

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Спеціальність: "Автомобільний транспорт"

Шифр: «Автомобільні двигуни»

## **НАУКОВА РОБОТА**

**на тему:**

**«Покращення пускових властивостей бензинового  
двигуна в умовах понижених температур»**

**Дубляни 2020**

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ .....	5
1.1. Пускові властивості ДВЗ в умовах понижених температур навколишнього середовища .....	5
1.2 Методи прогріву автомобільних ДВЗ .....	8
1.3 Шляхи економії палива та зменшення шкідливих викидів ДВЗ ..	14
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	16
2.1. Тепловий розрахунок бензинового двигуна.....	16
2.2 Розрахунок теплового балансу бензинового двигуна .....	16
3. МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	17
3.1. Будова і робота пристрою для підігрівання повітря у впускному коллекторі.....	17
3.2. Лабораторне обладнання для проведення досліджень .....	18
3.3. Методика проведення експерименту .....	18
3.4. Результати теплового розрахунку бензинового двигуна .....	19
3.5. Результати стендових випробувань бензинового двигуна .....	23
3.6. Розрахунок експлуатаційних витрат бензинового двигуна з підігрівом впускного повітря .....	25
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	28

## ВСТУП

На сьогоднішній день у розвинених Європейських державах автомобільний транспорт забезпечує 85...90% всіх перевезень і використовує близько 60% нафтових палив. Відповідно, щоб забезпечити ефективну експлуатацію автомобіля (що відповідає сучасним вимогам до паливної економічності і екологічності), неможливо досягти без урахування умов експлуатації. Тому, досить значний вплив на паливну економічність та екологічну безпеку автомобільного транспортного засобу чинить природно-кліматичне середовище. Експлуатація автомобіля в умовах понижених температур суттєво сприяє погіршенню його паливної економічності. Основою такого негативного процесу з витрат палива є неповне згорання робочої суміші. А це погіршення розпилювання і випаровування палива та збільшенням тривалості прогрівання ДВЗ. За таких низьких температур навколишнього повітря, ефективна експлуатація автомобіля за безгаражного утримування значно залежить від способу його підготовки (який повинен за мінімальних витрат паливно-енергетичних ресурсів забезпечити швидкий і надійний пуск двигуна і прискорене його прогрівання).

Нами прийнято рішення, щодо отримання теплової енергії для підігріву повітря на впуску без додаткових витрат. Це встановлення у впускну повітряну магістраль системи живлення бензинового двигуна з іскровим запаленням розжарювальної спіралі, яка буде отримувати живлення від акумуляторної батареї. Така модернізація системи, не вимагає великих конструктивних змін і значних фінансових капіталовкладень.

Не вирішеним, залишаються питання оцінки ефективності процесу прогрівання повітря, що попадає у камери згорання двигуна для створення робочої суміші.

І тому, на наше переконання, робота є актуальна та спрямована на підвищення ефективних, економічних і екологічних показників роботи бензинового двигуна з точковою подачею палива.

**Мета роботи:** досягти покращення пускових і експлуатаційних характеристик роботи двигуна, методом встановлення підігрівального елемента у впускній магістралі.

**Задачі досліджень:**

1. Теоретичним і практичним методами довести якісні сторони використання спіралі розжарювання у впускній магістралі системи живлення досліджуваного двигуна.
2. Визначити економічну ефективність використання модернізованої системи живлення досліджуваного двигуна.

## **1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ**

### **1.1 Пускові властивості ДВЗ в умовах понижених температур навколишнього середовища**

Температура повітря істотно впливає на показники роботи двигунів внутрішнього згоряння, особливо на: паливну економічність, екологічні показники, потужність та інтенсивність зношування деталей. І тому, за будь-яких умовах експлуатації автомобілів слід забезпечувати оптимальний тепловий режим роботи двигуна від  $+50^{\circ}\text{C}$  до  $+90^{\circ}\text{C}$ . А факторами зниження теплового режиму двигунів внутрішнього згоряння являється низька температура навколишнього повітря, що впливає на створення робочої суміші, яка надходить у циліндри та дії повітряних потоків зовні. Для прикладу, підвищення швидкості вітрового потоку до 12 м/с веде до збільшення процесу охолодження елементів ДВЗ близько в 3 рази порівняно з затишшям та насамперед відповідно впливає на інтенсивність охолодження двигуна автомобіля [1-3].

Надійний пуск двигуна з іскровим запаленням досягається, коли частота обертання колінчастого вала досягає 30...50 об/хв., яка здатна забезпечити необхідний процес підготовки паливо-повітряної суміші до займання.

Відповідно, мінімальна пускова частота обертання колінчастого вала залежить від температури навколишнього середовища, наявності передпускової теплової системи холодного двигуна, що полегшує його пуск, конструкції двигуна та технічного його стану.

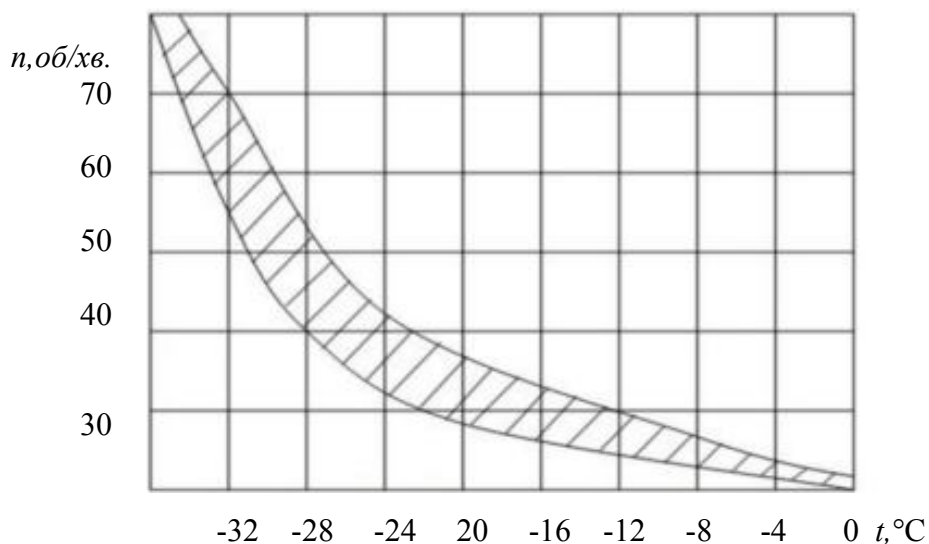


Рисунок 1.1 – Графік поля мінімальної частоти обертання колінчастого вала бензинового двигуна залежно від температури навколишнього середовища [4].

Інженерами дослідниками доведено [9], що величина мінімальної пускової частоти обертання колінчастого вала в значній мірі залежить від зміни і розподілу потоків енергії. А ці зміни відбуваються, завдяки зниженні температури навколишнього середовища. Тому, складовими енергетичного балансу двигуна при холодному пуску є енергія акумуляторної батареї і хімічна енергія палива, рис. 1.2.

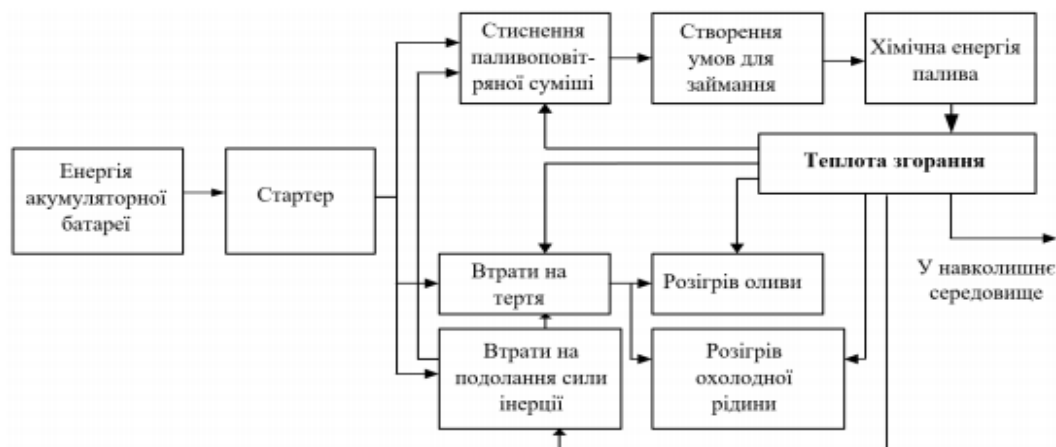


Рисунок 1.2 – Баланс потоків енергії в момент пуску ДВЗ [10].

