



Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«15» листопада 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Фльонцу Ігору Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення паливної системи дизельних двигунів внутрішнього згорання з дослідженням умов роботи в холодну пору року

Керівник роботи Гевко Іван Богданович., д.т.н., проф.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «10» листопада 2023 року № 4/7-1038

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023

3. Вихідні дані до роботи

двигуна.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних

ситуаціях.

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

1. Теоретичні дослідження технологічних параметрів роботи паливної системи дизельних двигунів – 1А1.

2. Обґрунтування вибору запропонованої конструкторської розробки – 1А1.

3. Методика моделювання технологічного процесу Solidworks Flow Simulation – 1А1.

4. Методика проведення лабораторних досліджень – 1А1.

Результати наукових досліджень – 1А1.

5. Результати моделювання процесу нагріву паливної суміші у фільтрі дизельного палива у програмі SOLIDWORKS Flow Simulation.

6. Результати лабораторних досліджень – 1А1.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Клепчик В.М.		

7. Дата видачі завдання 15.11.2023р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	08.11.2023	
2	Технологічний розділ	22.11.2023	
3	Конструкторський розділ	28.11.2023	
4	Науково-дослідний розділ	06.12.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	13.12.2023	
6	Оформлення графічної частини	20.12.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	26.12.2023	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Фльонц І.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Гевко І.Б.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Магістерська робота:** 76 сторінок машинописного тексту, 5 розділів, 23 рисунків, 6 таблиць, 34 посилань.

**Презентація до роботи** – 6 слайдів.

### **Мета і задачі досліджень.**

*Мета роботи* – підвищення технологічної ефективності підігріву пального у системі живлення дизельних двигунів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- описати особливості роботи паливної апаратури дизеля за низьких температур.
- обґрунтувати необхідності використання технічних засобів для полегшення запуску двигунів.
- провести теоретичні дослідження технологічних параметрів роботи паливної системи дизельних двигунів.
- розрахувати часу нагріву паливного фільтру.
- провести обґрунтування геометричних розмірів преса для заданої продуктивності.
- провести патентний пошук відомих конструкторських рішень системи підігріву пального дизельних двигунів.
- Обґрунтування вибору запропонованої конструкторської розробки.
- Подати будову модуля індукційного нагріву системи підігріву пального дизельних двигунів.
- Описати принцип роботи модуля індукційного нагріву системи підігріву пального дизельних двигунів.

**Актуальність теми** полягає у важливості покращення температурних характеристик пального дизельних двигунів у холодну пору року, шляхом удосконаленням паливної системи ДВЗ через встановлення у неї модуля індукційного нагріву.

**Об'єкт дослідження** – показники роботи паливної системи дизельних двигунів внутрішнього згоряння з дослідженням умов роботи в холодну пору року.

**Предмет дослідження** – паливна система дизельних двигунів.

**Методи дослідження.** Теоретичні дослідження проводились з використанням основних положень вищої математики, теоретичної механіки, теорії машин і механізмів, диференціального та інтегрального числення, а також за допомогою спеціально розроблених прикладних програм для ПЕОМ.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Обґрунтовано конструктивні і технологічні параметри система підігріву дизельного пального. На цій підставі виведено аналітичні залежності, які пов'язують конструктивні та технологічні параметри системи підігріву дизельного пального, що дозволило визначити межі його раціональних параметрів з умови мінімізації енерговитрат.

**Ключові слова:** ДИЗЕЛЬНЕ ПАЛЬНЕ, ПАЛИВНА СИСТЕМА, ПІДГРІВ ПАЛЬНОГО, ІНДУКЦІЙНИЙ НАГРІВАЧ.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>8</b>
<b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>9</b>
1.1 Особливості роботи паливної апаратури дизеля за низьких температур....	9
1.2. Технічні рішення, що полегшують циркуляцію та запалювання палива...	11
1.3. Огляд пристроїв, що сприяють запуску двигунів при низьких температурах.....	14
1.4. Обґрунтування необхідності використання технічних засобів для полегшення запуску двигунів.....	20
1.5 Висновки до розділу.....	20
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>21</b>
Теоретичні дослідження технологічних параметрів роботи паливної системи дизельних двигунів.	
2.1. Визначення меж працездатності паливної системи за низьких температур.....	21
2.2. Витрати теплової енергії на плавлення кристалів дизельних вуглеводнів..	24
2.3. Розрахунок тепла на плавлення кристалів.....	26
2.4. Розрахунок часу нагріву паливного фільтру.....	30
2.5. Висновки за розділом.....	33
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....</b>	<b>34</b>
3.1. Патентний пошук.....	34
3.2. Обґрунтування вибору запропонованої конструкторської розробки.....	37
3.3. Будова модуля індукційного нагріву системи підігріву пального дизельних двигунів.....	40
3.4. Принцип роботи модуля індукційного нагріву системи підігріву пального дизельних двигунів.....	41
3.5. Висновки по розділу.....	42
<b>4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ</b>	<b>43</b>
4.1 Результати моделювання процесу нагріву паливної суміші у фільтрі дизельного палива у програмі SOLIDWORKS Flow Simulation.....	43
4.1.1 Процес комп'ютерного моделювання. ....	43

4.1.2. Результати комп'ютерного моделювання процесу нагріву паливної суміші у фільтрі дизельного палива .....	45
4.2 Результати лабораторних досліджень процесу нагріву паливної суміші у фільтрі дизельного палива.....	49
4.3 Висновки по розділу .....	52
<b>5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..</b>	<b>53</b>
5.1 Мікроклімат виробничих приміщень .....	53
5.1.1 Визначення параметрів мікроклімату .....	53
5.1.2 Вплив параметрів мікроклімату на самопочуття людини .....	55
5.1.3 Нормування параметрів мікроклімату .....	59
5.2. Заходи безпеки при технічних обслуговуваннях і ремонті автомобілів.....	62
5.3. Заходи безпеки при роботі з нафтопродуктами.....	63
5.4. Техніка безпеки під час використання системи підігріву дизельного пального .....	64
5.5. Висновки по розділу .....	65
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>66</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ.....</b>	<b>68</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>72</b>

## ВСТУП

Експлуатація автомобільного транспорту, обладнаного дизельними двигунами, взимку пов'язана зі значною витратою палива та теплової енергії через те, що при негативних температурах у навколишньому середовищі у дизельному паливі утворюються кристали вуглеводнів парафінового ряду. Ці кристали накопичуються вузьких місцях штуцерів та паливопроводів, що призводить до забивання фільтрів грубої та тонкої очистки. Це збільшує опір, що, в свою чергу, може спричинити розрив паперового елемента та роботу дизеля на неочищеному паливі. Внаслідок цього може виникнути швидкий знос паливного насоса та форсунок, що суттєво впливає на працездатність дизеля. Крім того, при низьких температурах ускладнюється запуск холодного дизеля.

Для усунення кристалічних структур вуглеводнів перед запуском двигуна в зимових умовах проводять підігрів палива. Розрахунки свідчать, що при температурі атмосферного повітря  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  для підготовки до запуску дизельного двигуна середньої потужності потрібно близько 1100 МДж теплової енергії. Така кількість тепла виділяється при повному згорянні 2,5 кг дизельного палива. З урахуванням високих цін на паливно-мастильні матеріали розробка заходів щодо економії палива та енергії має велике значення для всіх господарюючих суб'єктів.

Температура навколишнього повітря значно впливає на фізичні процеси, пов'язані з кристалізацією парафіністих вуглеводнів, конденсацією та розчиненням води в паливі, а також на потужнісні, енергетичні, екологічні характеристики двигуна, його надійність та тривалість служби паливної апаратури та двигуна взагалі. Таким чином, дослідження у сфері встановлення критеріїв та розробки простих та довговічних пристроїв для запуску та обігріву дизельних двигунів взимку є важливими для різних галузей промислового та сільськогосподарського виробництва України.



## 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Особливості роботи паливної апаратури дизеля за низьких температур.

Одним із факторів, що знижують надійність дизельних двигунів, які відіграють ключову роль у силових системах, що працюють при низьких температурах, є конденсація парафінів у дизельному паливі. Ці парафіни забруднюють фільтри, збільшують опір протіканню пального і в кінцевому підсумку, приводять до розриву фільтруючих елементів. Запуск дизеля на очищеному паливі призводить до швидкого обсягу паливного насоса і форсунок, що істотно впливає на його працездатність.

Із-за цього в зимовий період експлуатації машин кількість відмов збільшується в 3-7 разів у порівнянні з літнім періодом, що призводить до збільшення витрат палива, збільшення непродуктивних витрат часу та експлуатаційних витрат [1-3].

При використанні дизельних двигунів в зимових умовах температура палива в різних компонентах, таких як бак, фільтри грубої і тонкої очистки (ФГО і ФТО), і паливний насос високого тиску (ПНВД), може змінюватися в значному діапазоні.

При використанні автомобільної техніки в умовах низьких температур, найбільш вразливим в системі живлення двигуна є відрізок від паливного баку до фільтра грубої очистки. Тут паливо протікає під впливом розрідження, створюваного підкачуючим насосом. Багато літературних джерел [4-10 та інші] підтверджують, що при використанні дизельних двигунів у зимових умовах температура палива в паливному режимі майже ідентична температурі навколишнього повітря. Дослідження показують, що після того, як автомобіль стояв у тепловому гаражі, де паливо не охолоджується, для забезпечення нормальної роботи двигуна при температурі навколишнього повітря мінус 25°C, вистачає лише на 1...1,5 години. У випадку, коли температура навколишнього середовища опускається нижче температури, при якій паливо починає мутніти та замерзати, відбувається утворення кристалів парафінових вуглеводів, що руйнує однорідність палива. Утворення твердої фази у вигляді кристалів парафінових вуглеводів (Н-алканів) призводить до збільшення в'язкості, яка посилюється при зниженні температури. Компоненти в системі всмоктування

(такі як трубопроводи та фільтр грубої очистки) можуть блокувати кристали вуглеводів, що може призвести до порушення подачі застиглого палива та зниження його прокачуваності. У практиці експлуатації автомобілів у зимових умовах (при температурі повітря мінус  $30^{\circ}\text{C}$ ) спостерігалися випадки нестабільної роботи двигунів та їх небажані зупинки в режимі холостого ходу через забруднення фільтрів грубої очистки та трубопроводів низького тиску кристалами вуглеводів. Тому, перед запуском та в режимі холостого ходу необхідно підігрівати паливо системи живлення, таких як паливний бак та паливні фільтри [10-14].

