для завантаженого і порожнього автомобілів з таблиці 3.2;

$K_{вл}$  - коефіцієнт вологості.

На підставі проведених експериментальних досліджень встановлено, що ступінь впливу зниження температури повітря і зміни його тиску і вологості на витрату палива залежить від пристосованості автомобілів до даних факторів та умов експлуатації.

### **3.3 Перевірка адекватності математичної моделі витрати палива, яка враховує параметри повітря, що використовується двигуном автомобіля в процесі експлуатації**

На наступному етапі була проведена оцінка адекватності запропонованої математичної моделі витрати палива за отриманими експериментальними даними. Дослідження проводилися при різних значеннях температури і тиску повітря, так само враховувалася його вологість через газову постійну  $R$ , яка при відносній вологості повітря від 60% і вище при розрахунках приймається рівною  $R = 289$  Дж / кг · К, а при вологості менше 60%  $R = 287$  Дж / кг · К [13].  $\Delta g$  визначається за допомогою датчиків  $P_{тр}$ ,  $T_{тр}$ , встановлених в автомобілях.

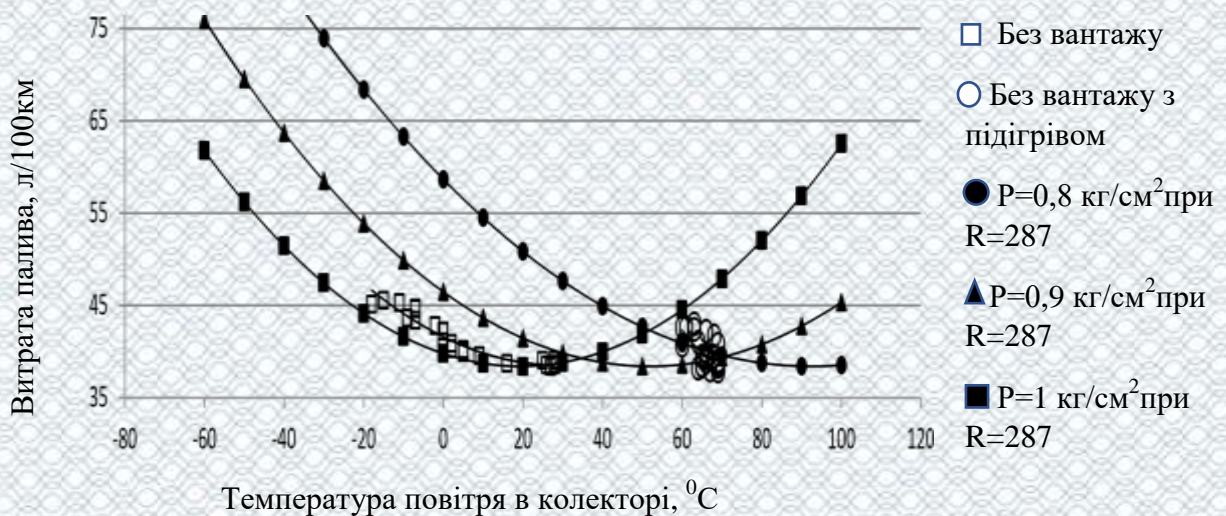


В результаті отримані емпіричні залежності витрати палива автомобілями від температури повітря на вході. Визначено чисельні значення параметрів математичних моделей (таблиця 3.3), що описують залежність витрати палива, та враховує параметри повітря, використаного двигуном автомобіля в процесі експлуатації.

Таблиця 3.3 - Математичні моделі витрати палива, які враховують параметри повітря, використаного двигуном автомобіля в процесі експлуатації

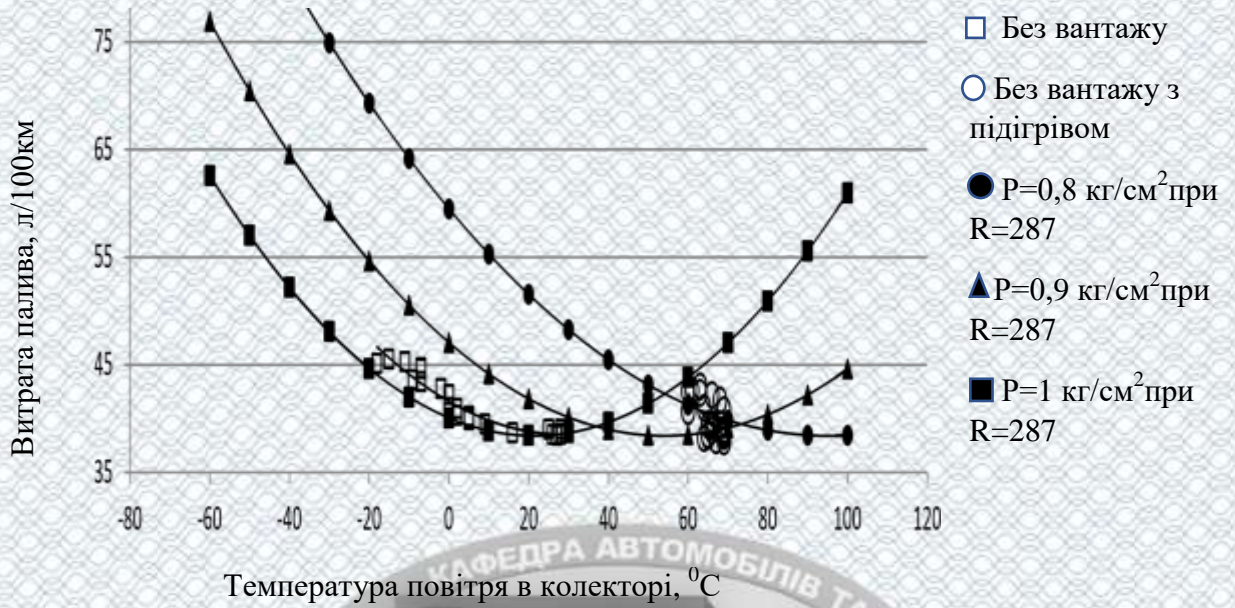
Автопоїзд		Математична модель
КамАЗ-4310 з причепом	Без вантажу	$G_T = 30,9 + 0,0027 \cdot \left( \left( \frac{P_{mp} \cdot T_{mp}}{273 \cdot \rho_0 \cdot R_g} - 273 \right) - 22,3 \right)^2$
	З вантажем 11,5 т	$G_T = 39,3 + 0,0036 \cdot \left( \left( \frac{P_{mp} \cdot T_{mp}}{273 \cdot \rho_0 \cdot R_g} - 273 \right) - 17,4 \right)^2$
Урал-4320 з причепом	Без вантажу	$G_T = 38,1 + 0,0038 \cdot \left( \left( \frac{P_{mp} \cdot T_{mp}}{273 \cdot \rho_0 \cdot R_g} - 273 \right) - 15,6 \right)^2$
	З вантажем 11,5 т	$G_T = 50,5 + 0,0044 \cdot \left( \left( \frac{P_{mp} \cdot T_{mp}}{273 \cdot \rho_0 \cdot R_g} - 273 \right) - 21,2 \right)^2$

На рисунках 3.6-3.7 представлений графічний вигляд моделі витрати палива. Чорними точками на графіку позначені розрахункові криві.



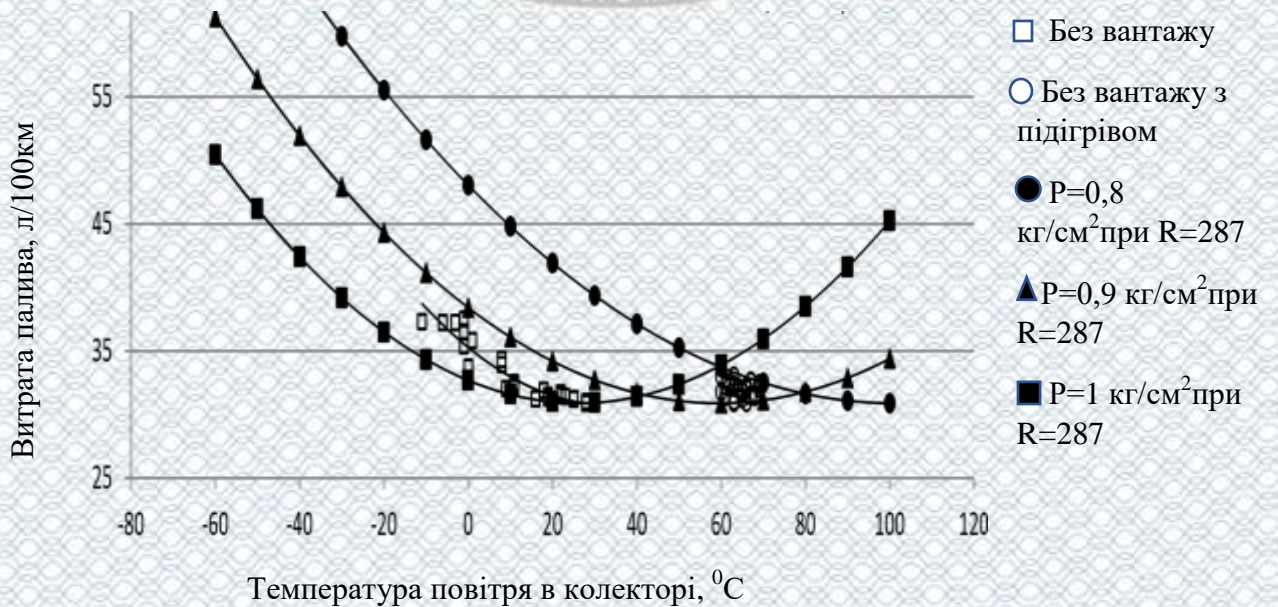
a





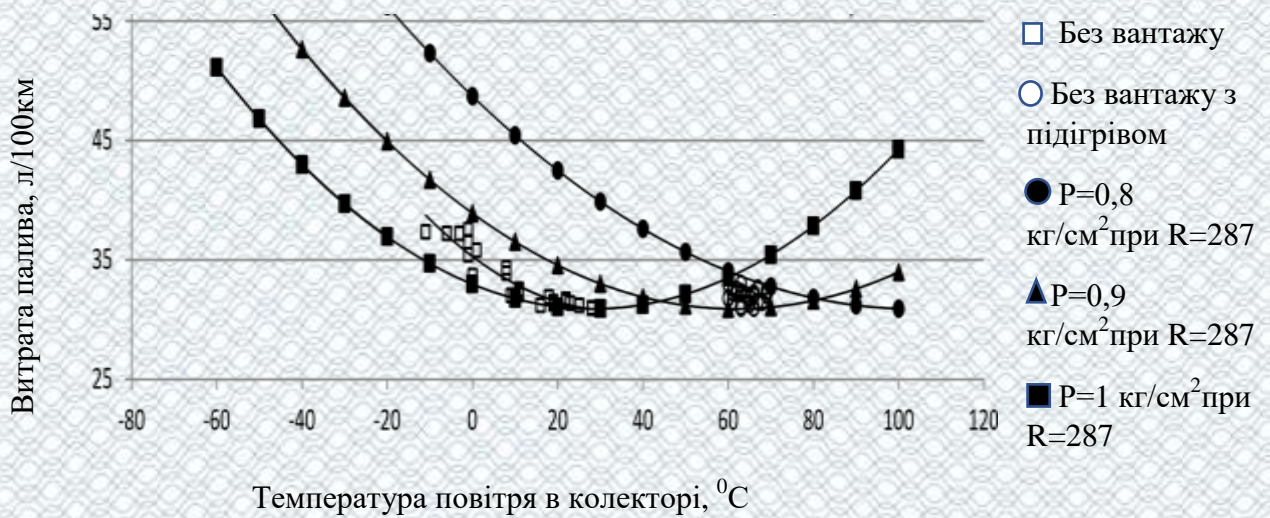
б

Рисунок 3.6 – Теоретична і експериментальна залежності витрати палива автомобіля Урал-4320 при вологості повітря у впускному колекторі: *a* – менше 60%, *б* – більше 60%.



а





б

Рисунок 3.7 – Теоретична і експериментальна залежності витрати палива автомобіля КамАЗ-4310 при вологості повітря у впускному колекторі: *а* – менше 60%, *б* – більше 60%

На рисунку 3.6, а крива витрати палива двигуном автомобіля Урал-4320 при тиску впуску 1 кг / см<sup>2</sup> більш полого, ніж двигуна КамАЗ-740 автомобіля КамАЗ-4310 (рисунок 3.7, а). У ДВЗ Урал-4320 оптимальна витрата палива знаходиться в інтервалі температур від 0 до +40 °С при всіх значеннях тиску і відносної вологості повітря до 60%, а у ДВЗ КамАЗ-740 - в інтервалі +20 ÷ +67 °С. При вологості більше 60% (рисунок 3.6, б і 3.7, б) інтервал температур зміщується в позитивну сторону: для двигуна автомобіля Урал-4320 інтервал становить +20 ÷ +67 °С, для ДВЗ автомобіля КамАЗ-4310 - +20 ÷ +80 °С.

На рисунках 3.6 і 3.7 при проведенні експериментів на порожньому автомобілі із включеним підігрівом повітря у впускному колекторі нижня межа оптимальної витрати палива йде в інтервал температур +60 ÷ +67 °С при всіх значеннях вологості, а на порожньому автомобілі без підігріву повітря при збільшенні вологості вона зміщується в бік негативних температур. Особливо яскраво це виражено на графіку для автомобіля КамАЗ-4310 (рисунок 3.7, б).



У всіх випадках при застосуванні підігріву повітря до оптимальної температури витрата палива при вологості більше 60% знаходиться в інтервалі  $+20 \div +45$  °С, при вологості менше 60% -  $+20 \div +54$  °С.

Перевірка адекватності математичної моделі витрати палива, що враховує параметри повітря, використаного двигуном автомобіля в процесі експлуатації, проведена за критерієм Фішера. Даний аналіз дозволяє об'єктивно зіставити експериментальні дані експлуатаційної витрати палива з прогнозованими значеннями, отриманими при розрахунково-експериментальному моделюванні. Результати аналізу представлені в таблиці 3.4. Аналіз показав, що експериментальні дані і розрахункові значення збіжні і модель адекватна модельованому процесу з достовірністю 95%.