Енергетика акумуляторної батареї в значній мірі витрачається на привод стартера. А енергетичні пускові можливості стартера реалізуються за трьома головними критеріями - це стиснення паливо-повітряної суміші, подолання сил тертя і сил інерції.

Енергетичний баланс двигуна в режимі прогрівання, зображений на рис. 1.3 (отриманий за постійних обертів і навантаження двигуна з іскровим запаленням [11-12]).



Рисунок 1.3 – Енергетичний баланс бензинового ДВЗ в режимі прогрівання.

На рис.1.4 зображено графік годинної витрати палива бензинового двигуна, залежно від температури навколишнього середовища.

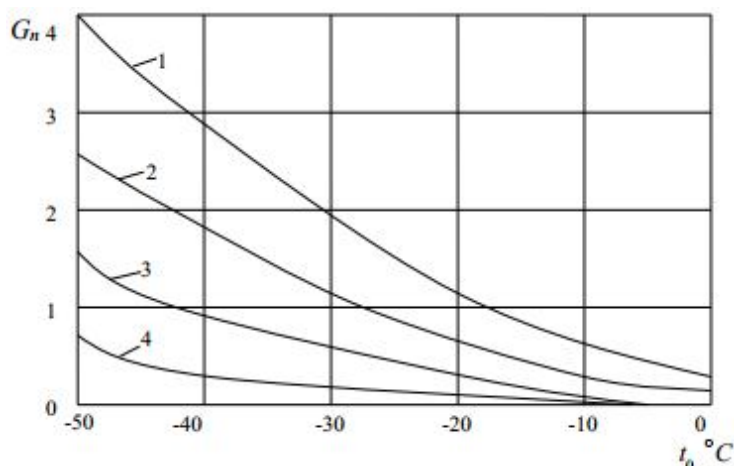


Рисунок 1.4 – Витрата палива бензинового ДВЗ на прогрів агрегатів автомобіля після стоянки тривалістю від 0,5 до 4 год [13].

Частково доведено, що найкращими умовами для приготування паливо-повітряної суміші є температури повітря у впускному колекторі 40...60°C і температура палива - 15...25°C. Доведено, що спад температури повітря на кожні 10°C нижче згаданої, паливна економічність знижується на 2%.

Тобто, в середньому, за умов низьких температур навколишнього середовища (при безгаражному утримуванні автомобіля) сумарні втрати палива в режимах пуску і прогрівання двигуна досягають від 3 до 8% загальної його витрати [12].

За проведеними дослідженнями [7], (в реальних умовах експлуатації) відстань і час, що були витрачені на поїздки у міських умовах незначні, але мають місце часті зупинки, що складають близько третини з них, не дозволяючи охолодженій рідині і мастильним матеріалам ДВЗ досягти експлуатаційних нормативних значень і складають близько 60...70°C.

Тому, важливим завданням (при організації експлуатації автомобіля в умовах низьких температур навколишнього середовища) є покращення його економічності та екологічності, особливо в режимах пуску холодного двигуна і прогрівання.

## **1.2 Методи прогріву автомобільних ДВЗ**

Ефективність експлуатації автомобіля в умовах низьких температур навколишнього середовища значно залежить від способу його підготовки, що вплине на мінімальні витрати паливно-енергетичних ресурсів та безаварійний пуск холодного двигуна і прискорене його прогрівання.

До приспособлення, що діють у передпусковий період можна віднести різні підігрівачі (які забезпечують передпусковий розігрів двигуна, а також підігрів акумуляторної батареї та інших систем. У наслідок цього, підвищується частота обертання колінчастого вала ДВЗ, покращуються умови займання паливо-повітряної суміші, зменшується знос деталей циліндропоршневої групи та кривошипно-шатунного механізму в цілому.

Передпускові підігрівачі можна поділити: за використанням енергії, що

перетворюється в теплову; за методикою підведення теплової енергії; видом теплоносія; продуктивністю виділення тепла за одиницю часу.

Ще застосовуються підігрівачі пульсуючого типу, які можуть бути рідинні і повітряні, рис. 1.5 і 1.6.

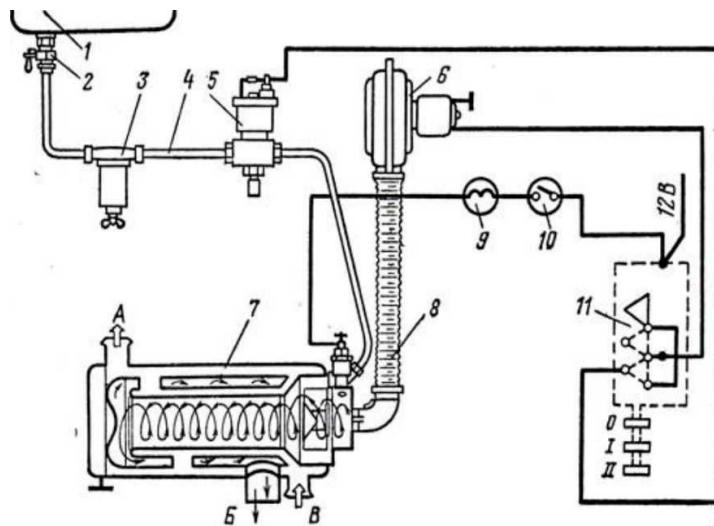


Рисунок 1.5 – Схематичне зображення бензинового підігрівача: 1 - паливний бачок; 2 - запірний кран; 3 - фільтр-відстійник; 4 – паливна магістраль; 5 - електромагнітний паливний клапан; 6 - вентилятор з електродвигуном; 7 - котел підігрівача з пальником; 8 – повітряна магістраль; 9 - контрольна спіраль; 10 - вимикач свічки; 11 - перемикач; А - нагріта рідина до двигуна; Б –відпрацьовані гази (які направлені в сторону піддона картера; В – охолоджуюча рідина від ДВЗ [16].

Дана конструкція підігрівачів забезпечує розігрівання двигуна (завдяки збільшенню температури охолодної рідини).

Такий процес згорання палива і роботи підігрівача дозволяє практично виключити споживання електроенергії від штатної акумуляторної батареї (після виходу на усталену пульсацію), при цьому, зовнішнє джерело електроенергії не використовується.