За результатами експлуатаційних випробувань прослідковується, що автомобілі з дизельними двигунами, які вироблені в США та в країнах Західної Європи, перестають нормально працювати, коли температура навколишнього середовища знижується на  $5-10^{\circ}\text{C}$  нижче температури, при якій паливо починає мутніти. У 47% випадків це відбувається із-за замерзання паливних фільтрів кристалами твердих вуглеводів, а в інших 53% випадків – через замерзання палива в паливопроводах [14].

Обмеженням у використанні дизельного палива при низьких навколишніх температурах є температура, при якій починається забруднення фільтрів парафіновими сполуками із розміром 45 мікрон [12]. Для європейських країн цей показник навіть для зимових видів палива вважається недостатньо високим та змінюється від  $-9^{\circ}\text{C}$  (стандарт Великобританії) до  $-20^{\circ}\text{C}$  (стандарт Швеції). На європейському ринку паливо для дизельних автомобілів поставляється з температурою помутніння від  $+3^{\circ}\text{C}$  до  $-10^{\circ}\text{C}$  і температурою виходу з будови паливного фільтра із-за заповнення парафіном в межах від  $-8^{\circ}\text{C}$  до  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Актуальність завдання поліпшення низькотемпературних властивостей дизельного палива стає більш суттєвою із-за різноманітності кліматичних зон, де температура змінюється як протягом року, так і всередині одного і того ж дня. Температура навколишнього середовища – це величина, що змінюється випадковим чином як у просторі, так і у часі. Тому при оцінці кліматичних умов, пов'язаних з температурою, враховують середні значення за добу, місяць і рік.

При вирішенні завдань, спрямованих на підвищення характеристик палива при низьких температурах, важливо враховувати зміну температури не тільки в

різні періоди року або місяці, але також протягом доби. Найбільш високі температури зазвичай відзначаються в проміжку часу між 14 і 15 годинами, а найбільш низькі - в проміжку 7-8 годин ранку, тобто приблизно під час підготовки і запуску двигуна. Добові коливання температури змінюються в залежності від розташування в діапазоні, варіюючи від 3 до 15 градусів Цельсія, в середньому складі 6-7 градусів.

Більшість підігрівачів, включаючи газові, електричні, рідинні підігрівачі, свічки накаливання та інші, які використовуються в холодний час року, не здатні забезпечити успішний запуск двигунів і перехід їх в робочі режими.

## **1.2. Технічні рішення, що полегшують циркуляцію та запалювання палива.**

Експлуатація автомобілів у зимовий період супроводжується значними труднощами, і ці труднощі частково обумовлені характеристиками дизельного палива. Дизельне паливо складається з різних вуглеводнів, таких як парафіни, та ароматичні речовини, які мають низьку температуру застигання, менше  $-5^{\circ}\text{C}$  [16]. Успішний запуск та надійна робота дизельного двигуна залежить від в'язкості палива, його хімічного складу, фракційного складу та інших факторів.

Літні види дизельного палива при температурах в області  $-3...-7^{\circ}\text{C}$  густіють і перестають прокачуватись. Зимові види палива залишаються рідкими при низьких температурах, навіть при  $-30...-35^{\circ}\text{C}$ . Підвищена в'язкість може спричинити проблеми з нормальною функціональністю паливної системи, а іноді подача пального припиняється, що ускладнює запуск двигуна.

Якщо взяти до уваги біодизель, то він при температурах нижче  $-13^{\circ}\text{C}$  кінематична в'язкість різко збільшується і він не може перекачуватись у системі живлення

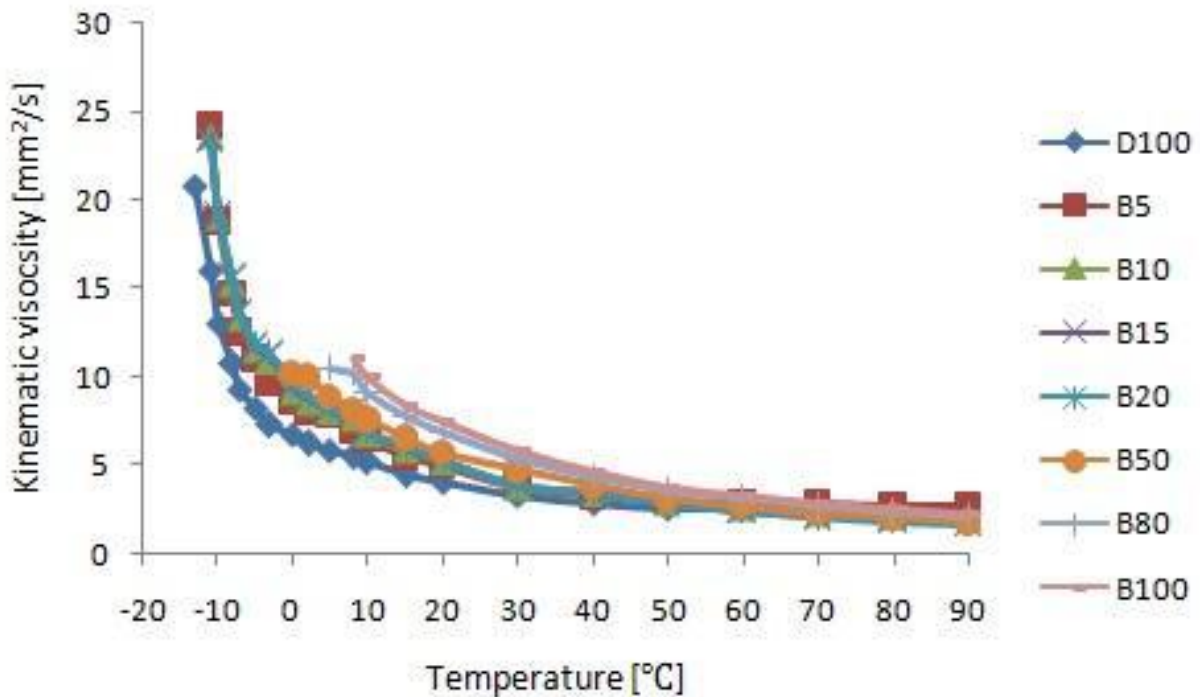


Рис. 1.1 Виміряна кінематична в'язкість усіх сумішей від -13 до 90 °С [17]

В'язкість дизельного палива залежить від його хімічного складу вуглеводів та оточуючої температури, подібно до інших нафтопродуктів. Зниження температури навколишнього середовища та підвищення в'язкості, і навпаки, як показано на рис. 1.2

Літнє дизельне паливо, яке виготовляється із західносибірської сировини, що містить переважно парафіно-нафтеніві вуглеводні, має кінематичну в'язкість при 20 °С в межах 3,5—4,0 мм<sup>2</sup>/с. Паливо з аналогічним фракційним складом, отримане із сахалінської сировини, що містить ароматичні вуглеводні, має кінематичну в'язкість при 20 °С у межах 5,5—6,0 мм<sup>2</sup>/с. Стандарти для дизельного палива встановлюють в'язкість у широкій частині через різницю складу вуглеводів у виробничих сировинах. Спроби обмежити в'язкість палива може в обмежених межах призвести до скорочення виробництва, тому для цього потрібно знизити температуру кипіння палива. У зарубіжних стандартах кінематична в'язкість зазвичай регулюється при 40 °С, водночас як вітчизняні ДСТУ і ТУ встановлюють в'язкість при 20 °С. [18]

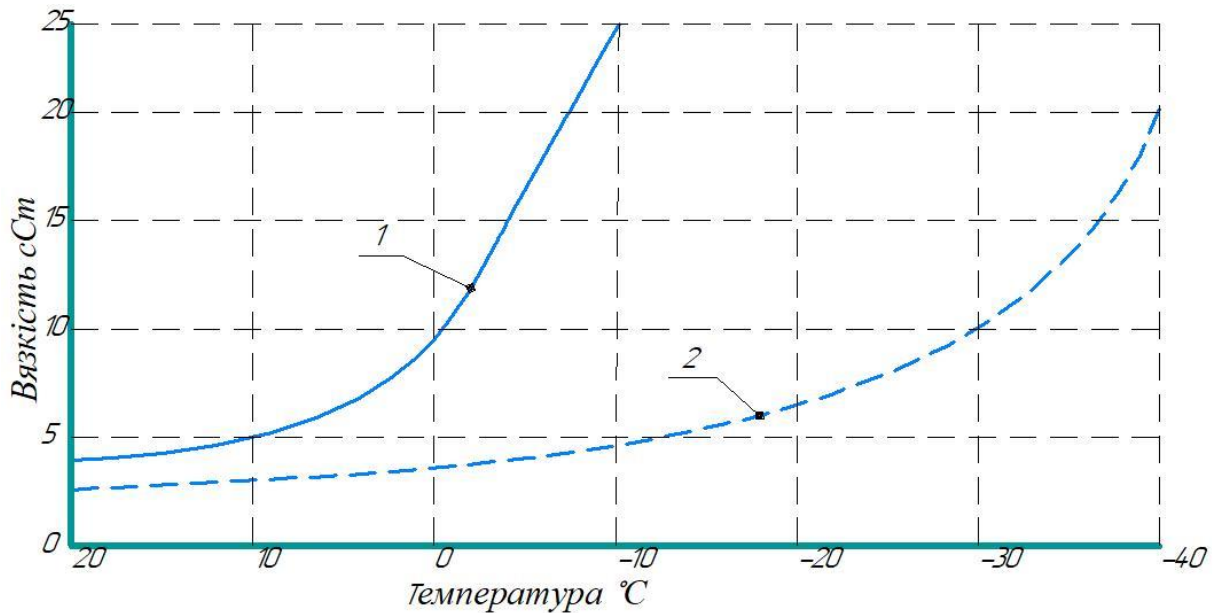


Рис. 1.2 Графік залежності кінематичної в'язкості палива від температури: літнього (1) та зимового (2).

Серед різних класів вуглеводів, аліфатичні мають найнижчу в'язкість. Ці вуглеводні демонструють менші зміни в'язкості при охолодженні, що вказує на більший полог залежності між в'язкістю та температурою, відому як в'язко-температурна крива. Аліфатичні вуглеводні з розгалуженою структурою, що утворюють два-три атоми вуглецю в бічних ланцюгах, мають вищу в'язкість, і ця в'язкість змінюється більш різко при охолодженні, ніж у вуглеводнів лінійної структури. Наявність подвійних зв'язків зменшує в'язкість аліфатичних вуглеводнів. Ароматичні та нафтеніві вуглеводні підвищують в'язкість та знижують в'язкісно-температурну залежність. Біциклічні вуглеводні, при однаковій молекулярній масі з однокільцевими, мають не тільки вищу в'язкість, але і більшу криву залежать від в'язкості від температури.