Таблиця 3.4 - Перевірка адекватності математичної моделі за критерієм Фішера

Навантаження, т	Показники			Фактичне значення критерія Фішера $F_{факт}$	Критичне значення критерія Фішера $F_{крит}$
	Назва	Експеримент	Розрахунок		
1	2	3	4	5	6
КамАЗ-4310					
11,5	Середня витрата палива $G_T$	41,36	42,3	2,42	Табличне значення критерія Фішера при рівні вагомості 0,05 і ступенях свободи $k_1=3; k_2=21$ рівне $F_{крит}=3,07$ , тобто $F_{факт} < F_{крит}$ . Як наслідок, використана розрахунково-експериментальна модель адекватно описує дані експеримента
	Дисперсія $\delta^2$	12,66	5,22		
0	Середня витрата палива $G_T$	33,4	32,83	1,05	
	Дисперсія $\delta^2$	3,71	3,52		
Урал-4320					
11,5	Середня витрата палива $G_T$	52,8	54,1	1,23	Табличне значення критерія Фішера при рівні вагомості 0,05 і ступенях свободи $k_1=3; k_2=19$ рівне $F_{крит}=3,13$ , тобто $F_{факт} < F_{крит}$ . Як наслідок, використана розрахунково-експериментальна модель адекватно описує дані експеримента
	Дисперсія $\delta^2$	10,82	8,76		
0	Середня витрата палива $G_T$	41,38	41,46	1,46	
	Дисперсія $\delta^2$	7,42	5,07		



Нижче наведена таблиця 3.5 інтервалів температур при різних значеннях тиску і відносної вологості повітря, що забезпечують мінімальну витрату палива.

Таблиця 3.5 - Інтервали температур при різних значеннях тиску і відносної вологості повітря, що забезпечують мінімальну витрату палива, для двигуна автомобіля КамАЗ-4310

Відносна вологість повітря <60%		Відносна вологість повітря >60%	
$P, \text{кг/см}^2$	$t, \text{°C}$	$P, \text{кг/см}^2$	$t, \text{°C}$
0,8	+50 ÷ +90	0,8	+50 ÷ +90
0,9	+20 ÷ +80	0,9	+30 ÷ +80
1	+10 ÷ +60	1	+10 ÷ +70

З таблиці 3.5 видно, що при підвищенні відносної вологості повітря для забезпечення мінімальної витрати палива необхідно підвищувати температуру повітря у впускному колекторі як мінімум на 10 °С.

З таблиці 3.5 можна визначити, що в інтервалі температур +10 ÷ +60 °С витрата палива має мінімальне значення як при відносній вологості повітря менше 60%, так і при вологості більше 60%, тобто вплив вологості повітря в цьому інтервалі температур не робить істотного впливу на витрату палива. Витрата палива збільшується при зниженні і підвищенні температури у впускному колекторі, особливо різко (на 50% і більш) і при підвищенні температури понад +70 °С і зниженні температури нижче -25 °С. Тому необхідно при визначенні  $\Delta q$  вводити поправочні коефіцієнти, що враховують вологість повітря:

$$\Delta g_{+10 \div +60} = 1,1 \cdot S \cdot \left( \frac{T_{mp} \cdot P_{mp}}{\rho_0 \cdot R_g \cdot 273} - t_0 \right)^2, \quad (3.4)$$



$$\Delta g_{\geq+50} = 1,5 \cdot S \cdot \left( \frac{T_{mp} \cdot P_{mp}}{\rho_0 \cdot R_g \cdot 273} - t_0 \right)^2, \quad (3.5)$$

$$\Delta g_{-25 \div -50} = 1,45 \cdot S \cdot \left( \frac{T_{mp} \cdot P_{mp}}{\rho_0 \cdot R_g \cdot 273} - t_0 \right)^2, \quad (3.6)$$

### 3.4 Випробування вантажних автомобілів, оснащених системою коригування параметрів повітря на вході в двигун

#### 3.4.1 Пропонована конструкція електронагрівального елемента

Аналіз результатів інших дослідників, представлених у другому розділі, дозволив запропонувати рішення задачі підтримки температури повітря у впускному колекторі двигуна в оптимальному діапазоні. Запропонована автором схема підігріву повітря в повітряному фільтрі дозволяє уникнути недоліків, зазначених в розділі 1.

Виготовлення електронагрівальних елементів передбачається виконувати з застосуванням графітованих волокон, тому що вони мають меншу інерційність при включенні і велику поверхню нагріву, що підвищує швидкість нагріву повітря в повітряному фільтрі. Питомий опір вуглецевого волокна  $10^{-6} \div 10^{-5}$  Ом•м [53]. Варіюючи щільність і структуру волокна, можна мати електронагрівальні елементи різної потужності і конструкції, що дозволяє використовувати їх для всіх двигунів і у всіх типах повітряних фільтрів.

Дане рішення позитивно впливає на зменшення шуму, так як епюра розподілу звукового тиску у впускному колекторі характеризується косинусоїдою з максимальним значенням в зоні клапана і мінімальним значенням в камері фільтра повітря. Таким чином, в передбачуваному двигуні забезпечується широка смуга ефективного глушіння шуму роботи двигуна і економія палива до 5% на будь-якому типі двигуна за рахунок підвищення впускної температури повітря до  $+20 \div +60$  °C [79].



Зазвичай для вирішення даного питання пропонується зміна конструкції шляхом установки нагрівального пристрою всередині колектора. Дана зміна конструкції призведе до подорожчання, неможливості ремонту і технічного обслуговування без розбирання двигуна [16].

Суть запропонованого нами винаходу полягає в тому, що у відомій системі впуску двигуна внутрішнього згорання, що містить вхідну трубу, один кінець якої підключений до очисника повітря, а інший до впускних патрубків блоку двигуна, в повітряному фільтрі встановлюється електронагрівальний елемент з регульованою потужністю який функціонально живиться від бортового джерела живлення. Названий електронагрівальний елемент виконаний у вигляді прямокутної пластини товщиною 10-50 мм або кола для повітряних фільтрів круглої форми в залежності від типу і потужності двигуна, отже, і потужність ЕНЕ залежить від об'єму повітря, що проходить через нього. ЕНЕ розташовується після типового очисного елемента, для вантажних автомобілів всередині нього. Таке розташування електронагрівального елемента забезпечує швидкий і якісний підігрів всмоктуваного повітря до певної температури  $+40 \div +60$  °С без збільшення гідравлічних опорів впускного такту, так як проходяче в циліндри повітря має можливість проходити через нагріваему структуру великої площі. Таким чином, досягається покращення економічних, екологічних, потужнісних показників двигунів внутрішнього згорання автомобілів в умовах низьких температур на режимах пуску та експлуатації автомобілів.

На рисунку 3.8 показана система впуску двигуна автомобіля.

Система впуску двигуна внутрішнього згорання 1 містить вхідну трубу (колектор) 2, один кінець якої підключений до очисника повітря 3, а інший через впускні патрубки 6, 7, 8, 9 впускної труби 2 з'єднаний з циліндрами 10, 11, 12, 13 двигуна 1 і змонтований в повітряному фільтрі 4 нагрівальний елемент 5, функціонально живиться від бортового джерела електропостачання (аккумуляторної батареї) автомобіля.



Електронагрівальний елемент 5 виконаний або у вигляді прямокутника, якщо фільтр прямокутної форми, або пустотілого циліндра, якщо повітряний фільтр має круглу форму, до якого підключені контактні клеми 15 (+) і 14 (-) акумулятора [16].

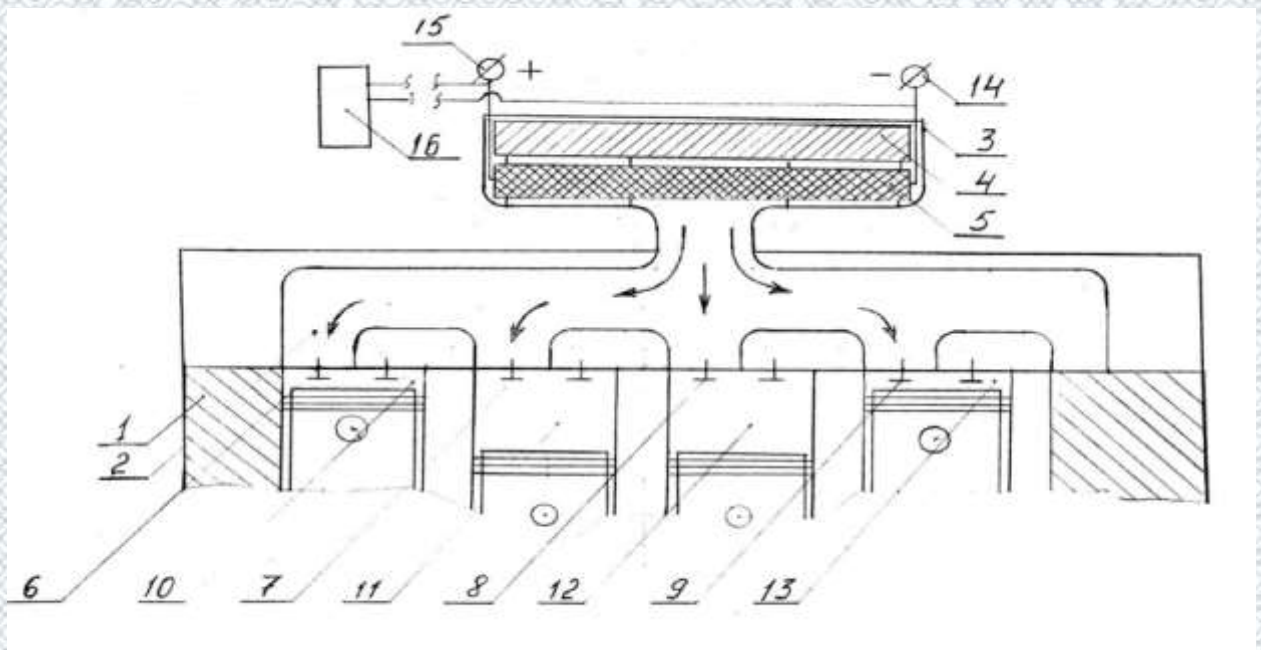


Рисунок 3.8 - Система впуску ДВЗ

У електроланцюзі багатьох автомобілів вже є багатофункціональний процесор 16, що відслідковує температурний режим двигуна в залежності від параметрів на впуск (температури всмоктуючого повітря, температури охолоджуючої рідини і витрати палива). Якщо процесора немає, то його необхідно встановити, але він відсутній тільки на старих моделях автомобілів. Процесор включає або відключає підігрів повітряного середовища в залежності від температури повітря на вході в двигун. На рисунках 3.9 і 3.10 наведені конструктивні варіанти ЕНЕ плоскої і круглої форм відповідно [16].



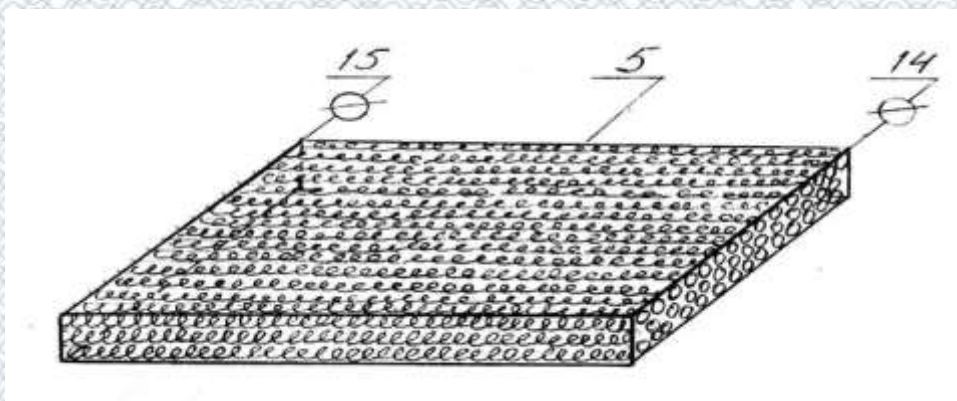


Рисунок 3.9 - Електронагрівальний елемент плоскої форми

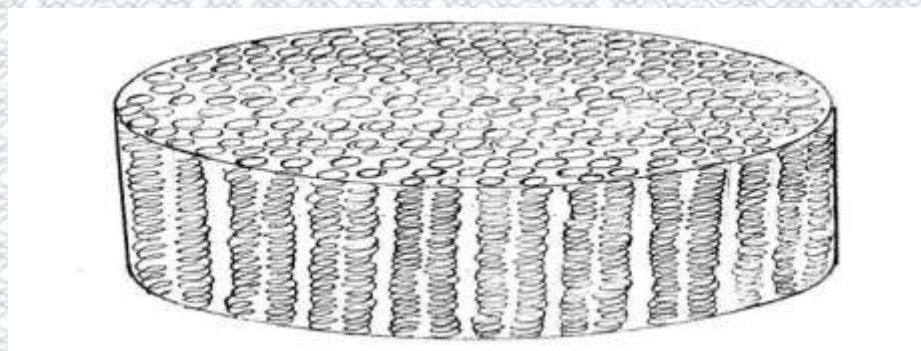


Рисунок 3.10 - Електронагрівальний елемент круглої форми

Електронагрівальні елементи виконуються у вигляді пластин або циліндрів з пористого газопроникного графітового волокна, що володіє високою провідністю. При включенні запалювання вся поверхня електрообігрівача миттєво прогрівається до робочої температури  $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$  і весь потік повітря, проходячи через нього, нагрівається до температури  $+20 \div +60\text{ }^{\circ}\text{C}$  в залежності від потужності ЕНЕ і температури навколишнього повітря. У разі підвищення температури впускного повітря більш  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  процесор 16 (рисунок 3.8) відключає нагрів повітря [16].