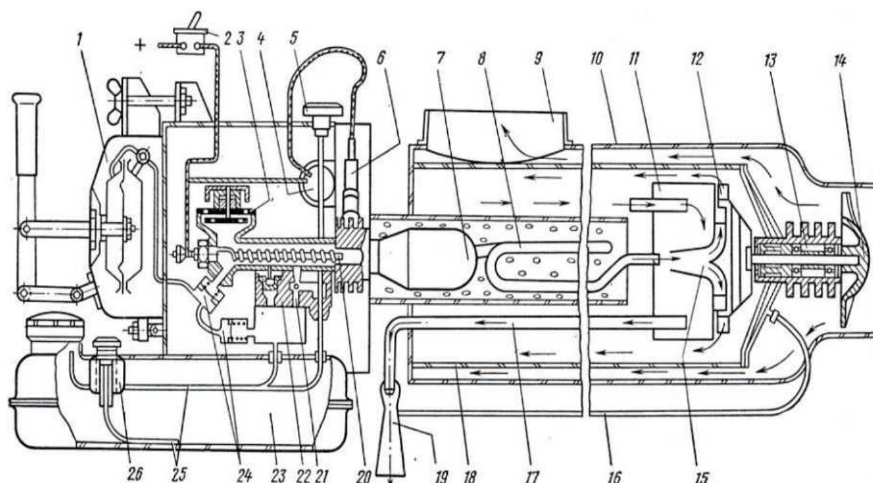


Рисунок 1.6 – Схематичне зображення повітряного підігрівача пульсуючого [16]: 1 - пусковий повітряний насос; 2 - вимикач свічки; 3 - клапан подачі повітря; 4 - котушка запалювання; 5 - рукоятка регулювальної голки; 6 - іскрова свічка; 7 - камера згорання; 8 - жарова труба; 9 - патрубок зовнішнього кожуха теплообмінника; 10 - зовнішній кожух теплообмінника; 11 - глушник випуску; 12 - колесо турбіни; 13 - порожнина для змащування підшипників вала турбіни; 14 - крильчатка вентилятора; 15 - спрямовуючий апарат; 16 - відсмоктувальна трубка ежектора; 17 - випускна труба; 18 - внутрішній кожух теплообмінника; 19 - інжектор; 20 - свічка розжарювання; 21 - жиклер-розпилювач; 22 - карбюратор; 23 - паливний бачок; 24 - пусковий зворотний клапан; 25 – паливо-провід; 26 - паливний фільтр

Слід зазначити, що оптимальне розігрівання двигунів найбільш доцільно проводити (тобто розігрівання охолодної рідини і оливи в системі мащення двигуна) не до температури експлуатаційного теплового режиму, а до температури, що забезпечує його надійний пуск.

Щоб підібрати підігрівач даного типу (для конкретного двигуна) визначають його теплопродуктивність, відповідно розмірів і вимог до пуску двигуна при низьких температурах навколишнього середовища.

Досить великого попиту за останні роки, набули напівпровідникові

нагрівачі. На основі використання підігрівачів, розроблені оригінальні пристрої, які полегшують займання робочої суміші двигунів з електронною системою впорскування палива.

В зв'язку із високими вимогами до електробезпеки, найбільш доцільною конструкцією електронагрівального елемента становлять герметичні трубчасті електронагрівачі. Їхня висока надійність і електробезпека (можливість надання необхідної форми ТЕН), дозволяють широко їх використовувати у різних конструкціях електронагрівачів, рис. 1.7.

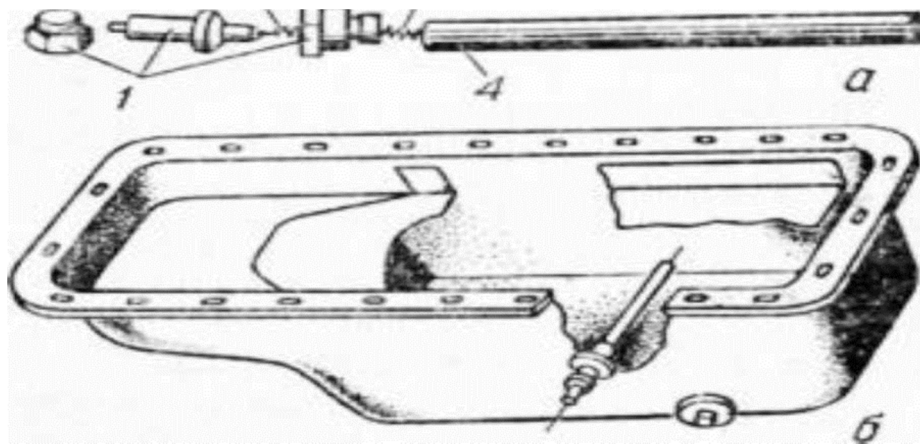


Рисунок 1.7 – ТЕН для розігрівання оливи в картері двигуна [9]:  
*а* - будова елемента; *б* — монтажна схема установки елемента

В період запуску холодного двигуна, випаровується лише незначний відсоток легких фракцій бензину, а паливо, яке не випарувалося, осідає на стінки впускного колектора, створюючи паливну плівку. При потраплянні її у циліндри двигуна, відбувається процес забризкування електродів свічок запалювання та змивається плівка оливи зі стінок циліндрів.

Максимально повне випаровування бензину (в умовах низьких температур навколишнього середовища) можна досягти, використовуючи спеціальний бензоелектровипарний пристрій. Встановлюють його у впускному колекторі бензинового ДВЗ (для нагрівання бензину до температури 189...195°C), рис. 1.8.

Кількість бензину, що надходить у випарник, дозує регулювальна голка електромагнітного паливного клапана за умови, щоб весь бензин випаровувався.

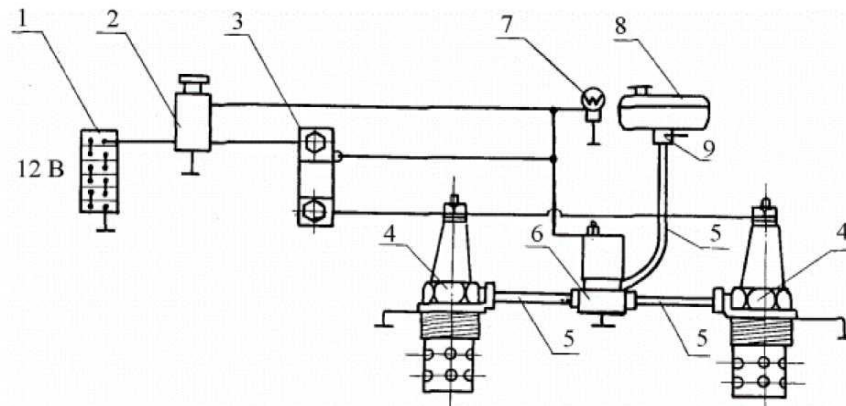


Рисунок 1.8 - Схема бензоелектровипарного пристрою для пуску холодних бензинових двигунів [10]:

1 - акумуляторна батарея; 2 - трипозиційний перемикач; 3 - резистор з тепловим реле; 4 - електровипарники бензину; 5 - бензопроводи; 6 - електромагнітний паливний клапан; 7 - контрольна лампа; 8 - бензобачок з фільтром; 9 - кран.

Підвищення надійності і збереження ємності акумуляторної батареї (в період пуску холодного двигуна в умовах низьких температур навколишнього середовища) використовують: електропідігрів електроліту акумуляторної батареї, електронагрівачами (з живленням від зовнішньої електричної мережі або генератора автомобіля), рис. 1.9.



Рисунок 1.9 – Підігрів автомобільної акумуляторної батареї [11].

Інфрачервоні нагрівальні елементи використовують для підігріву оливи у картері двигуна (в холодний період пуску). З використанням у своїй структурі алюмо-магнієвих сплавів, нагрівальний елемент має високу надійність і ефективність.

Даний інфрачервоний нагрівальний елемент під час роботи, виділяє теплову енергію (практично, не нагріває повітря). І тому, він має низку переваг перед існуючими пристроями для підігрівання, рис. 1.10.



Рисунок 1.10 - Інфрачервоний нагрівальний елемент

Нагрівач індукційного типу, підігріває холодну воду безпосередньо у трубі, рис. 1.11.

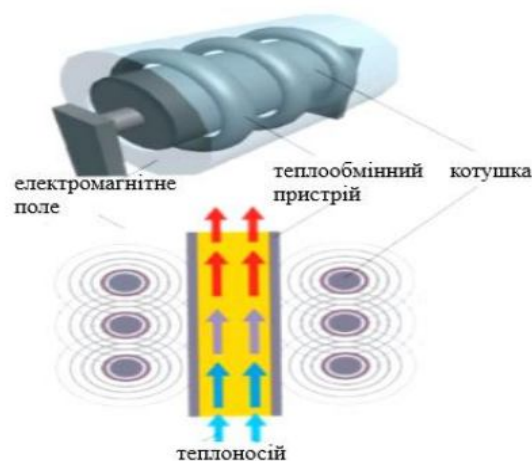


Рисунок 1.11 – Індукційний нагрівач.