Хоч в'язкість дизельного палива збільшується при зниженні температури, властивості палива продовжують відповідати закону Ньютона (в'язкість не залежить від градієнта зсуву) до того моменту, поки не відбувається випадання кристалів твердих вуглеводнів.

В'язкість дизельного палива має значний вплив на якість розпилення. Наприклад, при температурі палива 80°C діаметр струменю вприснутого палива становить 80 мм; при температурі 60°C - 73 мм; при 40°C - 53 мм; при 20°C - 42

мм. При високій в'язкості струмінь палива розпадається на велику краплі діаметром від 150 мкм до 300 мкм.

Таким чином використання пристроїв для підігріву пального у системі живлення дизельних двигунів дозволить покращити їх роботу у холодну пору року.

### **1.3. Огляд пристроїв, що сприяють запуску двигунів при низьких температурах.**

Передпусковий підігрів автомобіля являє собою один із найбільш ефективних методів підготовки машини до роботи. Рішення про доцільність використання методу підігріву залежить від наявності джерел енергії в автопарку і кількості машин, що знаходяться в експлуатації. Це також визначає вибір стаціонарних або пересувних установок.

Тепловий підігрів машину можна розділити на попередній нагрів і повний розігрів. При попередньому нагріванні теплового режиму машина підтримується на визначеному рівні протягом усього міжзмінного періоду, забезпечуючи постійну готовність їх до роботи. Повний розігрів використовується у випадку, коли температура машини падає до навколишнього середовища в міжзмінний період. У цьому випадку розігрівання машини полягає в приведенні температури її складових частин до необхідного рівня.

Засоби для полегшення пуску машин в умовах низьких температур показано на Рис.1.3

Можливість попереднього обігріву автомобілів перед запуском та тривалий підігрів їх перед запуском можна здійснити за допомогою індивідуальних обігрівачів, таких як обігрівачі гарячим повітрям, електричні обігрівачі, газові пальники інфрачервоного випромінювання та каталітичні нагрівачі [14].

Дослідження [23] показали, що лише обігрів моторної оливи в піддоні картера не має достатнього впливу на полегшення запуску двигуна, після чого не нагріваються підшипники, циліндро-поршнева група та компоненти впускної системи, які мають суттєвий вплив на оберти колінчастого вала та якість процесу утворення паливно-повітряної суміші.

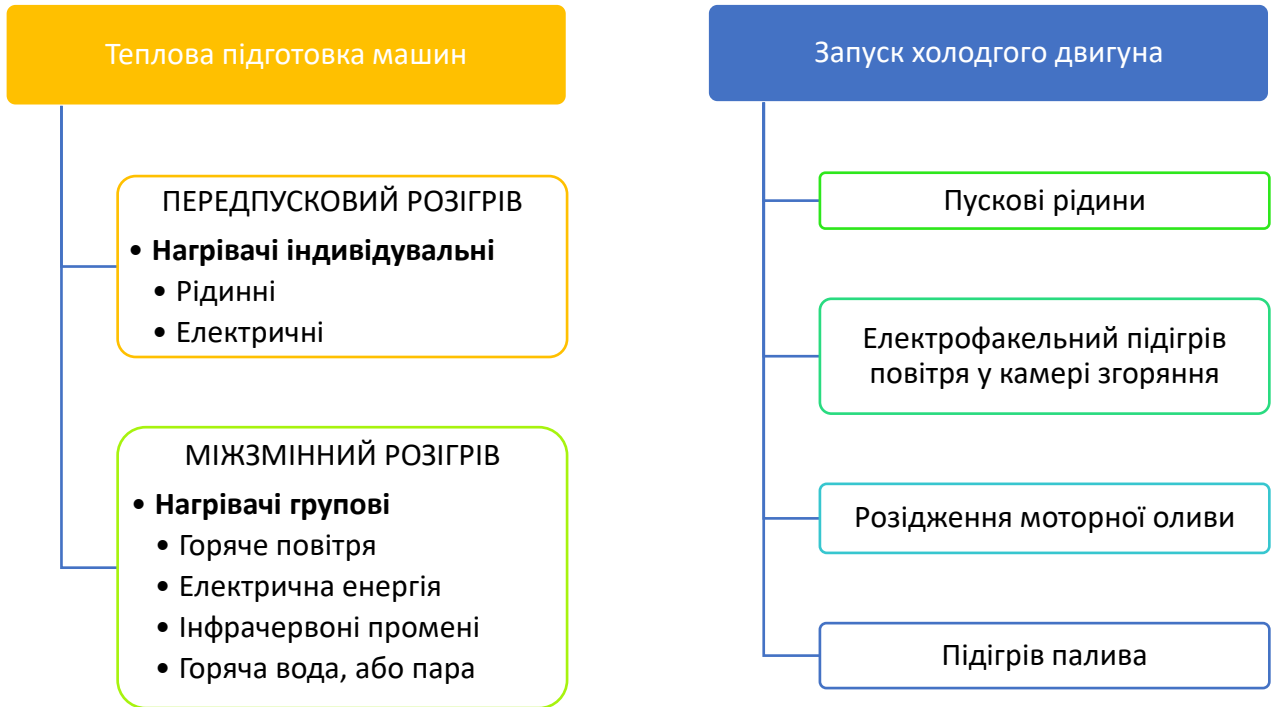


Рис. 1.3 Засоби для полегшення пуску машин в умовах низьких температур

Найявні на передпускові підігрівачі (подані на Рис. 1.4) призначені для підвищення температури палива перед запуском та розплавленням кристалів парафіну, які можуть заблокувати паливну систему [14]. За своєю формою вони схожі на бандажі та монтуються на фільтрі тонкої очистки палива. Основу підігрівача створює високотехнологічний вуглецевий матеріал, який знаходиться в діелектриці та оточений металевими пластинами з різною теплопровідністю. Ця конструкція має кілька переваг: вона обігріває майже всю бічну поверхню фільтра та захищає його від охолодження при зустрічних потоках холодного повітря.



Рис. 1.4 Підігрів паливного фільтра бандаж 85-100мм ДК арт. ДК-85100 [19]

Магістральні підігрівачі дизельного палива монтуються в у в розрив паливопроводу низького тиску системи живлення дизельних двигунів.

Так ЕПТ-150С є електричним підігрівачем паливопроводу, спроектованим для монтажу в розриві паливопроводу, щоб надати додатковий підігрів палива від приладу до фільтра. Використання цього підігрівача дозволяє забезпечити сталу подачу палива до двигуна і може використовуватися спільно з підігрівачами дизельного палива ЕПДТ-150, або ЕПДТ-150С.

Цей виріб може бути легко встановлений практично на будь-якому автомобілі, включаючи легкові автомобілі. Для нагрівання палива використовують резистори (напівпровідникова кераміка), які характеризуються високою стійкістю до відмов, ефективністю та безпекою, оскільки вони вимикаються при досягненні температури 130°C. Підігрівач паливопроводу ЕПТ-150С розміщується в розриві паливопроводу та забезпечує підігрів дизельного палива.

У ролі нагрівального елемента використовується резистор, який є напівпровідниковим нагрівальним елементом, заснованим на керамічному ПТК. Опір цих елементів різко зростає при досягненні певної температури, і в процесі нагрівання припиняється. Ця властивість забезпечує ефективне нагрівання та безпеку (максимальна температура елемента - 160°C, температура самозаймання дизельного палива - 237°C). Крім того, резистор відрізняється малою інерційністю (практично миттєвий старт нагрівання) та дуже високою робочою працездатністю (понад 40000 годин).



Рис.1.5 Проточний нагрівач дизельного палива ЕПТ 150С. [20]



Електричний підігрівач дизельного палива, відомий як ЕПДТ-150, призначений для встановлення на автомобілях, як заміна стандартного паливозабірника в баці.

Цей виріб має ті самі розміри та точки кріплення, що і стандартний паливозабірник, тому його встановлення є простим та зручним процесом. Для нагрівання використовується резистор (напівпровідникова кераміка), який відрізняється великою надійністю, ефективністю та безпекою (вимикається коли температура сягне 130°C).

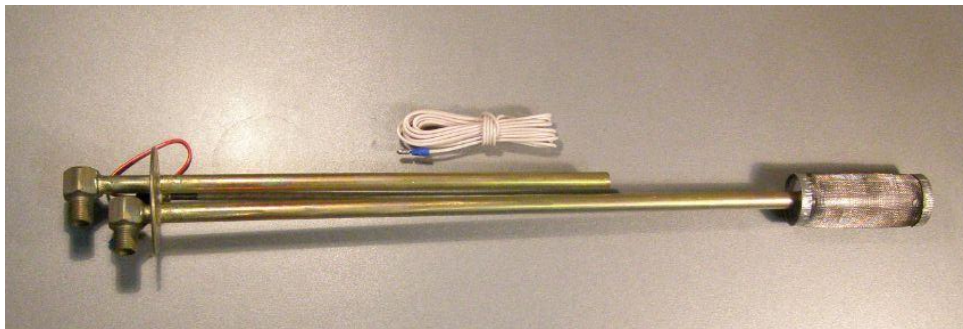


Рис. 1.6 Підігрівач дизельного палива ЭПДТ-150-04 [21]

Встановлення підігрівача не потребує жодних змін у системі живлення двигуна. Електричний підігрівач дизельного палива просто встановлюється на місце стандартного паливозабірника. Позитивний контакт підключається через запобіжник на 25 А (робочий струм підігрівача не перевищує 8 А, піковий струм до 20 А), і тумблер з'єднується з масою бортової мережі.

Перед запуском двигуна слід ввімкнути підігрівач дизельного палива на 10-15 хвилин. Підігрівач може функціонувати протягом усієї поїздки, але при зупинці двигуна його необхідно вимкнути, після тривалого часу без роботи двигуна можна призвести до розрядження акумуляторної батареї.

Для полегшення запуску дизельних двигунів з низьким ступенем тиску та температурою, яка не досягає рівня, необхідного для самозаймання палива в кінці такту тиску, використовуються електричні свічки розжарювання. Ці свічки встановлюють у камеру згорання таким чином, щоб нагрівний елемент сприяв зображенню розпиленого палива Рис. 1.7

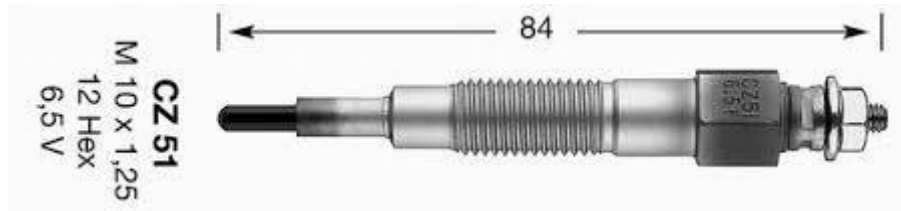


Рис. 1.7 Свічка розжарення Nissan Patrol 2,8 TD NGK CZ51 [22]

Використання свічок накалу повітря дозволяє в середньому знизити граничну температуру холодного запуску дизеля приблизно на 5 градусів Цельсія. Проте ефективність цього методу знижується при зниженні температури навколишнього середовища, що вимагає значного підвищення споживчої потужності.