Нагрівальний елемент для підігріву повітря на вході в двигун внутрішнього згоряння має наступні особливості:

1. Один кінець впускного трубопроводу двигуна внутрішнього згоряння через впускні патрубки підключений до циліндрів двигуна, інший - до очисника повітря. У очисник повітря одночасно з повітряним фільтром встановлюється електронагрівальний елемент, виконаний з газопроникного графітованого



волокна, що має високий опір, який функціонально підключений до бортового джерела електропостачання. Форма електронагрівального елемента може бути у вигляді плоского прямокутника товщиною 10-50 мм для легкових і 100-200 мм для вантажних автомобілів або циліндрів для круглих корпусів очисників повітря.

2. Система по п.1, що відрізняється тим, що електронагрівачі виготовляються окремо, так як і повітряні фільтри, або разом з ними, і легко вставляються в очищувачі повітря при кожному технічному обслуговуванні.

3. Установка електронагрівальних елементів різної потужності дозволяє без реконструкції виготовлених двигунів полегшити їх запуск при низьких температурах і підтримувати вхідну температуру повітря в межах  $+20 \div +60$  °С в залежності від температури навколишнього середовища, що дає економію палива в межах 5-10% від загальної витрати палива і забезпечує технічне обслуговування і заміну електронагрівальних елементів в процесі експлуатації.

#### 3.4.2 Визначення потужності електронагрівального елемента

В ході аналітичних досліджень розрахована потужність електронагрівального елемента. З цією метою спочатку необхідно було визначити кількість тепла, необхідного для нагрівання 1 кг повітря до оптимального значення. Початкова температура повітря становила  $-20$  °С, кінцева (оптимальна) -  $+67$  °С.

Кількість необхідного тепла, розрахованого по рівнянню (2.24), склало 110550 Дж / кг при значенні масової теплоємності повітря  $C_p = 1,005$  кДж / кг • °С.

На підставі формули (2.25) зроблено розрахунок кількості тепла для різної маси повітря. Витрата повітря при роботі двигунів вантажних автомобілів з частотою оборотів більше 2000 об / хв становить понад 100 кг / год.

Відповідно

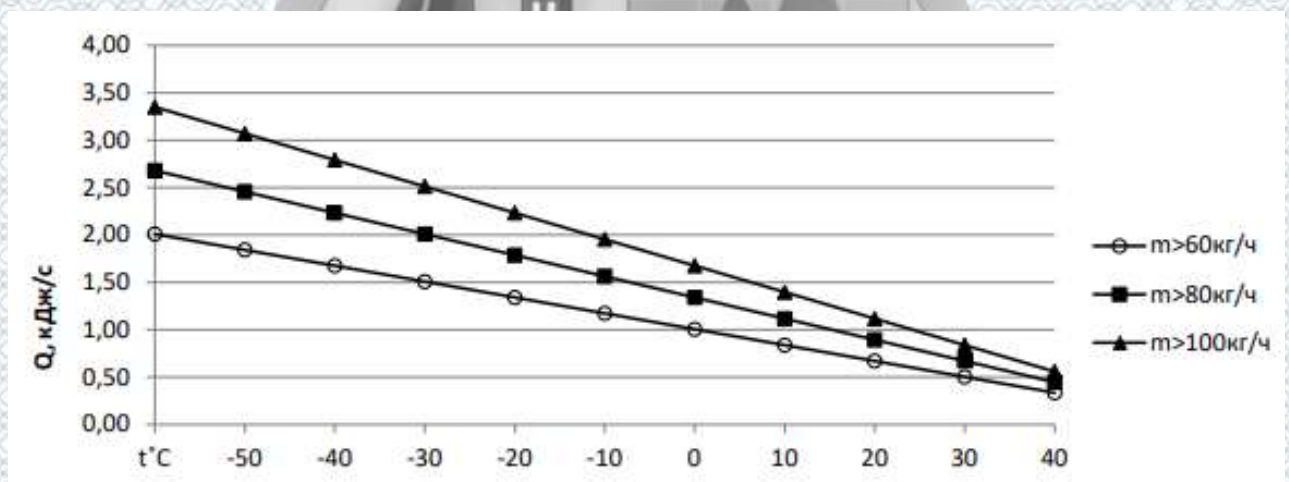


$$Q = 100 \cdot 110,55 \cdot = 11055 \text{кДжч.}$$

Таким чином, потужність електронагрівального елемента згідно з формулою (2.25) складе

$$N = \frac{11055}{3600} = 3,1 \text{кВт.}$$

Результати розрахунків кількості тепла, що витрачається на підігрів повітря до оптимальної температури в залежності від його витрати і початкової температури, графічно представлені на рисунку 3.11. При підвищенні температури впускного повітря знижується кількість тепла, що витрачається для підтримання оптимальних параметрів повітря у впускному колекторі, незалежно від його маси.



Температура повітря на вході в двигун, °C

Рисунок 3.11 – Кількість тепла в секунду, затраченого на підігрів повітря до оптимальної температури

З результатів розрахунку часу нагрівання повітря до оптимальної температури і потужності електронагрівального елемента для вантажних автомобілів видно, що при підвищенні потужності електронагрівального елемента до 3 кВт і більше різниця між часом нагріву до певних температур стає мінімальною незалежно від температури і тиску повітря, і навпаки, чим



менше потужність, тим більший вплив на нагрівання повітря надає барометричний тиск: при підвищенні потужності електронагрівального елемента в 2 рази при одній і тій же температурі (наприклад, при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  і різному барометричному тиску  $P = 720\text{ мм рт. ст.}$  і  $P = 790\text{ мм рт. ст.}$ ), різниця в часі нагрівання повітря  $\Delta\tau = \tau_1 - \tau_2$  зменшується теж в 2 рази; при підвищенні потужності нагрівального елемента в 3 рази  $\Delta\tau$  зменшується теж в 3 рази і т.д.

При витраті повітря більше  $100\text{ кг/год}$  і підвищенні потужності нагрівального елемента в 2, 3 і т.д. рази збільшення  $\Delta\tau$  відбувається на  $0,2\text{ с}$  кожен раз.

$$N_x = 2N_I; \Delta\tau_x = (\Delta\tau_1 + 0,2);$$

$$N_x = 3N_I; \Delta\tau_x = (\Delta\tau_1 + 0,4).$$

На графіку часу нагріву (рисунок 3.12) повітря до  $+67\text{ }^{\circ}\text{C}$  в колекторі дизельного двигуна видно, що незалежно від часу нагріву при підвищенні потужності електронагрівача час нагрівання обсягів повітря вирівнюється.

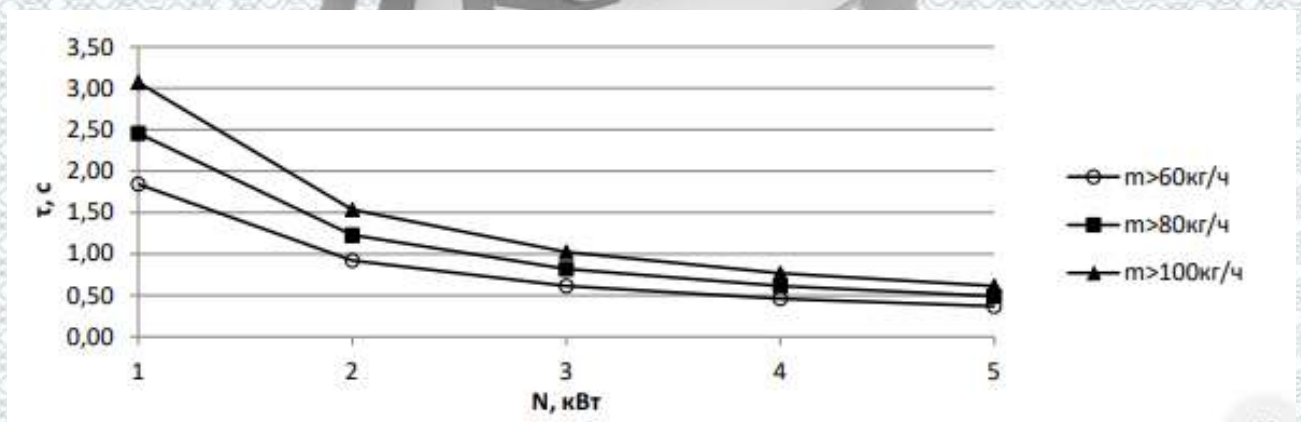


Рисунок 3.12 - Залежність часу нагрівання повітря до температури  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  від потужності електронагрівального елемента

На графіку рисунок 3.13 відображена залежність витрати повітря від температури і тиску у впускному колекторі вантажного автомобіля.



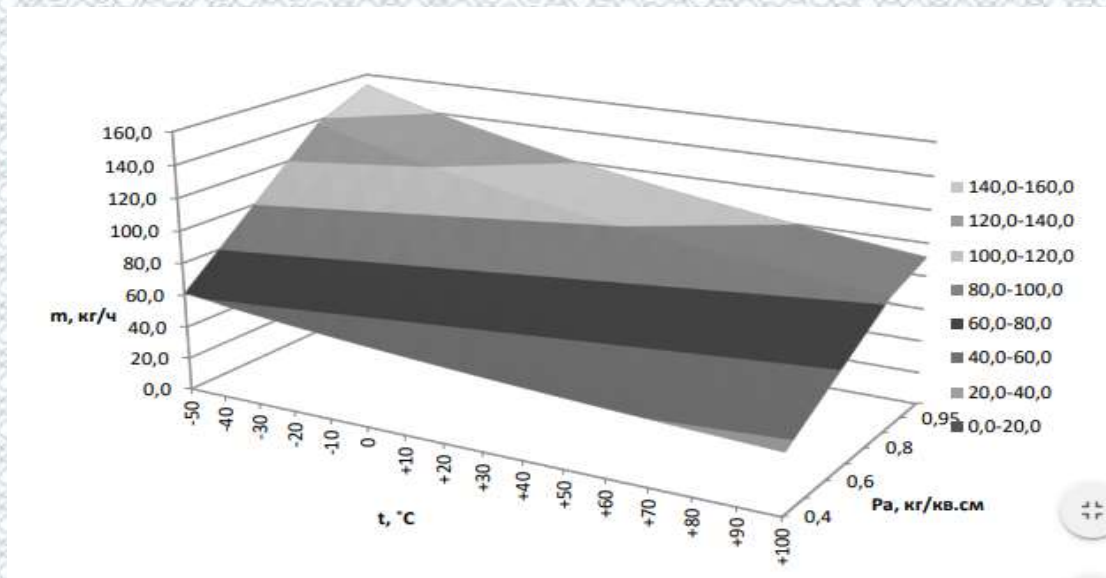


Рисунок 3.13 - Залежність витрати повітря від температури і тиску у впускному колекторі двигуна

Збільшення витрати повітря (маси) спостерігається в інтервалі позитивних температур, збільшуючи надходження кисню в камери згоряння двигуна, так як його вміст у повітрі становить 21% від обсягу і 23% від маси. При цьому поліпшуються повнота згоряння палива, його тепловіддача, підвищуються потужність і економічність двигунів на 20-30%.

В результаті аналізу досліджень, проведених на двигуні автомобіля КамАЗ-4310, отримана закономірність переходу від нагрівання повітря у впускному колекторі до його охолодження в залежності від тиску і температури, а також режимів роботи двигуна (рисунок 3.14).



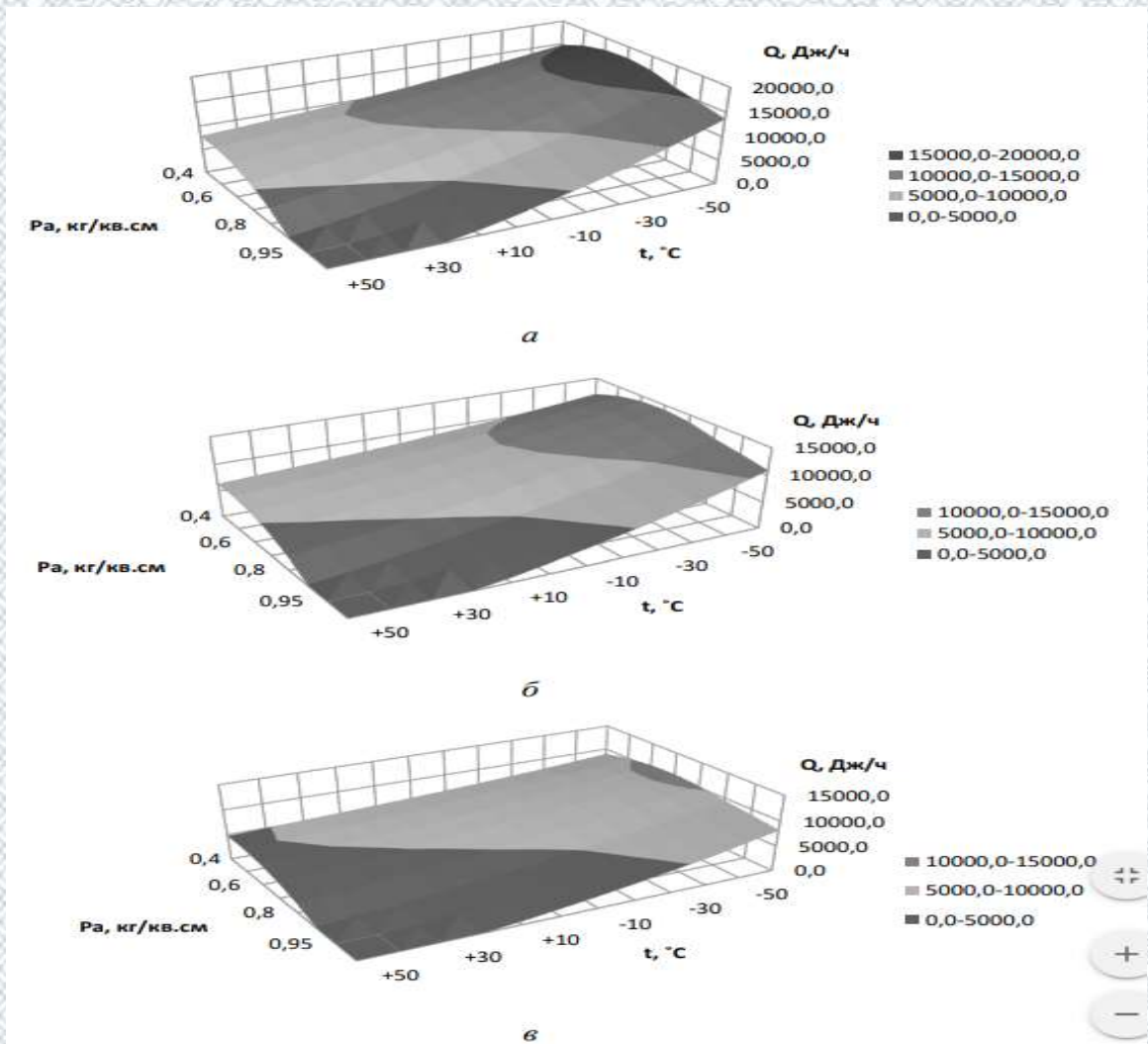


Рисунок 3.14 - Залежність кількості тепла, витраченого на підігрів повітря, від його температури і тиску у впускному колекторі двигуна при витраті повітря: *a* - понад 100 кг / год, *б* -80 кг / год і *в* -60 кг / год.