Існують пристосіблення, що використовуються у ДВЗ (для покращення сумішоутворення) і містять підігрівальні елементи, що забезпечує підігрів

повітря у впускному колекторі, створюючи при цьому умови для додаткового випаровування рідкої фази палива, рис. 1.12.

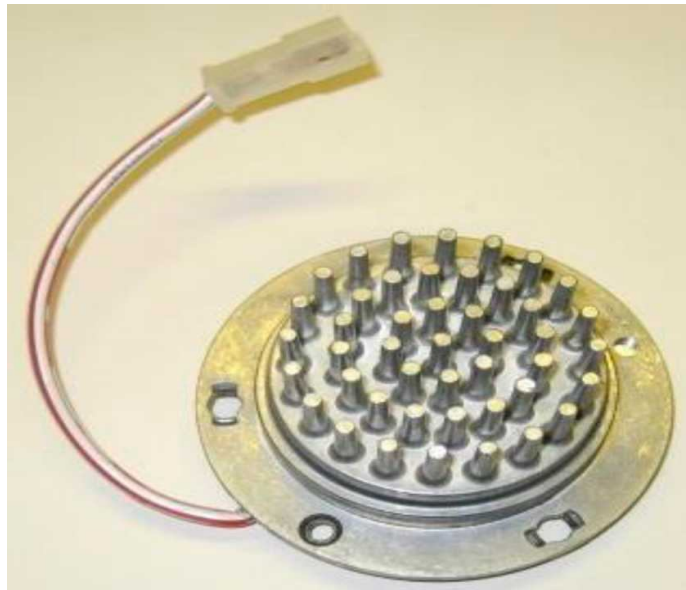


Рисунок 1.12 - Пристрій для поліпшення сумішоутворення в двигунах з

Конструкція металевої шпильистої поверхні (в режимі пуску холодного двигуна), практично миттєво забезпечує підігрів рідкого палива до  $180^{\circ}\text{C}$  (завдяки електричній енергії бортової акумуляторної батареї). Плівкова фаза бензину, потрапляючи на металевий елемент, інтенсивно випаровується та краще перемішується з повітрям, і більш рівномірного розподіляється по циліндрах, тим самим поліпшує умови холодного пуску двигуна.

Коли температура охолоджуючої рідини досягає  $60...65^{\circ}\text{C}$  даний пристрій автоматично вимикається.

### **1.3 Шляхи економії палива та зменшення шкідливих викидів ДВЗ**

Під час процесу пуску холодного двигуна, тобто коли автомобіль перебуває при температурі, близької до температури навколишнього середовища, необхідно досягти скорочення часу на підготовку до пуску і його прогрів (без використання енергії від зовнішнього джерела). І тому, спосіб зберігання енергії (на борту автомобіля) повинен бути надійний, щоб забезпечити на тривалий час зберігання цієї енергії, як мінімум міжзмінний

період, яка необхідна для забезпечення підготовки двигуна до холодного пуску.

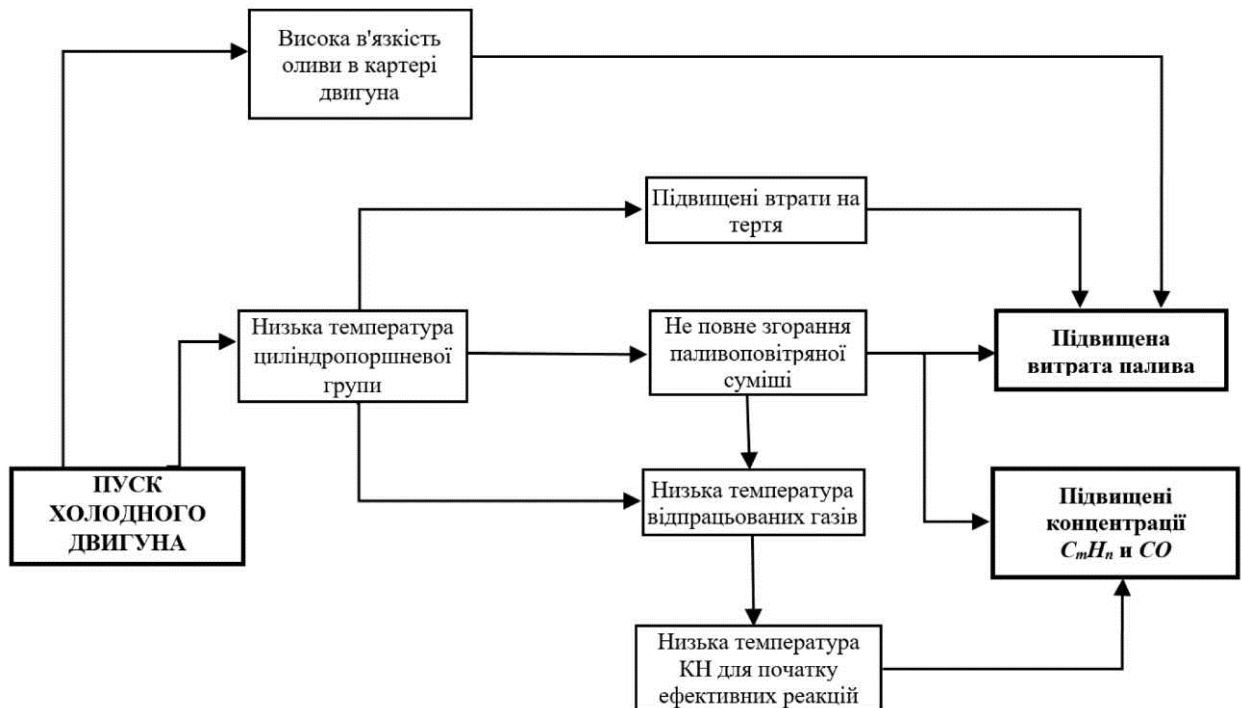


Рисунок 1.13 - Взаємозв'язок основних факторів пуску холодного двигуна, що призводять до погіршення його паливної економічності і екологічності [13].

Дослідниками встановлено, що для розігрівання бензинового двигуна вантажного автомобіля (при температурі нижче мінус 40°C) до нормальної температури, потрібно близько 2,8 л пального. За низьких температурах повітря, збільшується в'язкість оливи, що зменшує паливну економічність близько 3...5%. Відповідно, зниження температури на кожні 10 градусів, збільшує аеродинамічний опір повітря на 4% (при цьому витрата палива збільшується на 2,5%). За температури від мінус 40°C до мінус 10°C - в'язкість бензину збільшується на 76%, а густина - на 6%, що відповідно погіршує умови сумішоутворення і розподіл палива по циліндрах. Суміш у циліндри надходить холодною і збідненою, що надзвичайно впливає на повне і інтенсивне згорання палива.

На сьогоднішній день, немає єдиної думки, при якій температурі охолоджуючої рідини двигуна необхідно розпочинати рух автомобіля.

Спосіб визначення такої температури, може бути оптимальне значення витрати палива та тривалість теплової підготовки двигуна (в режимі прогрівання), що може привести до зниження шкідливих речовин у випускних газах двигуна [8-10].

Тому, нами пропонується додатковий нагрівальний елемент у впускному колекторі бензинового двигуна, що забезпечить полегшений пуск двигуна, збільшить ефективність використання енергії акумуляторної батареї та не вимагатиме значних конструктивних змін у паливній системі.

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Тепловий розрахунок бензинового двигуна

Для визначення впливу температури впускного повітря на техніко-експлуатаційні показники бензинового двигуна, необхідно встановити фізико-хімічні показники леткого палива (бензину), та провести тепловий розрахунок двигуна.

У табл. 2.1 представлено фізико-хімічні показники палива [8].