Використання електрофакельних підігрівників впускного повітря, у поєднанні з використанням розріджених олив у системі картері двигуна, знижує температуру холодного запуску двигуна на 10-15 градусів Цельсія. Найбільш оптимальною конструкцією підігрівника, яка встановлюється на двигунах Д-160 та Д-240, показана на Рис.1.8 [3].

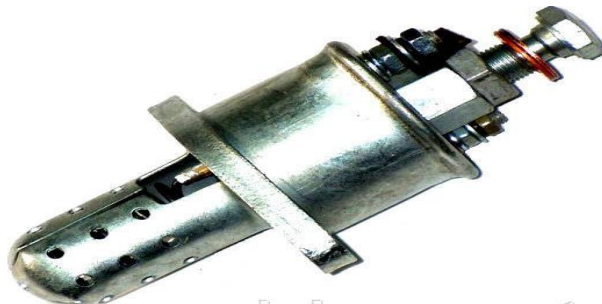


Рис.1.8 Електрофакельний підігрівач ЕФП-8101500 [23]

Основною перевагою електрофакельних підігрівників є їх здатність працювати як на дизельному паливі, так і на бензині. Це відкриває можливість використання цих підігрівників на двигунах різних конструкцій та марок.

Використання підігрівників навіть після запуску двигунів у холостому режимі роботи. Ця можливість сприяє прискоренню прогріву двигуна, зменшенню залишкового диму та зниженню токсичності викидів відпрацьованих газів.

Передпусковий підігрівач двигуна може встановлюватись в систему охолодження двигуна. Встановлення підігрівників на автомобілі дозволяє здійснити передпусковий нагрів двигуна незалежно від погодних умов. Завдяки підігріву охолоджувальної рідини в системі охолодження, яка дає термоблоку та основним системам двигуна час, необхідний для підготовки двигуна до запуску

при температурі 0 °С, застосовуючи рідинний підігрівник, нагріває систему охолодження до 70-80°С [24].

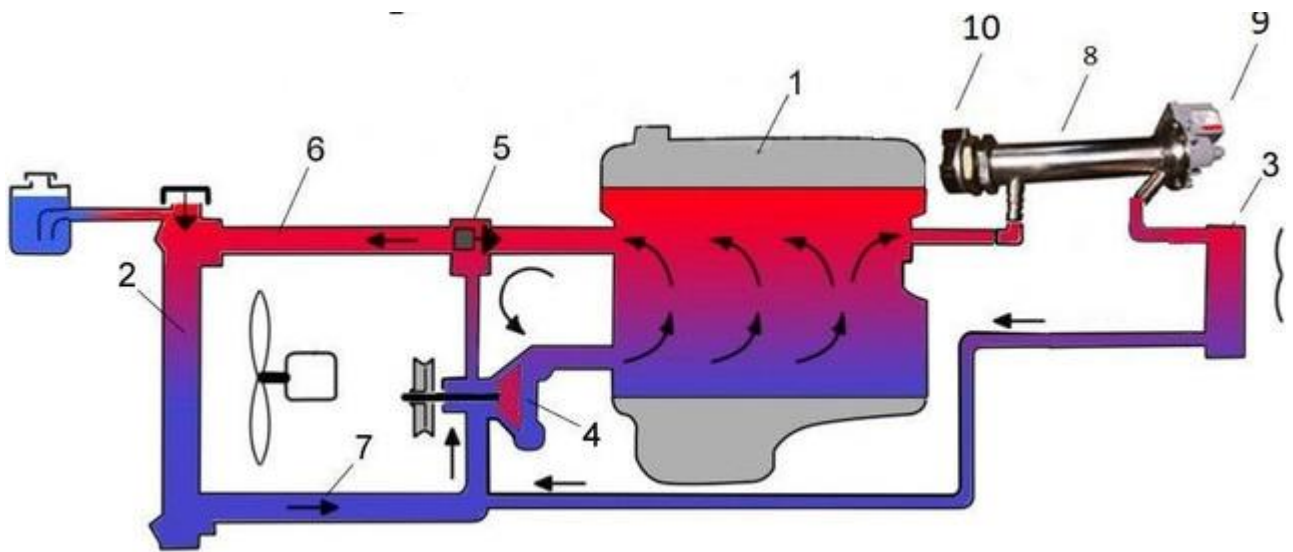


Рис. 1.9 Схема підключення передпускового підігрівача двигуна 1 – двигун; 2 – радіатор; 3 – радіатор салону; 4 – помпа; 5 – термостат; 6 – верхній патрубков; 7 – нижній патрубков; 8 – підігрівач; 9 – електрична помпа; 10 терморегулятор.

Електричні обігрівачі охолоджувальної рідини двигуна можуть бути використані як індивідуальні підігрівники, які встановлюються в охолоджувальну сорочку блоку циліндрів та впускних труб. Зазвичай, подібні електричні обігрівачі також встановлюються в масляний піддон картера двигуна для нагріву масла. Однак основним недоліком їх є обов'язкова наявність потужного джерела електричного струму та значно більший час, який вимагається для нагріву.

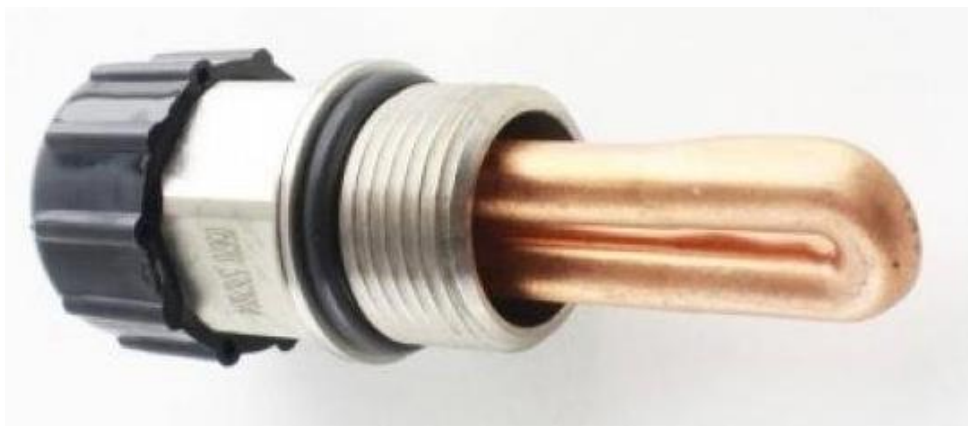


Рис. 1.10 Підігрівач рідини для передпускового обігріву двигуна Cummins ISF 2.8 [25]

#### **1.4. Обґрунтування необхідності використання технічних засобів для полегшення запуску двигунів**

Встановлення передпускових підігрівачів на автотракторних двигунах є абсолютно необхідним заходом. Це підтверджується значним зростанням ресурсу роботи дизельних двигунів автомобілів у цілому, зниженням непродуктивних витрат експлуатаційних матеріалів, підвищенням чистого робочого часу в режимі роботи та продуктивності, а також, що має важливе значення, зменшенням викидів шкідливих речовин відпрацьованих газів під час запуску та нагріву.

Доцільність передпускового розігріву двигуна слід особливо акцентувати в регіонах з холодним кліматом. Проте важливо пам'ятати, що навіть при позитивних температурах (5-10 °C), запуск дизельного двигуна викликає певні труднощі і вимагає значних витрат часу та матеріальних ресурсів. З розрахунку на те, що температурний режим на території Західної України часто відпускаються нижче нуля, розробка, виготовлення та використання передпускових підігрівачів є правильним рішенням.

#### **1.5 Висновки до розділу.**

Використання технічних засобів для полегшення запуску двигунів має низку обґрунтованих переваг:

1. Підвищення надійності та стабільності роботи двигуна. Використання спеціальних систем і пристроїв дозволяє запускати двигун навіть при низьких температурах, що забезпечує надійність його роботи, особливо в холодну пору року.
2. Зменшення зносу та збереження ресурсу. Полегшення запуску двигуна дозволить уникнути підвищеного зносу компонентів, що збільшує термін служби автомобіля.
3. Зменшення токсичності викидів відпрацьованих газів.
4. Ефективний запуск двигуна сприяє швидкому досягненню оптимальної температури та зниженню викидів шкідливих речовин в атмосферу.
5. Економія пального. Завдяки швидкому запуску двигуна не потрібно довго розігрівати автомобіль на холоді, що зменшує витрати пального.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### Теоретичні дослідження технологічних параметрів роботи паливної системи дизельних двигунів.

#### 2.1. Визначення меж працездатності паливної системи за низьких температур.

Температура навколишнього повітря значно впливає на процес подачі палива в дизельний двигун. Це пов'язано зі зміною в'язкості дизельного палива при зміні температури і кристалізації парафінових вуглеводнів. Однією з основних причин зниження надійності дизельних двигунів транспортної техніки при низьких температурах є утворення кристалів парафінів у паливі. Це призводить до підвищення тиску палива в системі живлення паливопроводах низького тиску та зменшення коефіцієнта наповнення паливного насоса високого тиску (ПНВТ). Найбільш вразливою частиною паливної системи дизеля при роботі в умовах низької температури є паливопроводи низького тиску з фільтром грубої очистки (ФГО), який одним з перших забиється утвореннями кристалами Н-алканів.

Близько 57% складу літнього дизельного палива займають важкі вуглеводні з групи парафінів і ароматичних сполук. Температура плавання цих вуглеводів коливається від  $-13^{\circ}\text{C}$  до  $-2^{\circ}\text{C}$ .

Згідно досліджень [26] встановлено:

1. При зниженні температури навколишнього середовища від  $28^{\circ}\text{C}$  до  $0^{\circ}\text{C}$  кількість кристалів твердих вуглеводів поступово збільшується, досягаючи приблизно 25% в одиниці об'єму палива при температурі  $0^{\circ}\text{C}$ .
2. При температурі навколишнього середовища від  $0^{\circ}\text{C}$  до  $-5^{\circ}\text{C}$  інтенсивність освіти кристалів різко збільшується. При температурі  $-5^{\circ}\text{C}$  приблизно 50% вуглеводів дизельного палива переходять з рідкого стану в кристалічну фазу, що пояснює помутніння палива.
3. При подальшому зниженні температури від  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $-13^{\circ}\text{C}$  відбувається різкий перехід дизельного палива з рідкого стану в твердий. При  $-13^{\circ}\text{C}$  приблизно 86% вуглеводів знаходиться в кристалічному стані.