На графіках визначено кількість тепла, необхідного для нагрівання різної маси повітря, що проходить через електронагрівальний елемент. Збільшення кількості повітря, що проходить призводить до підвищення швидкості повітряного потоку і, отже, потужності електронагрівального елемента. Кількість тепла, необхідне для підтримки певної температури повітря на різних режимах, миттєво підраховується комп'ютером за встановленою закономірністю.

$$Q_{80} = 0,75 \cdot Q_{100} \text{ або } Q_{100} = \frac{Q_{80}}{0,75}$$



В інтервалі тисків  $P_a = 0,9 \div 1 \text{ кг/см}^2$  і температурі повітря у впускному колекторі  $+67 \text{ }^\circ\text{C}$  потрібне охолодження повітря шляхом подачі його з атмосфери. При інших значеннях в інтервалі  $P_a = 0,4 \div 0,9 \text{ кг / см}^2$  і  $t = -50 \div +100 \text{ }^\circ\text{C}$  вивід електронагрівача на 0 параметр витрати електроенергії не потрібний. При тискові  $P_a = 0,8 \div 1 \text{ кг / см}^2$  і температурі  $t = +40 \div +70 \text{ }^\circ\text{C}$  витрачається мінімальна кількість енергії для підтримки оптимальної температури.

На основі розрахункових даних були побудовані графіки залежності потужності електронагрівального елемента від температури і тиску у впускному колекторі для вантажних автомобілів при зміні витрати повітря (рисунок 3.15).

Згідно з даними графіка, потужність нагрівального елемента зменшується зі збільшенням тиску у впускному колекторі, особливо при підвищенні температури від  $+30 \text{ }^\circ\text{C}$  і  $P_a = 0,7 \text{ кг / см}^2$ . При температурі  $+30 \text{ }^\circ\text{C}$  і нижче потрібен постійний підігрів повітря при будь-яких значеннях тиску у впускному колекторі. Навпаки, із зростанням температури повітря у впускному колекторі потужність нагріву зменшується, що значно полегшує підтримання оптимальної температури.

При зменшенні витрати повітря із 100 до 80 кг / год (рисунок 3.15, б) спостерігається істотне рознесення потужності нагрівального елемента до 2 кВт при підвищенні температури від  $+45 \text{ }^\circ\text{C}$  і вище і зниженні тиску від  $0,8 \text{ кг / см}^2$ , що ускладнює вибір його оптимального значення.



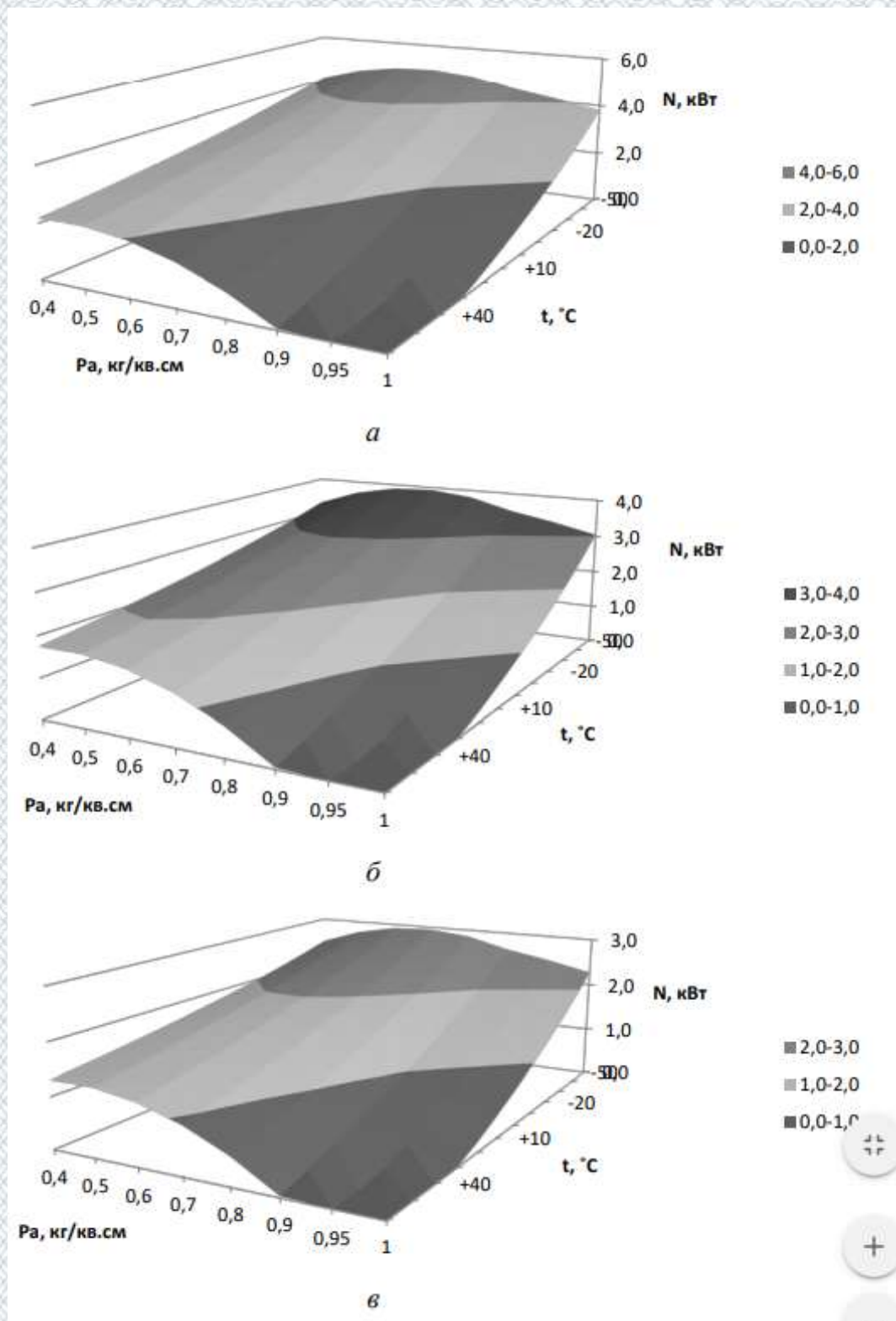


Рисунок 3.15 - Залежність потужності електронагрівального елемента від температури і тиску у впускному колекторі при витраті повітря:

а - понад 100 кг / год, б - 80 кг / год і в - 60 кг / год

З графіка на рисунку 3.15, в видно, що при подальшому зниженні витрати повітря до 60 кг / год необхідна потужність нагрівального елемента значно



знижується. При підвищенні температури повітря і зниженні його тиску від  $0,6 \text{ кг / см}^2$  залежність набуває лінійний характер. Відключення нагрівального елемента необхідне, починаючи з температури  $+30 \text{ }^\circ\text{C}$  і вище і  $P_a = 0,75 \div 1$ .

Зі збільшенням температури повітря у впускному колекторі від  $-40$  до  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$  спостерігається більш-менш лінійний характер зниження потужності. Нижня межа відключення нагрівального елемента складає  $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ , а верхній -  $+67 \text{ }^\circ\text{C}$ . При цьому в інтервалі тисків  $0,4 \div 0,8 \text{ кг / см}^2$  відключення нагрівального елемента не потрібне, але необхідно зниження потужності нагріву від  $2,5$  до  $0,5 \text{ кВт}$ .

Все вищевикладене підтверджується графіками на рисунку 3.15. В інтервалі температур  $+20 \div +54 \text{ }^\circ\text{C}$  спостерігається мінімальне рознесення потужності нагрівального елемента, що відповідає  $P_a = 0,85 \div 1 \text{ кг / см}^2$ . В області негативних температур і  $P_a = 0,4 \div 0,6 \text{ кг / см}^2$  необхідна потужність ЕНЕ зростає, а при подальшому підвищенні тиску до  $1 \text{ кг / см}^2$  знижується, причому це характерно для будь-якої маси повітря, що проходить через електронагрівальний елемент.

З графіків на рисунку 3.16 видно, що на потужність ЕНЕ температурний фактор має більший (в двократному розмірі) вплив, ніж тиск. Зі збільшенням температури і тиску у впускному колекторі ( $t > +20 \text{ }^\circ\text{C}$  і  $P_a > 0,8 \text{ кг / см}^2$ ) маса повітря практично не впливає на потужність ЕНЕ.

На підставі вишеустановлених закономірностей визначено, що при зниженні температури повітря доцільне застосування електронагрівальних елементів більшої потужності. Режим роботи може змінюватися від постійного включення до переривчастого.



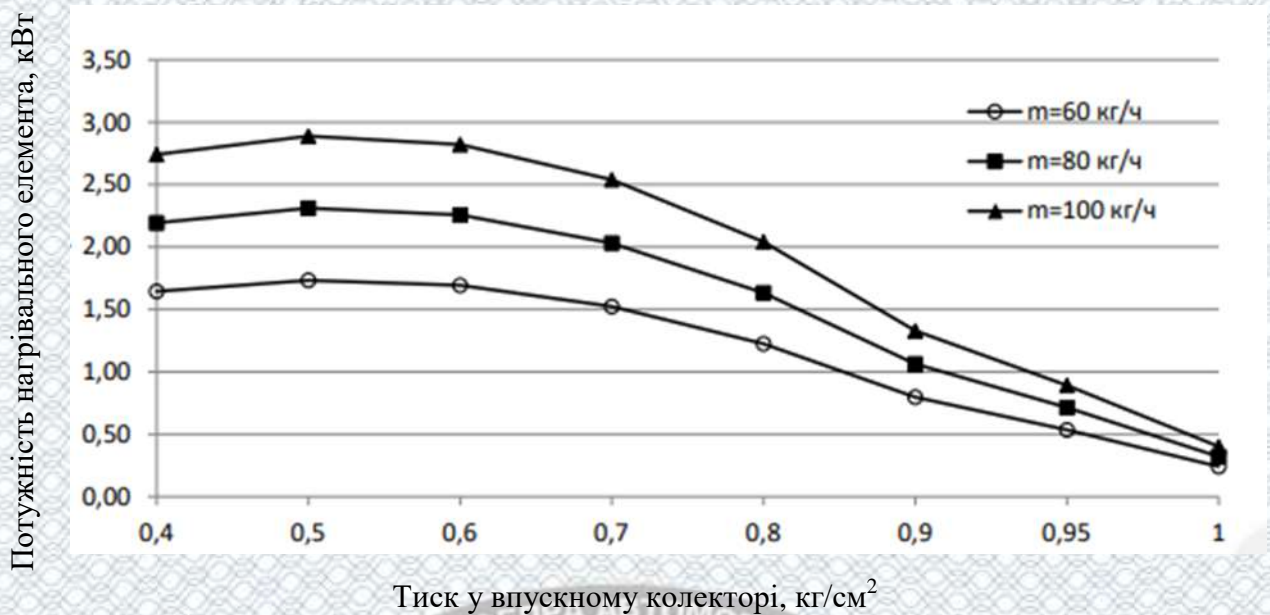


Рисунок 3.16 - Залежність потужності електронагрівального елемента від витрати повітря і тиску у впускному колекторі

### 3.4.3 Підтвердження ефективності роботи запропонованих технічних рішень

Проведені теоретичні дослідження дозволили визначити оптимальні параметри потужності ЕНЕ. На підставі отриманих результатів в автотранспортному підрозділі військової частини А2287 міста Вінниці були виготовлені і встановлені на автомобілі КамАЗ-4310 і Урал-4320 експериментальні зразки системи коригування параметрів повітря на вході в двигун внутрішнього згоряння.

Для підігріву повітря використовувалася експериментальна конструкція на основі карбонового нагрівального кабелю, в якому в якості провідника застосована струмопровідна жила з вуглецевого волокнистого матеріалу з ізоляцією із кремнійорганічною гуми [силіконова гума Rou Руан, гранична температура нагріву 180 °С]. Вид представлений на рисунку 3.17.

Вибір вуглецевого волокна для виготовлення електронагрівального елемента обумовлений його унікальними високими значеннями коефіцієнта



теплопровідності [ $\lambda = 920 \div 1280 \text{ Вт / (м}\cdot\text{К)}$ ]. Вуглецеві волокна характеризуються високою силою натягу, низькою питомою вагою, низьким коефіцієнтом температурного розширення і хімічної інертністю. Нитка вуглецевого волокна має дуже високі властивості міцності, що не перегорає, має високу морозостійкість і низьке споживання енергії. На сьогоднішній день є найбільш економічним і надійним матеріалом. Витрати по споживанню електроенергії на 30% нижче в порівнянні з іншими електронагрівачами.



Рисунок 3.17 - Вид струмопровідної жили з вуглецевого волокнистого матеріалу з ізоляцією з кремнійорганічною гумою

Вуглецеве волокно практично не володіє інерційністю, воно миттєво нагрівається при подачі на нього електроенергії і миттєво охолоджується при відключенні подачі електроенергії, сумісно в роботі з усіма існуючими терморегуляторами. Низька інерційність дозволяє уникнути великої різниці температур включення і виключення, підтримання температури відбувається більш плавно в порівнянні зі стандартними ЕНЕ. Вуглецева нитка при подачі електроенергії всього через 3с від включення в мережу нагрівається до  $+70 \text{ }^\circ\text{C}$  і так само швидко охолодає.