Таблиця 2.1 – Фізико-хімічні показники леткого палива

Вид палива	Густина при 20°C, кг/м <sup>3</sup>	В'язкість при 40°C, сСт	Октанове число	Нижня теплота згоряння, кДж/кг
А 92	726	1,6	92	44000

Використання теплового розрахунку дає можливість встановити, як змінюється тиск газів у циліндрах двигуна, під час протікання процесів впуску, стиску, згоряння і випуску відпрацьованих газів [12].

### 2.2 Розрахунок теплового балансу бензинового двигуна

Теплоту згоряння робочої суміші можна розділити на певні складові, яка залежить від: зміни робочих процесів, геометричних розмірів (елементів циліндро-поршневої групи) та системи охолодження. Тоді, як правило, за тепловим балансом, можна розрахувати шляхи економичності двигуна.

Розрахунок теплового балансу досліджуваного ДВЗ проводили за відомою методикою [14].

### 3. МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1 Будова і робота пристрою для підігрівання повітря у впускному колекторі

Для ефективного пуску двигуна автомобіля «Опель» за понижених температур навколишнього середовища, використали і встановили жаростійку спіраль у впускній магістралі системи живлення. Даний підігрівальний елемент під'єднаний у загальну електромережу автомобіля і додатково виконує функцію збудження акумуляторної батареї.

На рис.3.1 зображено схему підключення підігрівального елемента у електромережу автомобіля.

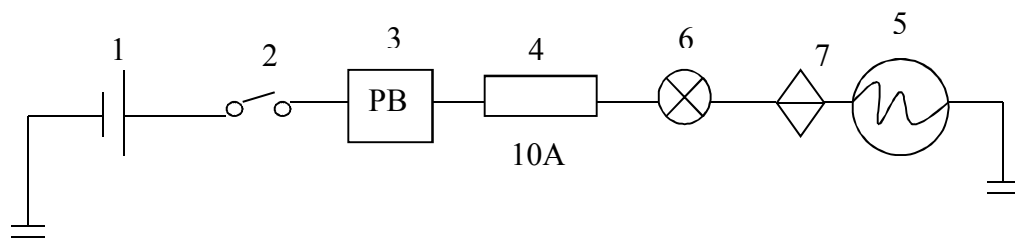


Рисунок 3.1 – Схема підключення підігрівального елемента у впускній магістралі системи живлення: 1- акумуляторна батарея 6СТ60; 2- вмикач; 3- реле вмикання; 4 – запобіжник; 5 – підігрівальна спіраль; 6 – контрольна лампа; 7 – термовимикач (вимикається за +90°C).

Робота спіралі підігріву повітря у впускній магістралі системи живлення досліджуваного бензинового двигуна відбувається в наступному: на передодні пуску двигуна (за понижених температур навколишнього середовища), вмикають вмикач і напруга від акумуляторної батареї подається до спіралі підігріву, нагріваючи корпус і камеру даного пристрою на протязі 30 сек. Після вимикання спіралі від електромережі, акумуляторна батарея збуджується і проводиться пуск двигуна.



Слід зазначити, що запуск двигуна відбувається плавно і швидко на протязі від 5....10 сек.

### **3.2 Лабораторне обладнання для проведення досліджень**

Для проведення експериментальних досліджень, використали лабораторне обладнання, до складу якого входить стенд систем точкової подачі палива та подачі іскри (з електронним регулюванням) сучасного бензинового двигуна автомобіля «Опель».

Даний стенд системи «Мотронік» знаходиться у лабораторії кафедри автомобілів і тракторів факультету механіки і енергетики. Він складається: з джерела електроприводу стенда; сучасної системи живлення двигуна (до якої входять всі інформаційні і передавальні механізми з електронним регулюванням) та вимірювальні об'єми палива для кожної форсунки; симулятора температури двигуна (навколишнього середовища); симулятора обертів колінчастого вала ДВЗ; всіх елементів системи електронного запалення.

Даний стенд дає можливість моделювати різні режими роботи двигуна, які в автоматичному режимі контролюються бортовим електронним блоком управління, який у свою чергу керує системами запалення і живлення бензинового двигуна.

На стенді встановлені всі давачі, що використовуються у двигуні з іскровим запаленням:

- Масовий витратомір повітря механічного типу із вбудованим давачем температури повітря (вимірює масу повітря, що використовує двигун в даний момент часу). Відповідно до його показів, електронна система керування роботою двигуна подає відповідну кількість палива. Ми маємо можливість на стенді встановлювати (симулювати) будь-яку витрату повітря;

- Давач температури охолоджуючої рідини - подає інформацію на контролер про ступінь нагріву двигуна. За допомогою змінного резистора, ми можемо встановлювати температуру від  $-30^{\circ}$  до  $+120^{\circ}\text{C}$ .

На рис.3.3 відображено загальний вигляд стенду системи «Мотронік» автомобіля «Опель».



Рисунок 3.3 - Загальний вигляд стенду електронної системи «Мотронік»: 1 – мірні пробірки; 2 – тахометр; 3 – регулятор температурного режиму двигуна; 4 – регулятор обертів колінчастого вала.

### 3.3 Методика проведення експерименту

Для проведення експерименту, слід задати відповідні режими роботи системи «Мотронік» (див.рис. 3.1).

Моделюємо процес пуску бензинового двигуна за понижених температур навколишнього середовища та відображаємо режим холостого ходу. Для цього, встановлюємо температуру ДВЗ  $-15^{\circ}\text{C}$  і оберти колінчастого вала – 900 об/хв. Закриваємо крани мірних колб палива та вмикаємо таймер на 0,5 хв. (30 с). Тоді, після зупинки таймера, вимикаємо установку і здійснюємо заміри витрати палива у кожній колбі. Різниця не повинна перевищувати 6%.

Визначене середнє значення кількості палива поданого форсунками, буде засвідчувати витрату палива за досліджуваний період.

Всі інші послідувачі дослідження, проводили у тій же послідовності (тільки змінювали температурний режим роботи двигуна), починаючи від: -15; -10; -5; 0; +5; +25; +40; +90°C.

Після проведених досліджень, здійснювали порівняння показників і визначали оптимальний режим роботи, на холостому ході двигуна ( $n=900$  об/хв) за понижених і плюсових температур.

### 3.4 Результати теплового розрахунку бензинового двигуна

З використанням програмного продукту Microsoft Excel, отримано результати теплового розрахунку бензинового двигуна автомобіля «Опель», які занесені до табл. 3.1

Таблиця 3.1 - Результати теплового розрахунку двигуна

Показники	Позначення показників	Бензиновий двигун	Заряд з підігрітим повітрям	Заряд з атмосферним повітрям
1	2	3	4	5
<b>Параметри робочого тіла</b>				
Теор необ кількість повітря для згор 1кг палива, кг	$l_0/L_0$	13,89	13,89	13,91
Кількість свіжого заряду, кг	$M_1$	0,644	0,643	0,645
Загальна кількість продуктів згорання, кг	$M_2$	0,467	0,469	0,658
Коеф молекуляр. зміни пальної суміші	$b_0$	1,04	1,08	1,12
<b>Параметри навколишнього середовища</b>				
Тиск у впускному трубопроводі, МПа	$P_k$	0,089	0,092	0,094
Температура у впускному трубопроводі, °К	$T_k$	327	404	305
Тиск залишкових газів, МПа	$P_r$	0,192	0,189	0,098
<b>Процес впуску</b>				
Густина заряду на впуску, кг/м <sup>3</sup>	$r_k$	1,71	1,79	1,89
Втрати тиску на впуску в двигун, МПа	$Dp_a$	0,0273	0,0278	0,0268
Тиск в кінці впуску, МПа	$P_a$	0,1909	0,2204	0,2167
Коеф залишкових газів	$\gamma_r$	0,031	0,024	0,029