4. При подальшому зниженні температури від  $-13^{\circ}\text{C}$  до  $-28^{\circ}\text{C}$  спостерігається повільний ріст кристалів у дизельному паливі. При температурі  $-28^{\circ}\text{C}$  близько 98% вуглеводів знаходяться в твердому стані.

Для визначення мінімальної температури палива в діапазоні  $-15^{\circ}\text{C} - +10^{\circ}\text{C}$ , при якому можлива нормальна робота паливної системи дизеля, ми користуємося рівняннями нерозривності потоку та рівнянням Бернуллі для реальної рідини. Розглянемо лінію всмоктування паливної системи дизеля, що користується традиційною схемою, де фільтр грубої очистки розташований перед ПНВТ. У цьому випадку рівняння Бернуллі має наступний вид:

$$Z_1 + H + \alpha_1 \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 - \frac{P_{\text{вак}}}{\rho g} + \alpha_2 \frac{v_2^2}{2g} + \sum h, \quad (2.1)$$

Де  $Z_1$  і  $Z_2$  – висоту, на якій знаходяться вихід з паливного баку і в паливно-підкачувального насосу відповідно, від довільної горизонтальної площини зрівняння;

$H$  — висота палива в баці;

$\alpha_1$  і  $\alpha_2$  – коефіцієнти Коріоліса в розглянутих секціях.

$J_1$  і  $J_2$  – представляють середню швидкість потоку палива в розглядуваних секціях;

$g$  — прискорення вільного падіння;

$\rho$  — густина палива палива;

$\sum h$  — сумарні втрати напору між розглядуваними січеннями.

$P_{\text{вак}}$  — вакуумметричний тиск, створений паливопідкачуючим насосом.

Рівняння нерозривності потоку буде виглядати таким чином

$$v_1 v \omega_1 = v_2 v \omega_2 = Q, \quad (2.2)$$

де  $\omega_1, \omega_2$  — площі потоку в розглядуваних січеннях;

$Q$  – витрата палива через ТПН.

Забезпечення працездатності лінії низького тиску дизельного двигуна за умови врахування рівнянь (2.1) і (2.2), а також те, що коефіцієнт Коріоліса для ламінарного руху в трубах дорівнює 2.0, можна виразити наступним чином:

$$\sum h \leq H + (Z_1 - Z_2) + \frac{P_{\text{вак}}}{\rho g} + \frac{v_2^2}{g} \left( \frac{\omega_2^2}{\omega_1^2} - 1 \right), \quad (2.3)$$

Загальні втрати напору виникають внаслідок втрати напору вздовж довжини трубопроводів  $\sum h_{ол}$  та втрат від місцевих опорів  $\sum h_m$ .

$$\sum h = \sum h_{дп} + \sum h_m, \quad (2.4)$$

Втрати напору вздовж довжини трубопроводів визначаємо за допомогою формули:

$$\sum h_{дп} = \alpha \frac{l v_{тр}^2 \vartheta}{2 d_{тр} g}, \quad (2.5)$$

де  $l$  — загальна довжина трубопроводів від бака до паливопідкачувального насоса;

$d_{тр}$  — діаметр трубопроводу;

$\vartheta_{тр}$  — середня швидкість руху пального по трубопроводах;

$\lambda$  — коефіцієнт гідравлічного тертя (коефіцієнт Дарсі).

При ламінарному русі пального у трубопроводах круглого перерізу можна застосувати коефіцієнт Дарсі за формулою:

$$\lambda = \frac{64}{Re}, \quad (2.6)$$

де  $Re$  — число Рейнольдса.

Число Рейнольдса для труб круглого перерізу обчислюється за формулою:

$$Re = \frac{\vartheta_{тр} \cdot d_{тр}}{\nu}, \quad (2.7)$$

де  $\nu$  — кінематична в'язкість дизельного палива.

Сумарні умови від місцевих протистоянь при ламінарному русі палива визначаються за наступною залежністю:

$$\sum h_m = \sum_{i=1}^n \frac{\vartheta_i^2}{2g} \left( \xi_{кв.i} + \frac{A_i}{Re_i} \right), \quad (2.8)$$

де  $\xi_{кв.i}$  —

коефіцієнт локального супротиву для  $i$ -го квадратичного відрізка;

$Re_i$  — число Рейнольдса для  $i$ -го локального опору;

$A_i$  — коефіцієнт опору для  $i$ -го елемента;

$\vartheta_i$  — середня швидкість пального в  $i$ -тому опорі.

В'язкість дизельного палива залежить від температури і може бути визначена за формулою

$$\mu = \mu_0 e^{-\beta(T-T_0)}, \quad (2.9)$$

де  $\mu$ ,  $\mu_0$ — динамічна вязкість дизельного палива при температурі  $T$  і  $T_0$ ;

$\beta$ — коефіцієнт, значення якого для дизельного палива змінюється в межах 0,025...0,03.

Загальновідомою є залежність між динамічною і кінематичною в'язкістю  $\mu = \nu \rho$ . Вважаємо, що щільність пального в окремому розділі температура є постійною, тоді з урахуванням формули (2.9) маємо:

$$\nu = \nu_0 e^{-\beta(T-T_0)}, \quad (2.10)$$

Після встановлення формули (2.11) у вираженні (2.9) і далі 2.8), а також (2.11) в залежності (2.7), (2.6) і (2.5), з урахуванням рівняння (2.4) і нерівності (2.3), після відповідного перетворень отримаємо:

$$T_e \geq \frac{1}{\beta} \ln \frac{\nu_0(N+64l\vartheta_{TP})}{2d_{TP}^2(M+\frac{P_{BAK}}{\rho_T}+R+K)} + T_0, \quad (2.11)$$

У формулі 2.11 позначено

$$N = d_{TR}^2 \sum_{i=1}^n \frac{\vartheta_i A_i}{l_{oi}}, \quad (2.12)$$

$$M = g(H + Z_1 - Z_2), \quad (2.13)$$

$$R = \vartheta_2^2 \left( \frac{w_2^2}{w_1^2} - 1 \right), \quad (2.14)$$

$$K = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \xi_{KBi} \vartheta_i^2, \quad (2.15)$$

За допомогою залежності (4.12) можна застосувати з достатньою точністю мінімальну температуру, при якій забезпечується нормальна подача пального по лінії низького тиску.

## 2.2. Витрати теплової енергії на плавлення кристалів дизельних вуглеводнів.

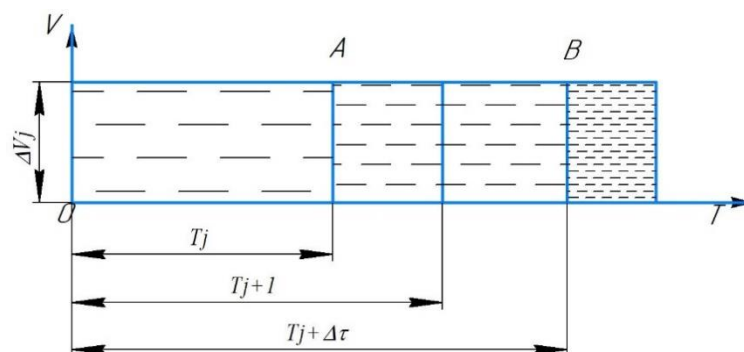


Рис. 2.1. Схема розрахунку витрат енергії на плавлення кристалів в елементарному об'ємі



Розглянемо рішення найпростішого прикладу: при нагріванні кристалів палива в об'ємі  $V$  (рис. 2.1) від температури навколишнього середовища  $t_c$  до температури  $t_1$  він плавиться. При досягненні температури  $t_1$  80...90% палива перейде у рідку фазу. Прийmemo таке спрощення:

1) Розмістимо систему координат  $V$  і  $T$  у точку  $T_0$ , коли температура палива дорівнює температурі навколишнього середовища;

2) Дизельне паливо – однорідна суміш вуглеводнів із середньою щільністю  $\rho$  кг/м<sup>3</sup>;

3) Площини А-А та Б-В проектують основний обсяг  $\Delta V_j$ , тому в початковий момент ліворуч від площини А-А паливо знаходиться в рідкому стані, а праворуч від площини Б-В знаходиться кристалічна фаза дизельного палива. Температура  $T_0$ ;

4) Об'єм  $\Delta V_j$  містить тверді вуглеводні, а температура плавлення від  $T_j$  до  $T_{j+1}=T_j+\Delta t$ ;

5) Нехай  $TR_j$  — середня температура плавлення кристалів вуглеводню маси  $m_j$ , сконцентрованого об'ємом  $\Delta V_j$ .

Якщо тепер все дизельне паливо  $V$  нагріте до температури  $TR_j$ , то:

1) Усі рідини, розташовані з лівого боку площини А-А, будуть нагріті від температури  $T_0$  до температури  $TR_j$ , на що буде витрачатися тепло  $Q_{lj}$ ;

2) Всі кристали, розташовані у правій частині площини ВВ, будуть нагріватися (при збереженні твердої фази) від температури  $T_0$  до температури  $T_{j+1}$ , що вимагатиме теплової енергії  $Q_{Tj}$ ;

3) Кристалічна маса, зосереджена в обсязі  $V_j$ , при температурі  $TR_j$  перейде з твердого стану в рідку фазу, а на площині ВВ встановиться температура  $T_{j+1}$ , на яку витрачається тепло  $Q_{Rj}$ . Виділити по черзі обсяг  $\Delta V_j$  в діапазоні температур від  $T_0$  до  $T_1$  та визначити витрати тепла на нагрівання рідкого палива в об'ємі  $\Delta V_1=\Delta V_0+\Delta V_j$  на плавлення кристалів  $\Delta V_j$  та нагрівання їх в об'ємі  $\Delta V_T=V-\Delta V_1$  - визначає витрату теплової енергії кристала у розплавленому розподільчому обсязі.