Вуглецеве волокно витримує численні перегини по малих радіусах, що забезпечує зручний і нескладний монтаж. Можливість роботи від будь-якого



джерела живлення (від 1 до 380 В). Технічні характеристики вуглецевого волокна наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Технічні характеристики вуглецевого волокна

Технічні характеристики	Значення
Текстове напруження на пробой ізоляції, В	3000
Втрати струму, мА/м	0,05
Опір ізоляції, МОм	$\geq 0,5$
Потужність, Вт/м	25÷80
Номінальна напруга, В	До 400
Повний зовнішній діаметр, мм	1,8÷5
Допуск на діаметр, мм	0,2
Інфрачервоні хвилі, мкм	8÷18
Опір провідника, Ом/м	17÷165

Конструктивно підігрів для автомобіля КамАЗ-4310 був виконаний з двох пластикових кіл, з'єднаних двома залізними стрижнями, зовнішнім діаметром 100 мм і внутрішнім 90 мм, для автомобіля Урал-4320 - зовнішнім діаметром 160 мм і внутрішнім 150 мм. Між колами були натягнуті обрізки кабелю, з'єднані перехідниками. На верхньому диску були закріплені реле і роз'єми для підключення живлення. При проведенні випробувань був застосований кабель загальною потужністю 1275 Вт, що обумовлено конструктивними і теоретичними дослідженнями. Зіставляючи дані проведених експериментів можна відзначити наступне. При температурі навколишнього повітря  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що обумовлено середньою температурою найсуворішого місяця зими смуги проведених випробувань [9], температура повітря у впускному колекторі працюючого із середнім навантаженням дизельного двигуна має значення близько  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Підключення електронагрівального елемента здійснюється за допомогою електронного контролера ХМ-18 (рисунок 3.18), розташованого в кабіні автомобіля.





Рисунок 3.18 - Зовнішній вигляд електронного контролера ХМ-18

До роз'єму температурного датчика підключений стандартний датчик автомобіля, розташований у впускному колекторі двигуна. Даний контролер дозволяє заміряти температуру від  $-90$  до  $+100$  °C і в цьому ж діапазоні можна налаштувати температуру включення і виключення реле, яке підключає електронагрівальний елемент.

Функція аварійного відключення дозволяє налаштувати відключення електронагрівального елемента при аварійних ситуаціях, наприклад, при низькій напрузі в мережі живлення автомобіля. Функція визначення та коригування вологості дозволяє змінювати пороги включення і виключення температурного реле. Для контролю вологості був застосований стандартний датчик вологості, що поставляється в наборі з контролером.

З метою перевірки працездатності та ефективності запропонованої конструкції ЕНЕ були проведені експериментальні дослідження. Дослідні зразки нагрівальних елементів були встановлені на автомобілі КамАЗ-4310 і Урал-4320, які брали участь в дослідженнях (рисунок 3.19).

Для роботи системи коригування параметрів повітря на вході в двигун на досліджувані автомобілі були встановлені генератори підвищеної потужності 2,4 кВт. Збільшення відбору потужності новим генератором (на 1,1 кВт)



впливає на збільшення споживання палива порядку 0,067% г / кВт • год при швидкості 60 км / год. Даний фактор при отриманій економії палива в 15% згідно похибок розподілу Фішера можна не враховувати. Розрахунки зроблені згідно швидкісній характеристиці двигуна автомобіля Урал-4320, що надається виробником даної продукції. Слід зазначити, що на машини останніх поколінь виробник встановлює генератори потужністю 3кВт в штатній комплектації.



Рисунок 3.19 - Дослідний зразок електронагрівального елемента для автомобіля Урал-4320

В результаті проведених випробувань була отримана наступна діаграма (рисунок 3.20), що показує зміну температури повітря у впускному колекторі автомобіля в реальних умовах експлуатації з працюючим електронагрівальним елементом.



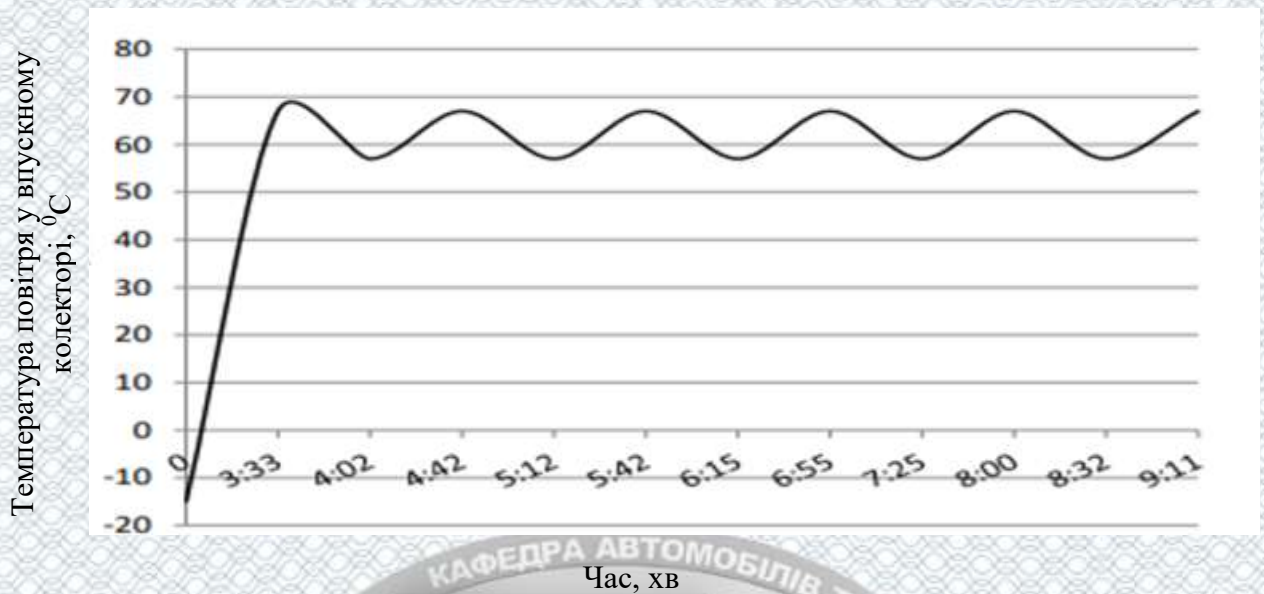


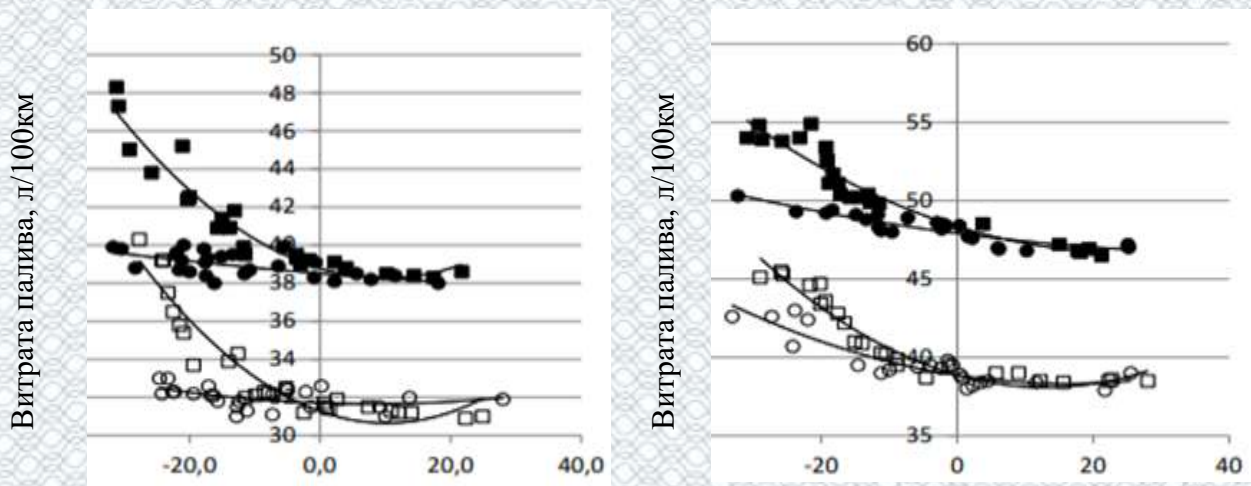
Рисунок 3.20 - Експериментальна діаграма режиму роботи електронагрівального елемента

Графічне зображення залежності витрати палива в досліджуваних автомобілях від температури зовнішнього повітря при його нагріванні у впускному колекторі двигуна до оптимального значення і без підігріву представлено на рисунку 3.21.

Після проведеного аналізу сучасних систем контролю та забезпечення роботи двигунів можна констатувати, що електронні системи управління впорскуванням складаються з трьох основних підсистем:

1. ЕСУ визначає основний обсяг палива, що впорскується за даними про обертви двигуна і витратоміра повітря.
2. За рахунок підтримки постійного тиску на форсунці ЕСУ контролює тривалість впорскування і обсяг палива відповідно до умов експлуатації.
3. Система всмоктування повітря подає повітря в двигун на вимогу водія. Паливноповітряна суміш утворюється у всмоктуючому колекторі в міру просування повітря по впускному каналу.





Температура навколишнього середовища,  $^{\circ}\text{C}$

- Без підігріву завантажений
- З підігрівом завантажений
- Без підігріву завантажений
- З підігрівом завантажений
- Без підігріву незавантажений
- З підігрівом незавантажений
- Без підігріву незавантажений
- З підігрівом незавантажений

Рисунок 3.21 - Залежність витрати палива вантажними автомобілями а - КамАЗ-4310 і б - Урал-4320 від температури навколишнього повітря із застосуванням підігріву і без підігріву

Навіть в самих останніх модифікаціях температура і тиск робочої суміші регулюються за рахунок палива, а повітря піддається в основному тільки очищенню і поділу на необхідний для подачі в ДВЗ обсяг. Тому в двигуні як при пуску, так і при неоптимальних температурах повітря спалюється більше пального, ніж це необхідно, і, як це видно на графіках рисунок 3.21, цей обсяг може досягати 10-15%.

### 3.5 Висновки до розділу 3



1. Підтверджено адекватність математичної моделі витрати палива, яка враховує параметри повітря, використовуваного двигунами автомобіля в процесі експлуатації. Розбіжність результатів теоретичних і експериментальних досліджень становить менше 5%.

2. Розроблено технічний пристрій, що дозволяє підтримувати оптимальну температуру повітря на вході в двигун. На основі даного технічного пристрою була запропонована і впроваджена система коригування параметрів повітря на вході в двигун.

3. Розроблено математичну модель показників технічного рішення. Практичні рекомендації полягають у вказівці потужності електронагрівальних елементів для підтримки ефективних параметрів повітря і часу підігріву стосовно до двигунів різних моделей. Режим роботи цих електронагрівальних елементів може змінюватися від постійного включення до переривчастого.

4. В результаті роботи вирішені наукове і практичне завдання по зниженню витрати палива при експлуатації вантажних автомобілів за рахунок застосування системи коригування параметрів повітря на вході в двигун.



## **РОЗДІЛ 4**

### **ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

#### **4.1 Аналіз умов праці**

У приміщенні, де виконувалась робота по покращенню паливної економічності вантажних автомобілів відповідно до ГОСТ 12.0.003-74 виникають наступні шкідливі та небезпечні фактори:

- фізичні, підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини, недостатня освітленість, недостатня природня освітленість;
- хімічні, загально токсичні;
- психологічні, фізичні перевантаження (статичні), нервово-психічні перевантаження (викликаються монотонністю праці);
- біологічні, хвороботворні мікроорганізми та бактерії.

#### **4.2 Виробнича санітарія**

Для усунення шкідливої дії небезпечних факторів при проведенні технологічного процесу і створення в робочій зоні здорового повітряного середовища необхідно:

- зону розміщувати на першому поверсі;
- площа не зайнята обладнанням, повинна бути не менше 10 м<sup>2</sup>, висота приміщення від рівня підлоги до стелі не менше 3,5м;
- підлога повинна бути незгораєма з малою теплопровідністю, стійкою до механічних та хімічних дій, не слизькою;

Площа виробничого приміщення на одного робітника повинна бути не менше 4,5м<sup>2</sup>.



#### 4.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат виробничих приміщень залежить від швидкості руху повітря на ділянці та його прискорення. Зона відноситься до приміщень з незначними надлишками явного тепла  $20 \text{ ккал/м}^3 \text{ год.}$  і менше. Отже, категорія робіт II б. робоче місце постійне. Оптимальні та допустимі значення мікроклімату наведені в табл. 4.1

Таблиця 4.1- Оптимальні та допустимі значення мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура		Вологість		Шв. руху повітря	
		Оптимал.	допуст.	Оптимал.	допуст.	Оптимал.	допуст.
Холодний	II б	15-19	15-21	60-75	75	0,2-0,4	0,4
Теплий	II б	20,25	16-27	60-75	70	0,2-0,4	0,2-0,5

Концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони ТО і ПР приведена в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2- Концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони ТО і ПР

Концентрація шкідливих речовин $\text{мг/м}^3$		
Оксид азоту	Озон	Тверда фаза
$2,74 \pm 0,18$	$0,76 \pm 0,026$	0,7

Гранична допустимі концентрації шкідливих газів, парів та пилу в повітрі робочих зон приведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Гранична допустимі концентрації шкідливих газів, парів та пилу в повітрі робочих зон

Забруднюючі речовини	Концентрація		
	Допустимі	Неблагоприємні	Недопустимі
Вуглеводні, $\text{мг/л}$	-	0,1-0,3	більше 0,3



Аерозолі, мг/м <sup>3</sup>	900,3	0,2-0,3	більше 0,3
Пил, мг/м <sup>3</sup>	905	5-10	більше 10
СО <sub>2</sub> , %	до 0,17	0,17-10	більше 10
СО, мг/л	0,02	0,02-0,03	0,03

При роботах виникає ряд шкідливих факторів: інтенсивний високочастотний шум, високодисперсний аерозоль металів, токсичні гази, ультрафіолетова та інфрачервона радіація.