Продовження таблиці 3.1				
1	2	3	4	5
Температура в кінці впуску, °К	$T_a$	365	431	307
Коеф наповнення	$h_v$	0,781	0,785	0,784
<b>Процес стиску</b>				
$c$	$n_1$	1,32	1,38	1,33
Тиск в кінці стиску, МПа	$P_c$	1,316	1,365	1,323
Темпер в кінці стиску, °К	$T_c$	815	823	782
Сер. молярна теплоємність заряду, кДж/(кмоль град)	$\mu_{vc}$	19,79	20,86	18,45
Число молів залишкових газів	$M_r$	0,0201	0,0201	0,0207
Число молів газів в кінці стиску до згоряння, кмоль	$M_c$	0,5966	0,6554	0,523
<b>Процес згоряння</b>				
Сер. молярна теплоємність продуктів згоряння	$\mu_{pz}(V_z)$	27,9841	27,1922	26,9872
Число молів газів після згоряння, кмоль	$M_z$	0,503	0,385	0,298
Розрахунк коеф. молекул зміни робочої суміші	$b$	1,011	1,121	1,113
Кількість теплоти, що передається газам, кДж/кг	$Q$	31054	33919	30331
Рівняння згоряння		0,0028711	0,0027731	0,0017921
Температура в кінці згоряння, °К	$T_z$	1285	1379	1113
Тиск в кінці згоряння, МПа	$P_z$	7,51	7,64	5,32
Ступінь попереднього розширення	$r$	1,362	1,428	1,222
<b>Процес розширення</b>				
Показник політропи розширення	$n_2$	1,20	1,22	1,15
Ступінь наступного розширення	$d$	3,09	4,78	2,32
Тиск в кінці розширення, МПа	$P_b$	0,33	0,36	0,21
Температура в кінці розширення, °К	$T_b$	1201	1259	976
Температура залишкових газів, °К	$T_r$	790	802	624
Похибка припущень, %	$\Delta$	1,6	1,5	1,4
<b>Індикаторні показники</b>				
Серед. індик. тиск для неокругленої діаграми, МПа	$P_i'$	1,22	1,24	0,99
Індикаторний ККД	$\eta_i$	0,328	0,329	0,301
Індикаторна питома витрата палива, г/кВт год	$g_i$	249	250	343
<b>Ефективні показники двигуна</b>				
Середній тиск механічних втрат, МПа	$P_m$	0,217	0,218	0,219
Середній ефективний тиск, МПа	$P_e$	1,156	1,178	0,775
Механічний ККД	$\eta_m$	0,74	0,76	0,85
Ефективний ККД	$\eta_e$	0,27	0,33	0,21

Продовження таблиці 3.1				
1	2	3	4	5
Ефективна питома витрата палива, г/кВт год	$g_e$	300	363	423
<b>Основні розміри циліндра і питомі показники двигуна</b>				
Літраж двигуна, л	$V_d$	1,99		
Робочий об'єм циліндра, л	$V_h$	0,4975		
Діаметр циліндра, мм	$D$	86		
Хід поршня, мм	$S$	86		
Площа поршня, мм <sup>2</sup>	$F_n$	5805,9		
Середня швидкість поршня, м/с	$W_{n.cp}$	9,21	9,32	7,79
Похибка припущень, %	$\Delta$	2,1	2,6	2,5
Ефективний крутний момент, Н/м	$M_e$	170	172	149
Годинна витрата палива, кг/год	$G_m$	9,3	9,8	14,4
Літрова потужність, кВт/л	$N_d$	20,1	20,3	14,5
Питома поршнева потужність, кВт/мм <sup>2</sup>	$N_n$	19,7	19,9	14,3

Після порівняльного аналізу значень теплового розрахунку бензинового двигуна автомобіля «Опель» з підігрівальним елементом у впускній магістралі системи живлення, побудовано індикаторні діаграми, рис. 3.4.

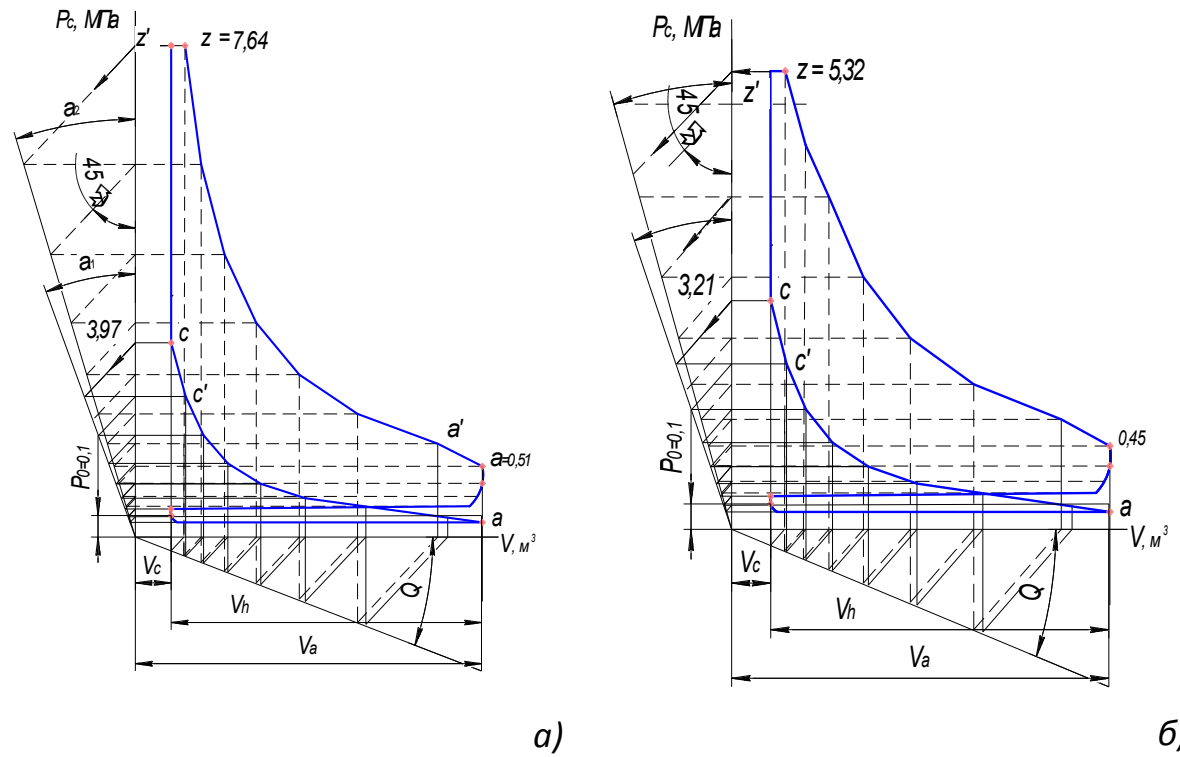


Рисунок 3.4 - Індикаторні діаграми автомобіля «Опель – Омега»: а) за базової системи живлення [13]; б) з підігрівальним елементом у впускному колекторі бензинового двигуна.

Аналізуючи індикаторні діаграми, цілком можна стверджувати, що за використання підігрівального елемента у впускній магістралі двигуна, тиск газів у камері після згоряння робочої суміші становить 7,64 МПа, а у циліндрі де повітря поступило без підігріву, становить 5,32 МПа. Різниця склала – 2,32 МПа, що суттєво впливає на пуск двигуна і подальшого його роботи.

Згідно визначених показників теплоти, виділеної після згоряння робочої суміші: бензин А-92 + холодне повітря і бензин А-92 + тепле повітря у циліндрах двигуна автомобіля «Опель», побудовано діаграми теплового балансу, рис. 3.5.