У запропонованій роботі як вихідні дані розглядаються такі дані:

$T_0 = 249 \text{ K}$  - температура навколишнього середовища, при якій 80 ... 88% дизельного палива знаходиться в твердій фазі;

$T_1 = 277 \text{ K}$  - температура, при якій 90 ... 95% дизельного палива знаходиться в рідкій фазі;

$\Delta t=4$  — діапазон температур, у якому кристал «гнучкого шовку» перетворюється на багаточастинкову решітку;

$V_{qЦ}=28 \text{ мм}^3/\text{цикл}$  – розрахунковий об'єм рідини,

### 2.3. Розрахунок тепла на плавлення кристалів.

Середні значення об'єму у відсотках та температура плавлення приймаються відповідно рівним середньоарифметичним об'ємом у % та температурі плавлення всіх вуглеводнів, які входять у розрахунковий об'єм.

$$T_{Пj} = \frac{\sum_{i=1}^k T_i}{k} \quad \text{і} \quad V_{Пj} = \frac{\sum_{i=1}^k V_i}{k} \quad (2.16)$$

де  $T_i$ — температура плавлення  $i$ -го елемента вуглеводню, що входить у розрахунковий об'єм;

$V_i$ — відсоток об'єму, який займає  $i$ -тий елемент;

$k$ — кількість елементів у розрахунковому об'ємі;

$j$ — номер розрахункового об'єму.

Важливо відзначити, що зі зміною агрегатного стану пального змінюються його термодинамічні характеристики [17, 44, 88]: питома теплота плавлення, теплоємність у слабкому і твердому стані. Для визначення цих параметрів за хімічною формулою структури молекули ми розраховували молекулярну масу всіх елементів, які входять у розрахунковий об'єм за формулою.

$$\beta = a n_c + b n_H, \text{ г/моль} \quad (2.17)$$

де  $a=12$  – атомна маса вуглецю;

$b=1$  – атомна маса гідрогену;

$n_C, n_H$  – кількість атомів вуглецю і гідрогену, які складають молекулу.

Якщо взяти циклову подачу  $q_{Ц}$  за одиницю об'єму, то  $j$ -тий розрахунковий об'єм складатиме:

$$m_i = V_{ip} \rho, \text{ кг} \quad (2.17)$$

Де  $\rho$  — середня щільність дизельного пального, кг/м<sup>3</sup>.

Питома теплота плавлення для  $j$ -го об'єму визначають за залежністю:

$$\lambda_i = 54.4 T_{Pi}. \text{ Дж/моль} \quad (2.18)$$

де 54.4 - це кількість тепла, яке витрачається на перехід однієї молекули органічної речовини з твердим станом у рідкий при зміні температури на 1 градус [34];

$T_{Pi}$  - температура плавлення  $i$ -го обчислюваного об'єму.

Витрати тепла на плавлення кристалів в  $i$ -тому обчислюваному об'ємі визначимо за формулою:

$$Q_{ki} = \lambda_i \lambda m_i \quad (2.19)$$

Теплоємність органічних речовин в  $i$ -тому об'ємі за постійного тиску визначимо за залежністю:

$$C_p \frac{\sum c_i n_i}{\beta}, \text{ Дж/кг} \cdot \text{град} \quad (2.20)$$

Де  $C_i$  — атомна теплоємність  $i$ -того елемента в молекулі;

$n$  — кількість атомів  $i$ -того елемента в молекулі. Для вуглецю і гідрогену атомна теплоємність становить:

у твердому стані  $C_i=7,53$  Дж — для гідрогену;

$C_i=9.62$  Дж — для вуглецю;

у рідкому стані  $C_i=11.72$  Дж — для гідрогену;

$C_i=17.99$  Дж — для вуглецю.

Кількість тепла, яке витрачається на підігрів рідини від температури  $T_{0i}$  до  $T_{Pi}$ , визначається за формулою.

$$Q_{pi} = C_{pi} m_i (T_{0i} - T_i). \quad (2.21)$$

де  $C_{pj}$  — середня теплоємність рідини в обчислюваному  $i$ -тому об'ємі, яка визначається як середнє арифметичне значення теплоємності елементів, які входять в  $i$ -тий об'єм.

$$C_{pi} = \frac{\sum C_p}{k}, \quad (2.22)$$

де  $k$  — кількість елементів у розглядуваній групі.

Кількість тепла, яке реалізується на підігрів кристалів пального в  $j$ -тому об'ємі, є за залежністю:

$$Q_{Ti} = C_{Ti}(T_{i+1} - T_i). \quad (2.23)$$

де  $T_{i+1}$ ,  $T_i$  — відповідно температура кристалів на початку і в кінці підігріву  $s$ -того об'єму;

$$C_{Ti} = \frac{\sum_{i=1}^K C_P}{k}. \quad (2.24)$$

де  $C_{Ti}$  – середня теплоємність кристалів в  $i$ -тому об'ємі.

Витрати енергії на плавлення кристалів визначають за залежністю.

$$Q_{\Pi} = Q_{ki} + C_{pi} + C_{Ti}. \quad (2.25)$$

Використовуючи залежність (2.12)-(2.25), було розраховано кількість тепла, необхідного для плавлення кристалів у цикловому об'ємі та об'ємі підігрівача при температурі  $T=248$  К до  $T=277$  К, при якій 80...85% дизельного пального переходить з твердого стану в рідкий. Результати розрахунків представлені в таблицях.

Таблиця 2.1.

Витрати теплової енергії на підігрів циклового об'єму пального в залежності від температури навколишнього середовища.

$t_c, ^\circ\text{C}$	-15	-10	-5	0	5	10
Підігрів рідкої фракції $Q_p$ , Дж	1,57	1,33	0,88	0,69	—	—
Плавлення кристалів $Q_k$ , Дж	3,41	2,76	1,56	1,23	1,22	1,18
Підігрів кристалів $Q_T$ , Дж	0,11	0,07	0,03	0,01	—	—
Сумарний розхід енергії $Q_{\Pi}$ , Дж	5,09	4,16	2,47	1,93	1,22	1,18

Аналіз даних у таблиці 2.1 підтверджує, що в середньому близько 68% тепла витрачається на плавлення кристалів, приблизно 29% на підігрів мінімальної фази та приблизно 3,5% на підігрів кристалів від загальної кількості тепла. Це можна пояснити наступним чином:

Під час плавлення кристалів відбувається руйнування гнучких молекулярних зав'язків, на що потрібно значно більше енергії.

Незначна кількість енергії, витраченої на підігрів кристалів, пояснюється тим, що енергія утворення кристалічних решіток з гнучких молекулярних ниток відбувається з виділенням тепла.

Витрати тепла (приблизно 30%) на підігрів слабкої фракції пояснюються тим, що молекули при нагріванні змінюють свою кінетичну енергію.

Проведені дослідження дозволили розрахувати витрати теплової енергії  $Q_{II}$  за умови в залежності від температури навколишнього середовища, циклової подачі палива 28 мм<sup>3</sup>/цикл, при частоті обертання вала ПНВТ 1600 об/хв. та різного типу пального для дизельних двигунів.

Таблиця 2.2.

Витрата теплової енергії  $Q_{II}$  на плавлення кристалів палива у підігрівачі об'ємом  $V_P$  залежно від температури навколишнього середовища

Складові системи живлення	Об'єм $V_P$ , м <sup>3</sup>	Температура навколишнього середовища					
		-15	-10	-5	0	5	10
ДП літнє							
Трубопровід низького тиску	0,00004	3571,5	2857,2	2142,9	1428,6	714,3	142,9
Паливний фільтр FC-0200S	0,00100	81271,2	65017,0	48762,7	32508,5	16254,2	3250,8
Паливний фільтр Mahle KL75	0,00084	67861,5	54289,2	40716,9	27144,6	13572,3	2714,5
Біодизель (ріпакова олія 50% + Гас 50%)							
Трубопровід низького тиску	0,00004	3571,5	2857,2	2142,9	1428,6	714,3	142,9
Паливний фільтр FC-0200S	0,00100	83118,3	66494,6	49871,0	33247,3	16623,7	3324,7
Паливний фільтр Mahle KL75	0,00084	69403,8	55523,0	41642,3	27761,5	13880,8	2776,2

#### 2.4. Розрахунок часу нагріву паливного фільтру.

Передпусковий нагрів необхідний за умов:

- тривалого зберігання транспорту на відкритих майданчиках, коли температура навколишнього середовища нижче температури застигання пального;
- використання не відповідного пального для дизельних двигунів (літнє дизельне пальне, або біодизель).

Вихідні дані для розрахунків.

1. Температура пального у фільтрі -15 °С.
2. Пальне, що використовується:
  - літнє дизельне пальне.
  - біодизель (ріпакова олія 50% + Гас 50%).
3. Паливні фільтри:
  - Mahle KL75 (d - діаметр циліндра d=80 мм., або 0,08 м, h= 154 мм, або h= 0,154 м.)
  - FC-0200S. (d - діаметр циліндра d=80 мм., або 0,08 м, h= 200 мм, або h= 0,2 м.)

Визначаємо масу палива  $m$  за формулою:

$$m_{\text{п}} = V \cdot \rho, \quad (2.26)$$

де:

$V$  - об'єм палива,

$\rho$  - густина палива.

Визначити густину дизельного пального, яке виготовляється з нафтопродуктів можна за допомогою таблиці «визначення густини нафтопродуктів в залежності від зміни температури» [31]

Так, якщо, густина літнього дизельного палива ( $\rho_{\text{ДПл}+20^{\circ}\text{C}}$ ) при температурі 20 °С становить – 830 кг/м<sup>3</sup>, при температурі – 15 °С становитиме  $\rho_{\text{ДПл}-15^{\circ}\text{C}}$  855 кг/м<sup>3</sup>.

Аналогічним чином можна знайти густину зимового дизельного пального при температурі  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Визначити густину біодизельного пального (ріпакова олія 50% + гас 50%) при  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  можна наступним чином:

Відомо, що густина ріпакової олії при  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  може бути рівною  $\rho_{\text{РО}} = 0,91 - 0,92\text{ кг/л}$  (або  $\rho_{\text{РО}} = 910 - 920\text{ кг/м}^3$ ). Густина гасу при  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  може бути рівною  $\rho_{\text{Гас}} = 0,79 - 0,80\text{ кг/л}$  (або  $\rho_{\text{Гас}} = 790 - 800\text{ кг/м}^3$ ).

тоді:

$$\rho_{\text{БД}-15^{\circ}\text{C}} = 0,5 \cdot \rho_{\text{РО}} \cdot 0,5 \cdot \rho_{\text{Гас}}, \quad (2.27)$$

$$\rho_{\text{роз.}} = 0,5 \cdot 910 \cdot 0,5 \cdot 800 = 855\text{ кг/м}^3$$

Виходячи з цього, заносимо одержані дані в таблицю

Таблиця 2.3

Густина пального для дизельних двигунів  $\rho$  в  $\text{кг/м}^3$

Тип пального	Температура, $^{\circ}\text{C}$	
	+20 $^{\circ}\text{C}$	-15 $^{\circ}\text{C}$
ДП літнє	830	855
ДП зимове	810	836
Біодизель (ріпакова олія 50% + Гас 50%)	812	855

Обчислимо об'єм палива ( $V$ ) за допомогою формули об'єму циліндра:

$$V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot h, \quad (2.28)$$

де:

$d$  - діаметр циліндра  $d=80\text{ мм.}$ , або  $0,08\text{ м}$ ,

$h=154\text{ мм}$ , або  $h=0,154\text{ м}$ . висота циліндра.