Аерозоль утворюється в повітряному середовищі з мілких металічних частинок та їх з'єднань у вигляді оксидів, нітридів, конденсійних парів.

Отже, аерозоль являє багатокомпонентну парогазопилову суміш високої дисперсності яка приводить нерідко до ураження дихальних шляхів оператора.

Тривале опромінення яскравими видимими проміннями приводить до послаблення зору. Інфрачервоне випромінювання інтенсивне джерело радіації і тривала його дія може призвести до втрати зору.

В процесі роботи проходить утворення середніх та важких іонів, кількість яких зростає до  $3 \cdot 10^7$ .

В доповнення до місцевої вентиляції повинна бути встановлена загальнообмінна вентиляція, що забезпечує рівномірне розподілення повітря по всьому приміщенню зі швидкістю не більше 0,3м/с.

#### 4.2.2. Освітлення

У зоні ПР необхідно передбачити природне (бокове двохстороннє) та штучне освітлення. Приміщення дільниці за задачами зорової роботи відноситься до IV групи приміщень. При боковому освітленні коефіцієнт природного освітлення повинен бути не менше 1,5%. Штучне освітлення повинно складати 400-500 лк. Нормовані значення кількісних показників освітлення відповідно до СНіП П-4-79 наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Значення кількісних показників освітлення.

Характер зорової	Найменший розмір	Розряд зоров	Контраст об'єкта	Характеристика фону	Штучне освітлення	Періодне освітлення
------------------	------------------	--------------	------------------	---------------------	-------------------	---------------------



роботи	об'єкта розрізненн я	ої робот и	розрізнення		Лк	КЕО,%
						Бічне
Тонка робота	0,5-1	IVo	Великий	Світлий	500	1,5

Штучне освітлення проводиться світильниками з лампами розжарення. Вони забезпечують усунення сліпучої дії джерела світла. Освітленість проходів в виробничому приміщенні повинна складати – 75 Лк. Світильники місцевого освітлення живляться від мережі напругою 36 В, загального 220 В. Всі світильники повинні мати заземлення і бути герметичними по ступені захисту IP65.

Розрахунок природного освітлення у зоні ПР. Передбачено бокове двохстороннє освітлення. Попередній розрахунок площі світлових прорізів: при боковому освітленні

$$S_0 = \frac{l_n K_3 \eta_0 \cdot K_6 \cdot S_n}{100 \cdot \tau_0 \tau_1} \quad (4.1)$$

Визначасмо групу приміщення за задачами зорової роботи. Дільниця відноситься до IV групи приміщень.

Визначасмо нормативне значення КПО при боковому освітленні. Місто Вінниця розташоване на 48° північної широти, тобто знаходиться у IV поясі світлового клімату .

Нормативний коефіцієнт (КПО для III світлового поясу при боковому освітленні)  $l^{III} = 1,2\%$

Визначаємо КПО для IV світлового поясу:

$$l_n^{IV} = l_n^{III} \cdot m \cdot c = 1,2 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 0,8\% \quad (4.2)$$

Коефіцієнт світлового клімату для IV поясу дорівнює  $m = 0.9$ , У зв'язку з тим що м. Вінниця розташоване південніше 50° північної широти, а вікна орієнтовані на 290° за азимутом і знаходяться у зовнішніх стінах будівлі, коефіцієнт сонячності клімату дорівнює  $l = 0,75$



$K_3$  - коефіцієнт запасу приймаємо для приміщень що містять від 1 до  $5\text{мг/м}^3$  пилю, диму. кіптяви,

$\eta_0$  - світлова характеристика вікон приймаємо у залежності від відношення довжини приміщення до його глибини  $l_n$   $l_n = 24/18 = 1,3$ . Висота приміщення від рівня робочої поверхні до верха вікна  $h_1 = 3,5\text{м}$ . Відношення глибини приміщення до цієї висоти  $B/h_1 = 18/3,5 = 5$ .  $\eta_0 = 21,4$ .

Знаходимо значення коефіцієнта  $K_6$ , що враховує затінення вікон протистоячими будівлями. Так як протистоячих будівель немає  $K_6 = 1$ .

Визначаємо загальний коефіцієнт світлопропускання  $\tau_0$  : для віконного листового подвійного скла  $\tau_1 = 0,8$ . Для металевих переплетень у промислових будівлях  $\tau_2 = 0,8$ . При боковому освітленні коефіцієнт  $\tau_3 = 1,0$ , а при відсутності сонцезахисного обладнання  $\tau_4 = \tau_5 = 1$ .

Тоді загальний коефіцієнт світлопропускання:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,64.$$

Визначаємо середньозважений коефіцієнт відбиття  $\rho_{сер}$  стелі, стін і підлоги приміщення У приміщенні стіни світло-зеленого кольору  $P_3 = 0,33$ , стеля білого  $P_2 = 0,7$ .

Площа стелі і підлоги приміщення  $S_2 = S_3 = L_n \cdot B = 24 \cdot 18 = 432\text{м}^2$ .

Тоді середньозважений коефіцієнт відбиття

$$\rho_{сер} = \frac{P_1 S_1 + P_2 S_2 + P_3 S_3}{S_1 + S_2 + S_3} = \frac{0,4 \cdot 672 + 0,7 \cdot 432 + 0,33 \cdot 432}{672 + 432 + 432} = 0,4$$

Знаходимо коефіцієнт  $\tau_1$ , який враховує підвищення КПО за рахунок світла відбитого від поверхонь приміщення і підстиляючого шару. При значеннях  $P_{cp} = 0,5$ ;  $B/h_1 = 0,72$ ;  $1/B = 9/18 = 0,5$ ;  $l_n/B = 1,3$ ;  $\tau_1 = 1,45$ .

Визначимо розрахункову площу світлових прорізів

$$S_0 = \frac{0,6 \cdot 1,3 \cdot 21,4 \cdot 1,0 \cdot 432}{100 \cdot 0,64 \cdot 1,45} = 103,4\text{м}^2$$



Приймаємо площу світлових прорізів 103м". Кількість вікон 4 розмірами 4000x4300 мм.

Проводимо перевірочний розрахунок КПО. КПО при боковому освітленні

$$l_p^\delta = \delta_3 q \tau_1 \cdot \tau_0 / K_3,$$

Розраховуємо геометричний КПО приміщення: коефіцієнт  $q$  що враховує нерівномірну яскравість хмарного неба  $q = 0,69$ .

Через точку  $C_1$  і середину вікна на вертикальному розрізі приміщення і через розрахункову точку  $A$  проводимо промінь і визначаємо кутову висоту середини вікна над робочою поверхнею, яка складає  $\alpha = 18$  отже  $q = 0,69$ .

Для визначення геометричного КПО знаходимо розрахункову точку яка при боковому двохсторонньому освітленні знаходиться посередині приміщення, а умовна робоча поверхня на висоті 0,8м. від підлоги.

Накладаємо креслення вертикального розміру приміщення на графік.

Центр графіка  $O$  суміщаємо з розрахунковою точкою  $A$ , а нижню лінію графіка з слідом робочої поверхні. Підраховуємо кількість променів  $n_i$ , які потрапляють в розрахункову точку  $A$  по висоті вікна  $n_1 = 7,8$  променів.

Відмічаємо номер півкола на графіку 1 яке проходить через точку  $C_1$  Середину світлового прорізу №41.

Визначаємо кількість променів  $n_2$  за графіком, які проходять по ширині вікон.

Від приміщення в плані накладаємо на графік таким чином, щоб його вертикальна вісь співпадала з точкою  $C$  (середина вікна) і розрахунковою точкою  $A$ , а горизонталь графіка за номером 41 проходила через точку  $C_1$   $n_2 = 94$  променів.

Визначаємо розрахунковий КПО приміщення

$$l_p^\delta = 7.3 \cdot 0.69 \cdot 0.64 / 13 = 3.5\%$$



Оскільки - нормативний КПО для ділянки дорівнює  $l_H^IV = 0.8\%$  тобто значно менше розрахункового, то площа світлових прорізів задовільна. Встановлені розрахунком розміри прорізів допускається змінювати на +5, -10%.

#### 4.2.3 Шум

В зв'язку з значним шумом який виникає від роботи обладнання, шуму з сусідніх приміщень та шуму автотранспорту, зону необхідно розміщувати в ізольованому приміщенні. При розміщенні зони в цеху в окремій кабіні стіни необхідно облицьовувати звуопоглинаючими матеріалами з коефіцієнтом звукопоглинання не нижче 0,7. Для захисту органів слуху від шуму необхідно застосовувати антифони.

Допустимі рівні шуму нормуються у СніП 3223-85 «Санітарні норми допустимих рівнів шум на робочих місцях». Для постійних робочих місць у приміщеннях допустимі рівні звукового тиску наведені таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Нормативні рівні звукового тиску

Робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ у октавних смугах із середньгеометричними частинами Гц									Еквівалентний рівень звуку дБ (А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
постійні	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

#### 4.2.4. Вібрації

Джерелами вібрації являються автомобілі, які рухаються по зоні, працюючі ДВЗ та інші агрегати автомобілів, компресори, вентиляційні системи та ін. На робітників може діяти локальна і загальна вібрація. Локальна передається через руки, загальна через підошви ніг. Загальна вібрація категорії “а”, критерій оцінки – границя зниження продуктивності.



Допустимі значення вібрацій вказані в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Допустимі значення вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Значення	Нормативні коректовані по частоті та еквівалентні коректовані значення			
				Віброприскорення		Віброшвидкість	
				$a_n, \text{м/с}^2$	$L_{ан}, \text{дБ}$	$V_n 10^{-2} \text{ м/с}$	$L_{Vn}, \text{дБ}$
Локальна	-	$X_L, Y_L, Z_L$	Нормативне	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип "а"	$X_0, Y_0, Z_0$	Нормативне	0,10	100	0,20	92

### 4.3 Техніка безпеки

До робіт допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичне освідчення та спеціальне навчання і мають посвідчення на право виконання вказаних робіт та групу по електробезпеці не нижчу за другу.

Автослюсарі повинні працювати в одязі який має бути заціпненим, без висячих рукавів, поясів та стрічок. Волосся повинно бути закрито головним убором.

При огляді допускається користуватися переносною лампою з запобіжною сіткою та напругою не вище 42 В, при роботі в оглядові каналі напруга не повинна перевищувати 12 В.

Регулювати системи та агрегати необхідно при непрацюючому двигуні (окрім регулювання системи живлення та запалення).



Конструкція устаткування і його окремих частин повинна виключати можливість їх падіння, опускання, перекидання та довільного зміщення при всіх передбачених умовах експлуатації.

Частини устаткування (у т.ч. трубопроводи гідро- та пневмосистем, запобіжні клапани, кабелі тощо), механічне пошкодження яких може викликати виникнення небезпеки, повинні бути захищені або розташовані так, щоб запобігти їх випадковому пошкодженню.

Пристрої для зупинки та пуску устаткування повинні розміщуватись так, щоб ними можна було зручно користуватися з робочого місця та виключалась можливість самовільного їх включення і створення небезпечних ситуацій через порушення працюючими послідовності дій на органи керування.

Поверхні пристроїв і елементів виробничого устаткування, що можуть служити джерелом небезпеки для працюючих, повинні фарбуватися згідно галузевих нормативних документів.

Усі контрольно-вимірювальні прилади необхідно утримувати у справному стані, періодично перевіряти. Забороняється використовувати прилади з простроченим терміном перевірки.

Вибракування інструменту, пристроїв проводиться у відповідності з установленим графіком, але не рідше одного разу на 3 місяці.

#### 4.3.1. Електробезпека

Електробезпека забезпечується конструкцією електроустановок, організаційними та технічними міроприємствами, технічними способами та засобами захисту.

Приміщення відноситься до класу приміщення підвищеної електробезпеки, так як на ділянці є струмопровідні заземлені частини обладнання які можуть проводити струм. Тому все електрообладнання повинно відповідати правилам пристроїв електроустановок [ПУЄ], а його експлуатація - правилам технічної експлуатації електроустановок споживачів та правилам



техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів.

У зоні застосовується трифазна чотирьохпровідна електромережа з заземленою нейтраллю. Для попередження ураження електричним струмом все обладнання повинно бути заземлене. Стан заземлення перевіряють не рідше одного разу в квартал.

Електроустановки, електрообладнання та проводку дозволяється ремонтувати тільки після відключення їх від мережі.

#### **4.4 Пожежна безпека**

Зона ТО і ПР відноситься до категорії Г-за пожежною небезпекою. До цієї категорії відносяться виробництва, зв'язані з обробкою неспалимих речовин і матеріалів у гарячому, розжареному або розплавленому стані, який супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і полум'я, а також виробництва, зв'язані із спалюванням твердого, рідкого й газоподібного палива.

Усі будівельні матеріали і конструктивні елементи за ступенем їх займистості поділяються на три групи : неспалимі, важкоспалимі та спалимі. За ступенем вогнестійкості будівля відноситься до групи II.

Ступінь вогнестійкості будівлі II-це будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плиткових матеріалів.

При проведенні робіт забороняється: користуватися несправною апаратурою; працювати в приміщеннях де застосовуються або зберігаються легкозаймісті матеріали та рідини; прокладати струмоведучі зварювальні проводи разом із газозварювальними шлангами та трубопроводами; зберігати у зварювальних кабінах одяг і рукавиці з слідами мастила, бензину, газу.

На кожному небезпечному об'єкті мають бути всі засоби для швидкого виклику пожежної охорони. На особливо важливих і небезпечних щодо пожежі об'єктах рекомендується налагодити прямий телефонний зв'язок з пожежною командою. Справність усіх видів пожежного зв'язку та сигналізації



систематично контролюється.