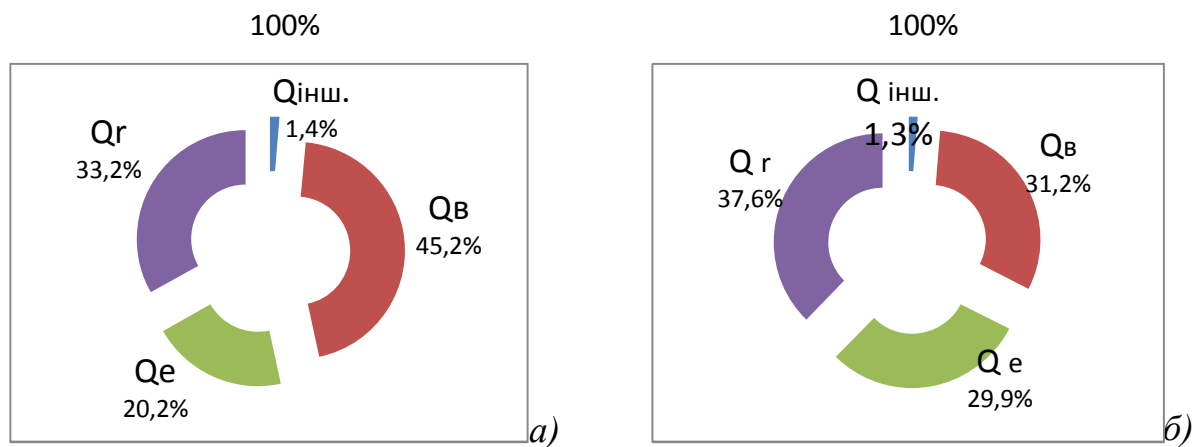


Рисунок 3.5 – Діаграми теплового балансу бензинового двигуна автомобіля «Опель-Омега»:

а) за холодного повітря; б) за підігрітого повітря

Провівши аналіз діаграм теплового балансу досліджуваного бензинового двигуна встановили, що ефективна теплота за холодного повітря становить 20,2%, а за підігрітого зросла до 29,9%.

Дане явище пояснюється тим, що ефективна кількість теплоти збільшилась за рахунок підігрітого повітря у впускному колекторі.

### 3.5 Результати стендових випробувань бензинового двигуна

За методикою стендового дослідження бензинового двигуна з удосконаленою системою живлення, отримали результати, які занесенні до табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Результати витрати палива під час пуску і роботи на холостому ході бензинового двигуна

№ n/n	Темпер. Повітря, °С	К - сть обертів кол. вала, об/хв	Тривалість експерименту, сек.	К- сть палива, см <sup>3</sup>	Різниця рівномірності вприску, %
1	-15	900	60	25,5	1
2	-10			24,7	2
3	-5			23,1	2
4	0			21,5	3
5	5			17,5	1
6	25			12,2	2
7	40			8,5	1
8	90			8,1	3

Провівши аналіз табл. 3.2, бачимо, що витрата палива за мінусової температури 15°С збільшилась на 2,5 см<sup>3</sup> відносно 8,5 см<sup>3</sup> – за температури 40°С.

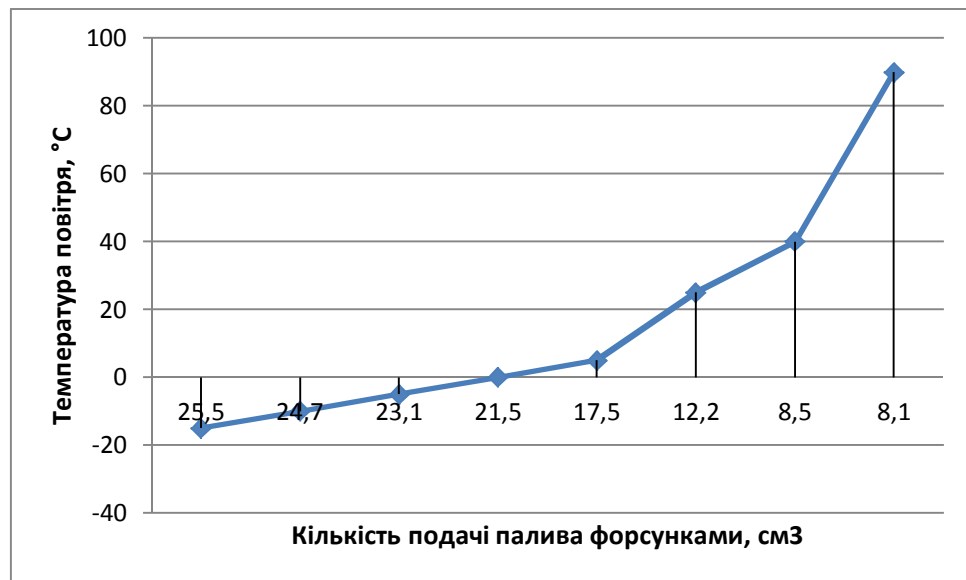


Рисунок 3.6 – Графік залежності витрати палива на початку пуску двигуна, залежно від температури навколишнього середовища

Із графіка видно, що експлуатацію автомобіля слід починати за температури не нижче +40°С.

Відповідно за -15°С, витрата палива збільшилась до 25,5 см<sup>3</sup>, порівняно за температури +40°С – 8,5 см<sup>3</sup>.

Додаткові результати досліджень бензинового двигуна представлено у додатках – А і Б.



### 3.6 Розрахунок експлуатаційних витрат бензинового двигуна з підігрівом впускного повітря

Для визначення витрат на експлуатацію автомобіля, використовуємо відому формулу [12]:

$$Z = Z_n + Z_{зм} + Z_{ТО} + Z_{ав} + Z_{ш} + Z_{зн} \quad (6.1)$$

де  $Z_n$  – витрати на пальне;

$Z_{зм}$  – витрати на змащувальні матеріали,  $Z_{зм} = 1,32$  грн/км;

$Z_{ТО}$  – витрати на технічне обслуговування;

$Z_{ав}$  – витрати на амортизаційні відрахування;

$Z_{ш}$  – витрати на шини,  $Z_{ш} = 0,52$  грн/км;

$Z_{зн}$  – витрати на заробітну плату водія,  $Z_{зн} = 4,1$  грн.

Витрати на пальне будемо визначати за різниці використання палива в період прогріву двигуна на підігрітому і не підігрітому впускному заряді.

Витрати на придбання палива визначаємо за різниці використання палива у суміші з підігрітим повітрям і без його підігріву

$$Z_n^6 = \frac{C_n^6 \cdot g}{100} \quad 6.2$$

де,  $C_n^{ДП}$  – вартість палива,  $C_n^{ДП} = 28,00$  грн/л;

$g$  – витрата палива (у суміші без підігрітого повітря),  $g = 0,51$  л/5хв.

Для проведення розрахунків приймаємо на 1 день експлуатації автомобіля 5 пусків двигуна (тобто  $g = 0,51 \times 5 = 2,55$  л і пройдених 100 км пробігу). Відповідно, витрата палива буде складати  $g = 9$  л/100 км пробігу. Тоді, загальне середнє значення  $g = 2,55 + 9,00 = 11,55$  л/100 км.

Відповідно:

$$Z_n^п = \frac{28,00 \cdot 11,55}{100} = 3,23 \text{ грн./км}$$

А для двигуна з підігрітим впускним повітрям, витрата палива визначиться:

$$Z_n^{п.п} = \frac{C_n^6 \cdot g_{п.п}}{100}, \quad 6.3$$

де,  $g_{п.п}$  – витрата палива (з підігрітим повітрям),  $g_{п.п} = 0,0085 \times 4 + 9,00 = 9,03$  л/км.

Тоді, отримаємо:

$$z_n^{\text{п.п.}} = \frac{28,00 \cdot 9,00}{100} = 2,5 \text{ грн./км.}$$

Розрахунки показали, що витрата палива для двигуна з підігрітим повітрям є нижчою, відносно базової системи живлення.