Для попереднього розрахунку, не враховуючи об'єм, який займатиме фільтрувальний елемент, оскільки в ньому теж знаходитиметься пальне, яке необхідно розігріти.

Тоді:

$$V = \pi \cdot \left(\frac{0,08}{2}\right)^2 \cdot 0,154 = 0,0008\text{ м}^3,$$

Тепер можна розрахувати масу палива ( $m$ ) як:

$$m = V \cdot \rho_{\text{ДПл}-15^{\circ}\text{C}}, \quad (2.3)$$

$$m = 0,0008 \cdot 855 = 0,684\text{ кг.}$$

Тепло, необхідне для нагрівання цієї маси палива з  $-15^{\circ}\text{C}$  до  $10^{\circ}\text{C}$ , можна розрахувати за формулою:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T, \quad (2.4)$$

де:

$c$  - питома теплоємність палива  $c = 2200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ,

$\Delta T$  - різниця температур .  $\Delta T = |-15| + 10 = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$Q = 0.684 \cdot 2200 \cdot 25 = 37620 \text{ Дж}$$

Для попереднього розрахунку часу нагріву пального, що застигло у фільтрі до температури  $-15^{\circ}\text{C}$ . використаємо індукційний нагрівач ZVS з потужністю 500-1000 Вт та входною напругою 12 В. З індуктором спірального типу діаметр витків 90 мм. діаметр прутка індуктора 8 мм. діаметр витків індуктора 90 мм.

Тепер, можна розрахувати час ( $t$ ), необхідний для нагрівання цього палива до  $10^{\circ}\text{C}$ , при потужності нагрівача 500 Вт:

$$T = \frac{Q}{P \cdot \eta_n} k_{\phi}, \text{ с}, \quad (2.5)$$

$$T = \frac{37620}{500 \cdot 0,78} \cdot 1,35 = 131, \text{ с},$$

де -  $k_{\phi}$  коефіцієнт що враховує час нагріву фільтру (емпіричний коефіцієнт визначений лабораторними дослідженнями  $k_{\phi} = 1,2-1,4$ ).

Аналогічні розрахунки проведено для іншого пального дані відображенні в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Результати досліджень визначення часу нагріву пального у фільтрі паливної системи дизельного двигуна.

Тип пального	Індукційний	Потужність P, Вт	$\Delta T$ - різниця температур від $-15^{\circ}\text{C}$ до $10^{\circ}\text{C}$	Середній час нагріву T, с.	
				Паливний фільтр	
				Mahle KL75	FC-0200S
ДП літнє	ZVS	500	25	131	154
Біодизель (ріпакова олія 50% + Гас 50%)	ZVS	500	25	132	156



## 2.5. Висновки за розділом.

За результатами теоретичних досліджень встановлено.

1. Сумарний розхід енергії на підігрів циклового об'єму пального ( $V_{qц}=28$  мм<sup>3</sup>/цикл) та при температурі навколишнього середовища ( $t = -15$  °С.) становить:  
 $Q_{п}=5,09$  Дж.
2. Витрата теплової енергії на плавлення кристалів палива у підігрівачі об'ємом  $V_p$  при цій же температурі становить:
  - для літнього дизельного пального, що знаходиться у паливному фільтрі Mahle KL75  $Q_{п}=67861,5$  Дж.
  - для біодизеля (ріпакова олія 50% + Гас 50%), що знаходиться у паливному фільтрі Mahle KL75  $Q_{п}=69403,8$  Дж.
3. Час нагріву пального у фільтрі паливної системи дизельного двигуна становить:
  - для літнього дизельного пального, що знаходиться у паливний фільтрі Mahle KL75  $T= 131$  секунди.
  - для біодизеля (ріпакова олія 50% + Гас 50%), що знаходиться у паливний фільтрі Mahle KL75  $T= 154$  секунди.

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.

#### 3.1. Патентний пошук.

Для вибору оптимального пристрою для підігріву паливного фільтру дизельних двигунів проведено пошук конструктивних рішень у базі даних патентів України.

Пат. 152974, МПК (2023.01) F02N 19/04 (2010.01) F01B 27/00. Підігрівник палива дизельного двигуна внутрішнього згорання. № у 2022 04024, заяв. 26.10.2022; опубл. 03.05.2023, Бюл. № 18.

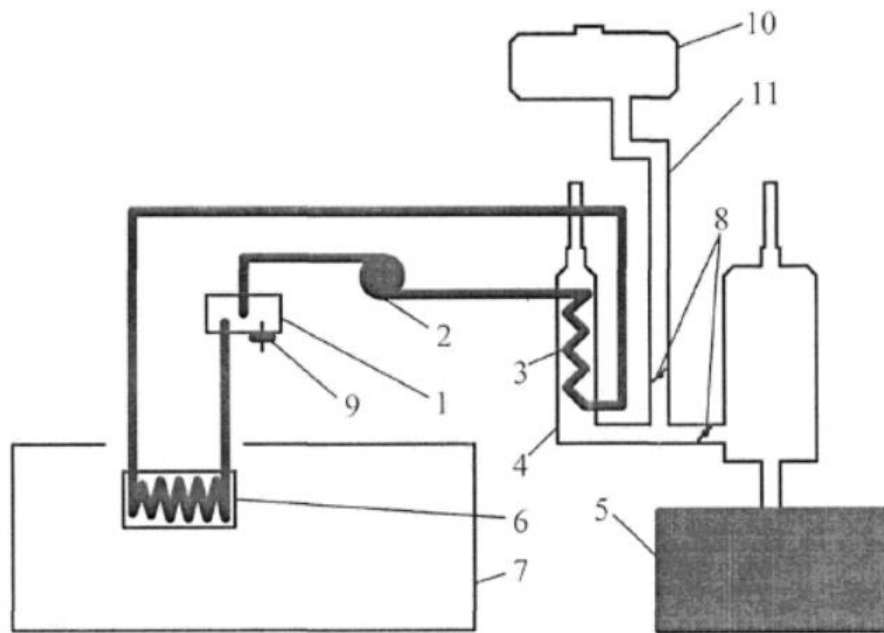


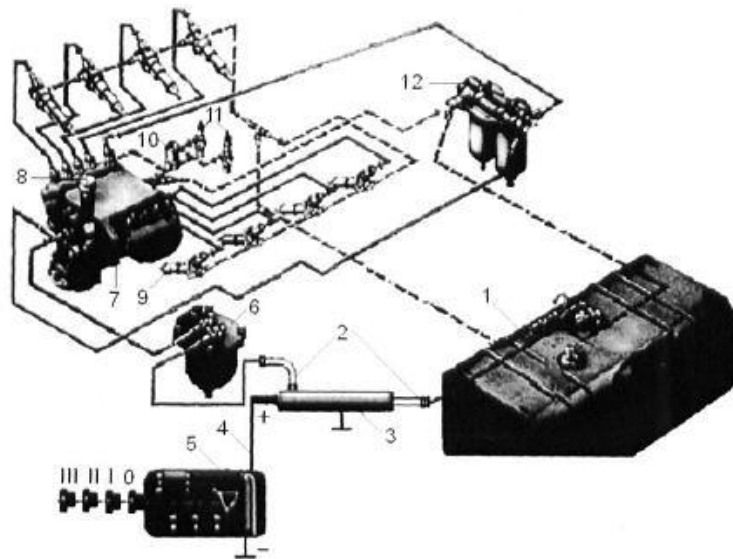
Рис. 3.1 Підігрівник палива дизельного двигуна внутрішнього згорання [27]

Підігрівник палива дизельного двигуна внутрішнього згорання містить рідинний насос і теплообмінник, виконаний у вигляді котла, додатковий трубопровід зі встановленим теплообмінником та регулювальною заслінкою, що з'єднаний з випускною трубою двигуна. При цьому, до додаткового трубопроводу приєднаний трубопровід випуску відпрацьованих газів автономного повітряного обігрівача кабіни транспортного засобу зі встановленою в ньому регулювальною заслінкою.

Основним недоліком даного конструктивного рішення, на мою думку, є те, що даний підігрівник може використовуватися лише під час роботи працюючого двигуна. А в момент пуску двигуна потрібно використовувати інші методи підготовки (підігріву) палива.

Пат. 119695, МПК (2017.01) F01B 27/00, F02N 7/00. Пристрій для полегшеного запуску холодних дизельних двигунів. № у 201701178, заяв. 09.02.2017; 10.10.2017, Бюл.№ 19

Пристрій для запуску холодних дизельних двигунів містить бак паливний, фільтр грубого очищення палива, паливний насос високого тиску, ручний паливо підкачувальний насос, форсунку, прилади електрофакельного підігрівача, фільтр тонкого очищення палива. Додатково введено автономний підігрівач палива та пульт дистанційного керування.



Фіг. 1

Рис. 3.2. Пристрій для полегшеного запуску холодних дизельних двигунів [28]

Дане рішення не передбачає підігрів паливного фільтра. Відомо, що його засмічення парафіновими частками може повністю перекрити паливну систему і унеможливити подачу пального до ПНВТ. В такому випадку це рішення буде не ефективним.

Пат. 133207, МПК F02N 19/04 (2010.01). Передпусковий підігрівач дизельного пального автомобільної техніки. № у 201810659, заяв. 29.10.2018; 25.03.2019, Бюл.№ 6.

Передпусковий підігрівач дизельного пального автомобільної техніки містить автономний підігрівач з дистанційним керуванням в системі живлення дизельного двигуна. Передпусковий підігрівач встановлений в паливну магістраль дизельного автомобіля безпосередньо перед паливним насосом високого тиску, включає в себе: термоакумулюючий корпус, нагрівальний елемент, технологічний отвір для усунення повітря, що здатний нагрівати

дизельне пальне більшого об'єму та утримувати його сталу температуру без виникнення повітряних пробок.