Внаслідок не виконання електротехнічних правил, а також під впливом навколишнього середовища (вогкості, пилу, хімічних активних речовин) нормальний стан електроосвітлювальних установок порушується. В таких випадках в електричних колах виникають короткі замикання, перевантаження, перехідні опори, електрична дуга або іскріння, а також шкідливі вихрові струми. Основні шляхи зниження пожежної небезпеки під час експлуатації електроосвітлення такі: вибір електроосвітлювальних установок з такими розрахунками щоб вони не стали джерелом займання того середовища, в якому експлуатуються.

Електропроводки, електродвигуни та пускові пристрої для вентиляційних установок слід підбирати й монтувати згідно з вимогами для певної категорії пожежної безпеки.

Щоб запобігти іскровим розрядом статичної електрики, вживають таких технічних заходів: технологічний процес розробляють так, щоб усунути причини виникнення зарядів статичної електрики: старанно заземлюють усі машини, трансмісії і ті елементи на яких можуть утворюватися електричні заряди,

Для захисту від прямих ударів блискавки влаштовують блискавковідводи, що складаються з блискавкоприймача, струмовідводу та заземлюючих пристроїв. При ударі блискавки розряд атмосферної електрики проходить крізь блискавкопровід, обминаючи захищений об'єкт.

Щоб ліквідувати горіння треба :

- а) припинити виділення тілом що горить, горючих газів і парів ізолювавши їх середовищем, яке не підтримує горіння;
- б) охолодити це тіло нижче температури його спалаху або займання;
- в) видалити горючі тіла (речовини).

Зона повинна бути обладнана системою пожежного водопостачання.

До основних апаратів для гасіння пожеж належать ручні вогнегасники, пересувні піногонн, піногенератори, до машин ручні пожежні насоси,



мотопомпи, автоцистерни і автонасоси.

Ручними вогнегасниками гасять пожежі, які не встигли поширитися. До них належать пінні вогнегасники ОП-1; ОП-3; ОП-5.

Для безпеки працюючих, які перебувають під час пожежі у виробничих приміщеннях і найшвидшого виходу їх звідти велике значення мають кількість, розміри вихідних отворів і шлях евакуації, а також найкоротша відстань від місць знаходження людей у приміщенні до виходу з нього без зустрічного руху або пересікання людських потоків. Успішна евакуація людей досягається головним чином в відповідному розміщенні робочого місця і виходів назовні з додержанням необхідної ширини коридорів, дверей і проходів. На шляхах евакуації не повинна бути порогів та інших перепон що заважають нормальному і безпечному пересуванню людей.

Допустимі відстані від найвіддаленіших робочих місць до виходів назовні в залежності від категорії виробництва і ступені вогнестійкості приміщення-60 м (II ступінь вогнестійкості).

Необхідна сумарна ширина дверей або проходів на шляхах евакуації повинна бути забезпечена з розрахунку не менше 125 чол. на їм ширина для одноповерхових будівель. Ширина коридорів у виробничих та допоміжних приміщеннях має бути не менше 1,4 м, а ширина дверей - не менше 0,8 м.

## **4.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **4.5.1 Розробка та розрахунок пункту спеціальної обробки (ПуСО)**

Для зниження можливих доз опромінення при ліквідації наслідків у зонах забруднення проводиться дезактивація території, будинків і споруджень, устаткування, техніки й інших об'єктів, виконуються заходи щодо усунення пилу. Роботи ведуться позмінно з урахуванням припустимих доз опромінення, встановлених для формувань. Радіоактивні відходи, що утворюються при дезактивації, вивозяться на спеціально створювані пункти захоронення.



Пункти спеціальної обробки (ПуСО) створюються на межах зон забруднення; люди і транспорт, що відбуваються із зон забруднення, на них проходять дозиметричний контроль. При виявленні забруднення вище припустимих рівнів люди проходять санітарну обробку, транспорт – дезактивацію. Забруднений одяг відправляється на дезактивацію, замість нього з підмінного фонду видається чистий. Санобробка людей може також проводитися на стаціонарних санітарно-обмивальних пунктах (СОП), дезактивація – на станціях знезаражування транспорту (СЗТ).

Техніка і майно, що вивозяться із забрудненої території, дезактивуються на спеціальних майданчиках, які обладнуються біля ПуСО.

Реевакуація населення здійснюється після завершення робіт з дезактивації населених пунктів чи зниження забруднення внаслідок природного розпаду РР до припустимих рівнів. Дозвіл на реевакуацію дається після обстеження населених пунктів спеціально створюваними комісіями.

Для проведення дезактивації використовується вода. Разом з водою застосовуються спеціальні препарати, що підвищують ефективність змивання радіоактивних речовин. Це поверхнево-активні і комплексоутворюючі речовини, кислоти, луги. До перших відносять порошок СФ-2 і препарати ОП-7 і ОП-10; до других - фосфати натрію, трилон - Б, Лужна і лимонна кислоти, солі цих кислот.

Для одержання розчину порошок додають у воду невеликими порціями при постійному перемішуванні. Дезактивацію транспортних засобів і техніки проводять із застосуванням 0,15 %-го розчину СФ-2 у воді (улітку) чи аміачній воді, що містить 20 - 24% аміаку. Препарат ОП-7 і ОП-10 застосовують як складову частину дезактивуючих розчинів, призначених для дезактивації поверхонь будинків споряджень і устаткування.

Дезактивація транспортних засобів і техніки проводиться при їхньому зараженні 200 мР/год і більше. Дезактивація проводиться змиванням струменем води під тиском 2-3 атм. чи обробкою дезактивуючими розчинами, протиранням ганчіркою змоченою в бензині, гасі, дизельному паливі, а також



обробкою газокрапельним потоком.

Пункт спеціальної обробки (ПуСО) доцільно розробляти і організувати на базі даного підприємства тому, що воно повністю забезпечене потрібним персоналом та спеціалістами, які здатні обслуговувати та працювати в (ПуСО), також підприємство має всі необхідні засоби техніку та обладнання для організації (ПуСО).

Розташування (ПуСО) зручно зробити на виїзді з міста тому, що поблизу протікає річка, яка повністю може забезпечити потреби (ПуСО) у водопостачанні. Електропостачання забезпечує лінія електропередач, яка проходить поблизу.

#### 4.6 Розрахунок характеристик пункту спеціальної обробки

Визначення кількості естакад необхідних для миття автомобілів:

$$N_e = \frac{H_{\text{год}} \cdot t_m}{60} = \frac{16 \cdot 16}{60} = 4,27$$

де  $H_{\text{год}}=16$  (авт/год) – інтенсивність руху автомобілів;

$t_m=16$  (хв.) – час витрачений на миття одного автомобіля.

Отже для організації ПуСО необхідно 5 естакад.

Необхідна кількість постів для прибирання:

$$N_e = \frac{H_{\text{год}} \cdot t_n}{60} = \frac{16 \cdot 18}{60} = 4,8$$

де  $t_n = 18$  (хв) – мінімальний час необхідний для прибирання одного автомобіля.

Отже для організації ПуСО необхідно 5 постів для прибирання.

Схема організації ПуСО показана на рис. 4.1.



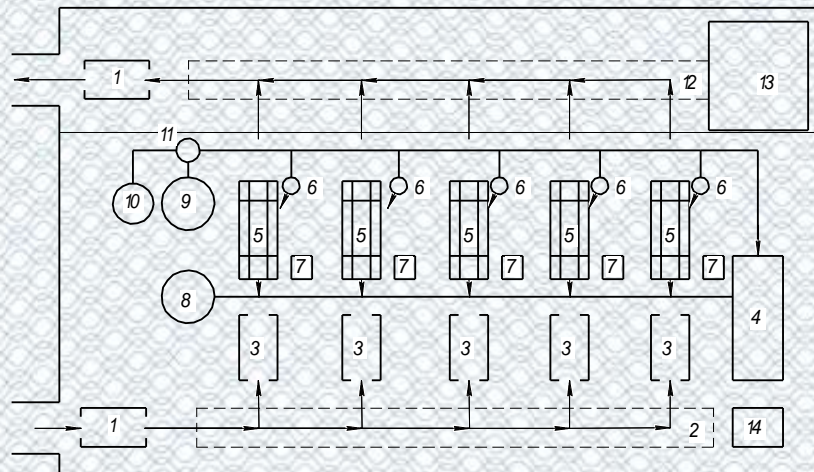


Рисунок 4.1 – План пункту спеціальної обробки

1 – зона дозиметричного контролю, 2 – зона висадки пасажирів та очікування, 3 – зона проведення прибирання, 4 – пункт санітарної обробки пасажирів та тимчасового перебування, 5 – естакади, 6 – пристрої подачі води, 7 – столи для обробки вузлів, 8 – відстійник стічних вод, 9 – ємність з водою, 10 – ємність дезактиваційним розчином, 11 – дозатор, 12 – зона посадки пасажирів, 13 – зона очікування, 14 – склад відпрацьованих ЗІЗ

Необхідна кількість води для миття автомобілів на 5 днів:

1. Протягом 5-ти днів безперервної роботи через ПуСО пройде

$$H_{5д} = H_{год} \cdot 24 \cdot 4 = 16 \cdot 24 \cdot 5 = 1920 \text{ (авт).}$$

2. Необхідна кількість води для миття одного автомобіля  $V_a = 180$  л, тоді необхідна кількість води на 4 доби

$$V_{5д} = 1920 \cdot 180 = 345600 \text{ (л);}$$

Визначаємо необхідну кількість препарату для дезактивації за умови, що витрати необхідного розчину будуть такі ж як витрати води:

$$V_{п} = M_{п} \cdot V_a,$$

Норми витрати препарату ОП-10 на один літр води складають

$M_n = 0,3\%$ , тоді:

$$V_{п5д} = M_{п} \cdot V_{5д} = 0,003 \cdot 345600 = 1036,8 \text{ (л);}$$



Норми витрати натрію гексаметафосфату (ГМФН) 0,7%, знайдемо його необхідну кількість:

$$V_{п5д} = M_{п} \cdot V_{5д} = 0,007 \cdot 345600 = 2688 \text{ (л)}.$$

#### 4.7 Способи дезактивації техніки і транспорту

До основних способів відносять:

- змивання радіоактивних речовин розчинами для дезактивації, водою і розчинниками з одночасною обробкою зараженої поверхні щітками дегазаційних машин і приборів дозволяє знизити зараженість у 50-80 разів;
- змивання радіоактивних речовин струменем води під тиском дозволяє знизити зараженість в 20 разів;
- видалення радіоактивних речовин переривистим газо-крапельним потоком з використанням спеціальної техніки з турбореактивними двигунами;
- видалення радіоактивних речовин обтиранням заражених поверхонь тампонами з ганчірок, змоченими розчинами для дезактивації, водою або розчинниками; використовується в основному для внутрішніх поверхонь техніки і транспорту;
- замітання (змивання) радіоактивного пилю віниками, щітками, мотлохом та іншими підручними засобами; використовується в основному при проведенні часткової дезактивації;
- видалення радіоактивного пилю методом відсмоктування пилю, здійснюється за допомогою спеціальних комплектів (ДК 4).

При частковій дегазації і дезінфекції з використанням дегазаційних комплектів насамперед обробляються ті частини і поверхні техніки та транспорту, з якими необхідний контакт при виконанні роботи (поставленої задачі).

Повна дегазація складається з повного знезаражування або видалення зі всієї поверхні техніки і транспорту отруйних речовин шляхом протирання заражених поверхонь розчинами для дегазації; при їх відсутності можуть бути



використані розчинники і розчини для дезактивації.

Для протирання використовуються щітки дегазаційних машин, приладів.

Повна дезінфекція виконується тими самими способами, що і дегазація, але тільки з використанням активних розчинів для дегазації і дезінфекції.

Якщо можливо, то доцільно провадити відразу повну, а не часткову дезактивацію, дегазацію і дезінфекцію техніки та транспорту.

Засоби знезаражування техніки і транспорту:

- авторозливальна станція АРС- 12У, комплекти ДК-4, ІДК-1, ДК-3;

- комунальна, сільськогосподарська, дорожня і будівельна техніка, що придатна для використання при виконанні робіт зі знезаражування.

Дезактивація одягу, взуття та індивідуальних засобів захисту проводиться вибиванням і витрушуванням, миттям або протиранням (прогумованих і шкіряних виробів) водяними розчинами миючих засобів або водою, а також пранням за спеціальними режимами з використанням речовин для дезактивації. Дезактивація бавовняного, сукняного і шерстяного одягу та взуття проводиться витрушуванням і вибиванням, а також чисткою щітками.

Якщо названими способами ступінь зараження одягу не можливо понизити до допустимих величин, то він підлягає дезактивації шляхом прання за відповідною технологією.

#### **4.8 Висновки до розділу 4**

В даному розділі розглядаються умови праці при покращенні паливної економічності вантажних автомобілів автотранспортного підрозділу військової частини А2287 місто Вінниця за рахунок коректування параметрів повітря на вході в двигун.

Проведений аналіз умов праці, розроблені заходи виробничої санітарії.

Розраховано освітленість, вид та кількість освітлювальних ламп та створено схему їх розміщення. Визначено основні заходи з техніки безпеки, протипожежні заходи та електробезпека.



Також проведено розробку характеристик пункту спеціальної обробки автотранспорту. Розглянуті способи дезактивації техніки і транспорту.



### **5.1 Економічна оцінка ефективності застосування системи коригування параметрів повітря на вході в двигун**

Важливу роль в зниженні експлуатаційних витрат відіграє застосування нової або модернізація вже використовуваної техніки.

В основу економічної оцінки ефективності застосування системи коригування параметрів повітря на вході в двигун були покладені методи розрахунку економічної ефективності інвестиційних проектів.

В якості основних показників, які використовуються для розрахунків ефективності інвестицій, були прийняті економічний ефект за розрахунковий період і термін окупності капітальних вкладень.

Річний економічний ефект. Економічний ефект розраховується за такою формулою



$$E_m = P_m - Z_m, \quad (5.1)$$

де  $E_m$  - економічний ефект від впровадження нової техніки і технології за розрахунковий період « $t$ », грн.;

$P_m$  - вартісна оцінка результатів за розрахунковий період « $t$ », грн.;

$Z_m$  - вартісна оцінка витрат на заходи з розробки, впровадження та освоєння нової техніки і технології за розрахунковий період « $t$ », грн.