Витрати на технічне обслуговування двигуна з іскровим запаленням визначиться за відомою формулою:

$$z_{\text{то}} = N_{\text{тр}} \cdot l_{\text{тр}} \cdot 10^{-3} \text{ грн./км} \quad 6.4$$

де,  $N_{\text{тр}}$  – витрати на автомобіль (з підігрівом впускного повітря і без підігріву),  
 $N_{\text{тр}} = 52,4 \text{ грн./1000 км.}$

$$z_{\text{то}} = 52,4 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,0524 \text{ грн/км.}$$

Витрати на амортизаційні відрахування для автомобіля з двигуном  $V = 2000 \text{ см}^3$  (2 л), розраховуються за відомим виразом:

$$z_{\text{амор.}} = \frac{C \cdot l_p \cdot A_B}{10^5} + \frac{C \cdot l_p \cdot A_{\text{кап.р}}}{10^5} \text{ грн.} \quad 6.5$$

де,  $C$  – балансова вартість трактора,  $C = 140000 \text{ грн.};$

$A_B$  – нормативні амортизаційні відрахування,  $A_B = 0,23;$

$l_p$  – річний пробіг, приймаємо  $l_p = 15000 \text{ км};$

$A_{\text{кап.р}}$  – нормативні відрахування на капітальний ремонт,  $A_{\text{кап.р}} = 0,13$

$$z_{\text{амор.}} = \frac{140000 \cdot 15000 \cdot 0,23}{10^5} + \frac{140000 \cdot 15000 \cdot 0,13}{10^5} = 4830 + 2730 = 7560 \text{ грн.}$$

Згідно формули (6.1), отримаємо значення:

- для двигуна (з підігрівом)

$$z = 2,5 + 1,32 + 0,31 + 0,0524 + 0,5 + 0,52 + 4,1 = 9,3 \text{ грн/км};$$

- для двигуна з базовою системою живлення

$$z = 3,23 + 1,32 + 0,31 + 0,0524 + 0,5 + 0,52 + 4,1 = 10,03 \text{ грн/км.}$$

Витрати за річного пробігу автомобіля:

- двигун з підігрівальним елементом

$$z_D = 9,3 \cdot 15000 = 139500 \text{ грн./рік};$$

- двигун з типовою системою живлення

$$z_D = 10,03 \cdot 15000 = 150450 \text{ грн./рік.}$$

Тоді, річна економія палива, завдяки модернізованій системі живлення бензинового двигуна автомобіля «Опель-Омега» буде становити:

$$E=150450 - 139500 = 10950 \text{ грн./рік}$$

Витрати на експлуатацію двигуна автомобіля «Опель-Омега» можливо зменшити, завдяки використанню підігрівального елемента у впускній магістралі системи живлення.

Річний економічний ефект від удосконаленої системи живлення становить 10950 грн. у рік (за річного пробігу автомобіля 15000 км).

### **ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ**

Під час пуску всіх двигунів внутрішнього згорання суттєво зростає витрата палива та інтенсивно відбувається процес зношення спряжених деталей.

Тому, лівова частка на довговічність і економічність ДВЗ припадає на даний процес роботи.

Аналізуючи літературні джерела, стосовно правильної експлуатації двигунів, їхні системи живлення потребують значних реконструкційних змін в підвищенні економічності і надійності їхньої роботи.

Тому, нами запропоновано частково вирішити дані проблеми, шляхом встановлення у впускну повітряну магістраль підігрівального елемента, що забезпечує процес підігріву повітря в період пуску холодного двигуна за понижених температур навколишнього середовища. Дана модернізована система забезпечує більш повне згорання палива, тим самим, збільшуючи потужність і економічність двигуна та зменшує викиди отруйних речовин в процесі його запуску.

Розроблене обладнання і методика проведення експериментальних досліджень двигуна з вмонтованим підігрівальним елементом у впускній магістралі.

Проведений тепловий розрахунок двигуна автомобіля «Опель» показав, що в процесі його роботи за понижених температур, ефективна теплота зросла з 20,2% до 29,9%.

Згідно результатів стендових випробувань, тривалість прогріву ДВЗ за температури (- 15°C) зменшується у два рази і становить 5 хв.

Визначено річний економічний ефект від модернізованої системи живлення. Він становить 10950 грн/рік.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамчук Ф. І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є. Автомобільні двигуни / Підручник. – К.: Арістей. – 2004. – 475 с.
2. Авдеев К. А., Малиованов М.В., Хмелев Р.Н. Динамика двигателей внутреннего сгорания / ФГУП НТЦ "Информрегистр", депозитарий электронных изданий, рег. № 0321002389, 23.11.2010.
3. Агуреев И.Е. Анализ и синтез динамических характеристик многоцилиндровых поршневых двигателей внутреннего сгорания: дис. докт. техн. наук. Тула: ТулГУ, 2002. - 305 с.
4. Ахромешюин А. В. Повышение эффективных характеристик поршневых ДВС управлением бифуркационными зависимостями межциклового неидентичности рабочих процессов: автореф. дис.канд. техн. наук. Тула: ТулГУ, 2010.-21 с .
5. Боровських Ю.І., Ковальов Ю. В., Морозов К. А. Будова автомобілів. – К., 1991.- 245с.
6. Васильев А. В., Васильев А.В., Григорьев Е.В. Математическое моделирование рабочих процессов ДВС: учеб. пособие / Волгоград: Изд-во Волгоград, гос. техн. ун-та., 2002. - 67 с.
7. Гаврилов А.А., Игнатов М.С., Эфрос В.В. Расчет циклов поршневых двигателей: учебн. пособие / Владимир: ВлГУ, 2003.- 124 с.

8. Гальговский В. Р. Пути и методы совершенствования экономических и экологических показателей транспортных дизелей: автореф. дис. докт. наук. - М.: 1991 - 66 с.

9. Елагин М. Ю., Смекалин В.В., Хмелёв Р.Н. Модернизация впускной системы автомобильного двигателя / Изв. ТулГУ. Сер. "Автомобильный транспорт". Вып. 9 Тула: ТулГУ, 2005. - С. 96 - 100.

10. Заяд М. С. Формирование скоростной характеристики топливоподачи в дизеле путем управления нагнетательным клапаном: дис. канд. техн. наук. Волгоград: Волг ГТУ, 2002. - 205 с.

11. Підгородецький Я.І., Сичевський М.І., Домінік А.М. Автомобільні транспортні засоби / Я.І. Підгородецький. – Львів: Видавництво ЛДУ БЖД, 2013.- 316 с.

12. Розрахунок економічної ефективності механізму // Електронний ресурс, режим доступу: <https://www.google.com/url>.

13. Сирота В.І., Сахно В.П. Автомобілі. Основи конструкції, теорія: Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2007. – 288 с.

14. Шевчук Р.С. Трактори і автомобілі: основи теорії (питання, завдання та відповіді): навчальний посібник. – Львів: Львівський національний аграрний університет, 2016. – 236 с.

## ДОДАТКИ

# Додаток А

WOW! v.5.00.12

Volkswagen (Petrol) 1996 Passat (35i) .. [88-96]

Find Engine system - empty - - empty - - empty -

AFT - SIMOS

Data lists - 13.44 V

1/10

Data lists	Current	Specified values	min.	max.
Revolution signal	928 Rpm	---	896.0	4096.0
Coolant temperature	14 °C	---	-24.0	14.0
Lambda sensor	1,57 v	---	0.0	1.57
Conditions for setting	10000111	---	---	---

WOW! v.5.00.12

Volkswagen (Petrol) 1996 Passat (35i) .. [88-96]

Find Engine system - empty - - empty - - empty -

AFT - SIMOS

Data lists - 13.15 V

1/10

Data lists	Current	Specified values	min.	max.
Revolution signal	800 Rpm	---	800.0	4096.0
Coolant temperature	42 °C	---	-24.0	42.0
Lambda sensor	1,53 v	---	0.0	1.57
Conditions for setting	10000111	---	---	---

Страница: 3 из 3 Число слов: 0 английский (США)

16:55

## Додаток Б