Термін окупності додаткових капітальних вкладень. Період окупності - мінімальна кількість періодів, необхідних для повного відшкодування інвестиційних витрат.

$$T_{ок} = t + \frac{НДДП_{n-1}}{ДДП_n}, \quad (5.2)$$

де  $t$  - число періодів, що передують періоду окупності, в періодах;

$НДДП_{n-1}$  - непогашена вартість на початок року окупності;

$ДДП_n$  - приплив готівки протягом року окупності.

У даній магістерській кваліфікаційній роботі експериментальні дослідження і виробничі випробування дослідного зразка електронагрівального елемента проводилися на вантажних автомобілях КамАЗ-4310 і Урал-4320. У зв'язку з цим дані автотранспортні засоби були обрані в якості базових для розрахунку економічної оцінки ефективності застосування системи коригування параметрів повітря на вході в двигун.

Витрати грошових коштів на виготовлення системи коригування параметрів повітря на вході в двигун представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Кошторис витрат на виготовлення системи коригування параметрів повітря на вході в двигун

Назва витрат	Значення
--------------	----------



1. Затрати на матеріали (нагрівальний кабель, контроллер, каркас)	4000
2. Затрати на додаткове обладнання (ціна генератора підвищеної потужності 24V/90A)	5500
3. Затрати на збирання, установку и налагодження	5500
Всього	15000

На підставі даних, представлених в таблиці 5.1, можна зробити висновок, що збільшення балансової вартості одного автомобіля становить 15 тис. грн.

Вихідні дані для виконання розрахунку оцінки ефективності використання автомобілів, оснащених системою коригування параметрів повітря на вході в двигун на прикладі автомобілів КамАЗ-4310 і Урал-4320, представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Вихідні дані для виконання розрахунку оцінки ефективності використання автомобілів, оснащених системою коригування параметрів повітря на вході в двигун

Показники	Базовий агрегат		Модернізований агрегат	
	КамАЗ-4310	Урал-4320	КамАЗ-4310	Урал-4320
Ціна автомобіля, грн.	950000	1000000	965000	1015000
Коефіцієнт відрахувань на технічне обслуговування і поточний ремонт, %	20			
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію, %	12,5			
Річний пробіг, км	36540			
Комплексна ціна дизельного палива, грн./л	22			



Результати розрахунку оцінки ефективності використання автомобілів, оснащених системою коригування параметрів повітря на вході в двигун, представлені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Результати розрахунку оцінки ефективності використання автомобілів, оснащених системою коригування параметрів повітря на вході в двигун

Показники	Базовий агрегат		Модернізований агрегат	
	КамАЗ-4310	Урал-4320	КамАЗ-4310	Урал-4320
1	2	3	4	5
Ціна автомобіля, грн.	950000	1000000	965000	1015000
Відрахування на ТО І ПР, грн./рік	190000	200000	193000	203000

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5
Амортизаційні відрахування, грн./ рік	118750	125000	120625	126875
Витрати на ПММ, грн./рік	233016	291589,2	210824	277704
Заробітня плата (ЗП), грн./рік	132500	132500	132500	132500
Витрати, грн./рік	520391	591314	498201,5	577431,5
Коефіцієнт використання парку	0,87	0,87	0,87	0,87
Сума питомих прямих експлуатаційних витрат, грн./км	14,2	16,2	13,6	15,6
Річний економічний ефект, грн./рік	—	—	22192	13885
Строк окупності додаткових капіталовкладень, років	—	—	0,68	1,08



Згідно з даними таблиці 5.3 річний економічний ефект використання автомобілів, оснащених системою коригування параметрів повітря на вході в двигун, для КамАЗ-4310 склав 22192 грн. і для Урал-4320 13885 грн. при середній ціні 22 грн. / л. При цьому термін окупності додаткових капітальних вкладень склав 6,8 міс. для автомобіля КамАЗ-4310 і 1 рік для Урал-4320.

Економія палива в порівнянні з діючими нормами витрати в зимовий період експлуатації для автомобіля КамАЗ-4310 склала 7,3 л / 100 км, або 15,5%, для Урал-4320 – 3,7 л / 100 км, або 6,9%, в літній період – 1,3 л / 100 км, або 3,4%, і 0,7 л / 100 км, або 1,5%, відповідно.

Разом з тим необхідно відзначити, що найбільша економія палива, а отже і економічний ефект досягається при мінусовій температурі навколишнього середовища (таблиця 5.4).



Таблиця 5.4 - Економія палива вантажними автомобілями при коригуванні параметрів повітря на вході в двигун

Температура навколишнього середовища, °С	Витрата палива при навантаженні 11,5 т, л/100 км	Витрата палива при навантаженні 11,5 т з використанням підігріву, л/100 км	Економія, %	Витрата палива без вантажу л/100 км	Витрата палива без вантажу з використанням підігріву, л/100 км	Економія, %
<b>КамАЗ-4310</b>						
-30 і нижче	47,2	39,9	15,5	–	–	–
-20 ÷ -30	43,8	39,2	10,6	36,7	32,6	11,3
-10 ÷ -20	40,7	38,9	4,4	33,0	31,8	3,6
-10 ÷ 0	39,4	38,7	1,7	32,1	32,0	0,2
0 ÷ +10	38,9	38,0	2,2	31,6	31,0	1,8
+10 ÷ +20	38,5	37,2	3,4	31,1	30,7	1,4
<b>Урал-4320</b>						
-30 и нижче	54	50,3	6,9	–	–	–



-20 ÷ -30	52,3	49,3	5,7	44,8	42,2	5,8
-10 ÷ -20	51	48,8	4,3	41,6	40,9	1,6
-10 ÷ 0	49,9	48,4	2,8	39,5	39,3	0,6
0 ÷ +10	48,5	47,4	2,3	39,0	38,5	1,4
+10 ÷ +20	46,8	46,1	1,5	38,5	38,4	0,2

Проведений розрахунок економічної ефективності показав доцільність застосування системи коригування параметрів повітря на вході в двигун.

## 5.2 Висновки до розділу 5

Основні висновки по п'ятому розділі:

1. Застосування системи коригування параметрів повітря на вході в двигун забезпечує економію палива в порівнянні з діючими нормами витрати в зимовий період експлуатації для автопоїзда КамАЗ-4310 з причепом в розмірі 7,3 л / 100 км, або 15,5%, для Урал-4320 з причепом – 3,7 л / 100 км, або 6,9%, в літній період – 1,3 л / 100 км, або 3,4%, і 0,7 л / 100 км, або 1,5%, відповідно. При цьому річний економічний ефект на один автомобіль становить від 13885 до 22192 грн.

2. Розроблена система введена на автотранспортному підрозділі військової частини А2287 місто Вінниця





У магістерській кваліфікаційній роботі вирішено наукове практичне завдання покращення паливної економічності вантажних автомобілів автотранспортного підрозділу військової частини А2287 місто Вінниця за рахунок коректування параметрів повітря на вході в двигун.

Розв'язання наукового завдання дає змогу зробити такі висновки:

1. Встановлено залежність впливу температури, тиску, густини і вологості повітря на вході в двигун на експлуатаційну витрату палива вантажних автомобілів.

2. Розроблено математичну модель витрати палива, що враховує параметри повітря, використовуваного двигуном автомобіля в процесі експлуатації, визначені чисельні значення її вхідних параметрів. Аналіз адекватності за критерієм Фішера показав, що експериментальні дані і



розрахункові значення належать одній генеральній сукупності і модель адекватна модельованому процесу з достовірністю 95%.

3. Розроблено конструктивне технічне рішення для коригування параметрів повітря на вході в двигун. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено, що при підтримці параметрів повітря на вході в двигун в межах від +40 до +70 °С витрата палива скорочується. Для забезпечення роботи запропонованого технічного пристрою в режимі автоматики запропонована і впроваджена система коригування параметрів повітря на вході в двигун шляхом підключення його до штатної системи управління роботи двигуном автомобіля через додатковий контролер.

4. Проведено експериментальні дослідження, в ході яких підтверджена працездатність запропонованого інженерного рішення на автомобілях КамАЗ-4310 і Урал-4320 в діапазоні температур навколишнього середовища  $-30 \div +20$  °С. При цьому економія палива в порівнянні з діючими нормами витрати в зимовий період експлуатації для автомобіля КамАЗ-4310 склала 7,3 л / 100 км, або 15,5%, для Урал-4320 – 3,7 л / 100 км, або 6,9%, в літній період – 1,3 л / 100 км, або 3,4%, і 0,7 л / 100 км, або 1,5%, відповідно.

5. Результати досліджень прийняті до впровадження на автотранспортному підрозділу військової частини А2287 місто Вінниця. Застосування системи коригування параметрів повітря на вході в двигун внутрішнього згоряння забезпечує ресурсозбереження автотранспортного підрозділу при експлуатації одного автомобіля марки КамАЗ-4310 до 22192 грн., для Урал-4320 до 13885 грн.

Напрями та перспективи подальших досліджень: застосування розробленої концепції ресурсозбереження, викладеної в дослідженнях; удосконалення технічних заходів щодо поліпшення ресурсозбереження при експлуатації автотранспорту в різних природно-кліматичних умовах; розробка методики визначення норм витрати палива при експлуатації автомобілів, обладнаних системою коригування параметрів повітря на вході в двигун.





### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрусенко С.І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств : навч. посіб. / Андрусенко С.І., Білецький В. О., Бортницький П. І. ; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с.
2. Бородич, А. М. Низкие температуры и топливная экономичность автомобиля / А.М. Бородич // Автомобильная промышленность. – 1988. – №10. – С. 21-22.
3. Белов, М. П. Двигатели армейских машин. Теория / М.П. Белов, В. Р. Бурячко, Е. И. Акатов. – М. : Воениздат, 1971. – Ч.1. – 512 с.
4. Буров, А. Л. Тепловые двигатели : учебное пособие / А. Л. Буров. – 2-е изд., измен. и доп. – М. : МГИУ, 2008. – 224 с.
5. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною : НАПБ Б.03.002-2007. – Київ : ДЕРЖПОЖБЕЗПЕКИ МНС УКРАЇНИ, 2007.



6. Виленский, Л. И. Исследование влияния низких температур окружающего воздуха на эксплуатационную топливную экономичность автомобиля : дис. канд. техн. Наук : 05.22.10 / Виленский Леонид Ильич. – Тюмень, 1980. – 193 с.
7. Гаврилов, А. А. Расчет циклов поршневых двигателей / А. А. Гаврилов, М. С. Игнатов, В. В. Эфрос. – Владимир: Владимирский государственный университет, 2003. – 124 с.
8. Гаврилов, А. К. Быстрый пуск холодных двигателей / А. К. Гаврилов // Автомобильный транспорт. – 1986. – №2. – С. 34-35.
9. Говорущенко, Н. Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н. Я. Говорущенко. – М. : Транспорт, 1990. – 135 с.
10. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам : ГОСТ 2.105-95. – К. : Госстандарт Украины, 1996. – 29 с. – (Нормативные директивные правовые документы).
11. Законодавство України про автомобільний транспорт : збірник законодавчих актів : станом на 1 травня 2005 р. / Верховна Рада України. – К.: Парламентське видавництво, 2005. – 140 с. – (Нормативні правові документи).
12. Захаров, Д.А. Расчет топливной экономичности автомобилей при низких температурах / Д. А. Захаров, И. В. Карнаухова, В. Н. Карнаухов // Транспорт Урала. – 2014. – № 4 (43). – С. 93-95.
13. Карнаухов, В. Н. Сбережение топливно-энергетических ресурсов при использовании автотранспорта зимой / В.Н. Карнаухов. – М. : Недра, 1998. – 180 с.
14. Карнаухова, И. В. Определение оптимальной температуры воздуха во впускном коллекторе двигателя / И. В. Карнаухова // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2014. – № 3 (37). – С. 7-12.
15. Крамаренко, Г. В. Безгаражное хранение автомобилей при низких температурах / Г. В. Крамаренко, В. А. Николаев, А. И. Шаталов. – М. : Транспорт, 1984. – 136 с.



16. Лейбзон, З. И. Влияние атмосферных условий на эффективные показатели автомобильных двигателей / З. И. Лейбзон, М. Л. Минкин // Труды НАМИ. – М., 1970. – Вып. 121. – С. 76-101.

17. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта : ОНТП-01-91. – М. : Гипроавтотранс, 1991. – 184 с. – (Нормативные директивные правовые документы).

18. Огневий В.О. Пристрій для підігріву повітря системи впуску дизельного двигуна внутрішнього згорання/ В. О. Огневий, М. В. Канащук // Матеріали конференції "Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2020)" : Електронне наукове видання матеріалів конференції. – Вінниця: ВНТУ, 2020. Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2020>

19. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. – К. : Мінтранс України, 1998. – 16 с. – (Нормативний документ Мінтрансу України).

20. Правила охорони праці на автомобільному транспорті : ДНАОП 0.00-1.28-97. – К. : Держнагляд охорони праці, 1997.

21. Резник, Л. Г. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации / Л.Г. Резник, Г.М. Ромалис, С.Т. Чарков. – М. : Транспорт, 1989. – 128 с.

22. Семенов, Н. В. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур / Н. В. Семенов. – М. : Транспорт, 1993. – 190 с.

23. Травкин, В. С. Совершенствование нормирования потребления топлива на автомобильном транспорте / В.С. Травкин // Совершенствование нормирования топливно-энергетических ресурсов и химических материалов : сборник научных трудов. – М. : Изд. НИИПиНа, 1985. – 98 с.

24. Тышкевич, Л. Н. Повышение эффективности эксплуатации транспортных машин в условиях низких отрицательных температур / Л. Н. Тышкевич, Б. В. Журавский // Вестник СибАДИ. – 2016. – № 3 (49). – С. 36-41.



25. Чижков, Ю. П. Электростартерный пуск автотракторных двигателей / Ю. П. Чижков, С. М. Квайт, Н. Н. Сметнев. – М. : Машиностроение, 1985. – 160 с.