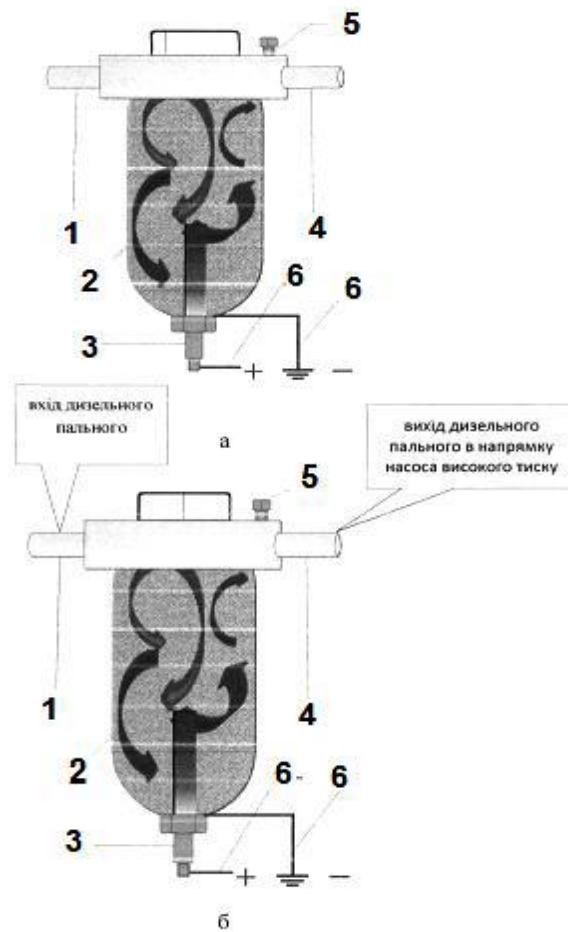


Рис. 3.3. Передпусковий підігрівач дизельного пального автомобільної техніки [29].

Суть даного рішення, як і в попередньому випадку, теж малоефективна та не зможе працювати за умов засмічення паливного фільтра.

Пат. 85290, МПК F04D 29/54 (2006.01). Передпусковий підігрівач дизельного пального автомобільної техніки. № у 2013 07776, заяв. 19.06.2013; 11.11.2013, Бюл.№ 21.

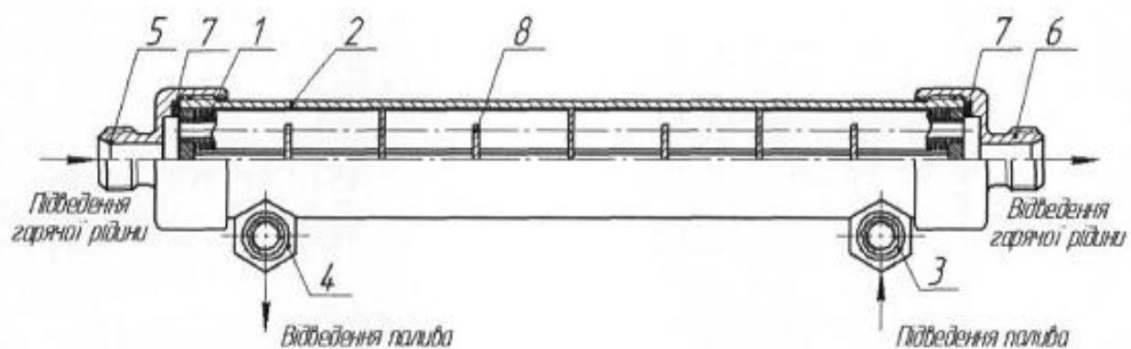


Рис. 3.4. Передпусковий підігрівач дизельного пального автомобільної техніки [30].

Паливопідігрівач для автомобілів містить захисний кожух з патрубками підведення (відведення) гарячої рідини і палива, теплообмінник. Теплообмінник сформовано з оребрених труб малого діаметра, виготовлених поперечно гвинтовою накаткою з витримуванням наступних співвідношень геометричних параметрів: діаметр оребрення до внутрішнього діаметра труби  $d_{op}/d_{внт}$  у діапазоні 2,3-2,4, діаметр труби, що несе оребрення до внутрішнього діаметра труби,  $d_{нт}/d_{внт}$  у діапазоні 1,3-1,34, середня товщина ребра до внутрішнього діаметра труби,  $\delta_{ср}/d_{внт}$  у діапазоні 0,09-0,12, крок оребрення до внутрішнього діаметра труби,  $t_{op}/d_{внт}$  у діапазоні 0,36- 0,41. При цьому труби скомпоновано в шаховий пучок з розбивкою по вершинах рівнобічного трикутника зі співвідношенням кроку до внутрішнього діаметра труби  $S/d_{внт}$  у діапазоні 2,95-3,00, також у теплообміннику встановлено сегментні перетинки, а патрубки для підведення й відведення гарячої рідини прикріплено до захисного кожуха різьбовим сполученням через ущільнення.

Недолік цього рішення оснований на тому, що тут не вказано, який тип нагрівача гарячої води тут використаний. і невідомо, яким чином цю воду зберігати в рідкому стані за низьких температур.

### **3.2. Обґрунтування вибору запропонованої конструкторської розробки.**

Проаналізувавши конструкторські рішення, які захищені патентами України, а також пристроями, що зустрічаються на ринку України, можна охарактеризувати вимоги до пошуку оптимальних параметрів пристрою для підігріву пального:

1. Здатність працювати за низьких температур.
2. Ефективно розплавлювати кристали парафінових структур, що засмічують фільтр.
3. Використовувати джерело електричної енергії транспортного засобу.
4. Мінімальні зміни конструкції при встановленні пристрою для підігріву пального в системі живлення двигуна .
5. Низька вартість обладнання та обслуговування.

Виходячи з цих вимог мною запропоноване технічне рішення, яке захищене патентом України на корисну модель № 152799, модель МПК (2006) F01B 27/00, F02N 7/00. Система підігріву біодизельного пального Подане 19.09.2022 р. Опубліковане 12.04.2023 р, бюлетень. № 15.

В основу корисної моделі поставлено задачу автоматичного підтримання оптимальної температури біодизельного пального в системі подачі пального від бака до паливного насоса високого тиску, що сприятиме підвищенню надійності і ефективності роботи холодного дизельного двигуна в умовах низьких температур навколишнього середовища. Суть корисної моделі полягає у використанні системи підігріву біодизельного пального, яка містить: блок керування, температурні датчики, модулі індукційного нагріву та індукційних нагрівальних елементів, навитих по спіралі навколо паливопроводів низького тиску і паливного фільтра в системі живлення дизельного двигуна та призначеного для підігрівання дизельного палива.

До переваг системи підігріву біодизельного пального слід віднести просту конструкцію, що дозволить легку модернізацію паливної системи вже існуючих транспортних засобів, швидкість нагріву палива у системі подачі пального до паливного насоса високого тиску у порівнянні з існуючими системами підігріву, простоту керування підігрівом.

У холодний період перед запуском дизельного двигуна з кабіни вмикається блок керування 17 і проводиться перевірка температурних датчиків 8 і 9. Якщо температура палива в паливопроводах 3 або 4 виявляється нижчою за температуру, при якій паливо може помутніти ( $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), ці датчики генерують сигнал, що вказує на необхідність нагрівання палива. Це необхідно для запобігання засміченню фільтрувальних елементів паливного фільтра 5 через кристалізацію парафінових вуглеводнів при такій температурі. Після отримання відповідного сигналу блок управління 17 вмикає модулі нагріву 14, 15, 16 для підняття температури палива.

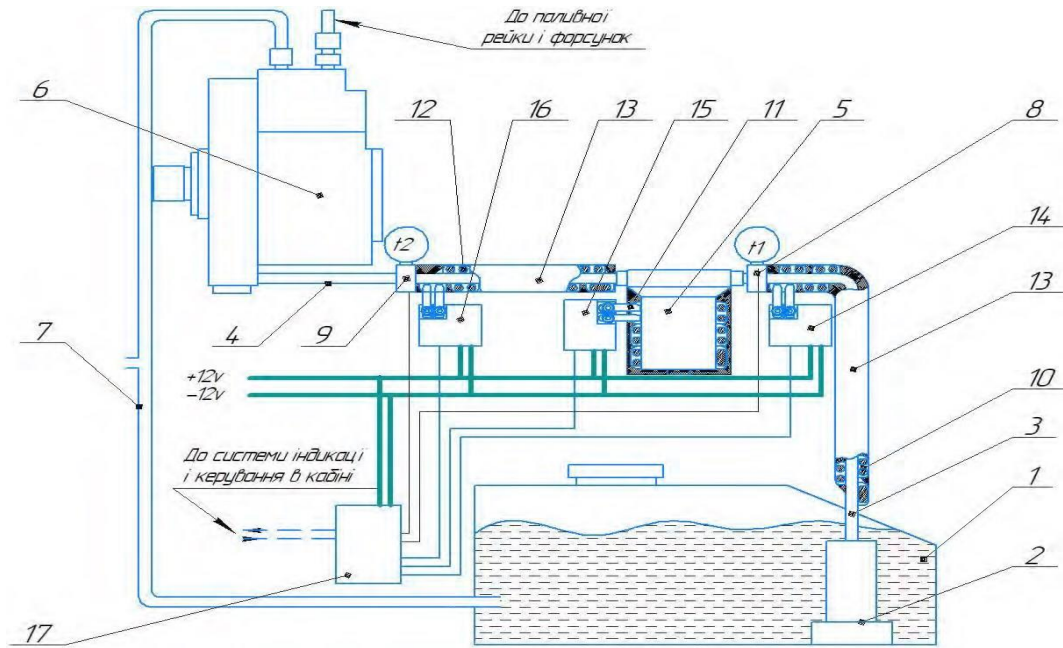


Рис. 3.4 Система підігріву дизельного пального: 1 – паливний бак;  
 2 – підкачувальний насос; 3, 4, 7 – паливопроводи низького тиску;  
 5 – паливний фільтр; 6 – паливний насос високого тиску;  
 8, 9 – температурні датчики; 10, 11, 12 – індукційні нагрівальні елементи;  
 13 – теплоізоляційний матеріал; 14, 15, 16 – модулі індукційного нагріву;  
 17 – блок керування.

Кожен з отриманих сигнальних модулів отримує живленням від електричної мережі транспорту та генерує високочастотний струм. Цей струм протікає через індукційні нагрівальні елементи 10, 11, 12, які розташовані навколо паливопроводів низького тиску 3, 4 і паливного фільтра 5. Індукційні нагрівальні елементи намотані по спіралі, утворюючи змінне магнітне поле навколо себе. Металеві частини цих елементів перетворюються в це змінне магнітне поле високої частоти, що призводить до індукції електричного струму цієї ж частоти на їх поверхні. Цей струм змінює вихрові струми на поверхні паливопроводів низького тиску 3, 4 і паливного фільтра 5, що призводить до їх нагрівання.

При взаємодії з нагрітими металевими поверхнями паливопроводів низького тиску і паливного фільтра, холодне паливо нагрівається. Коли температура палива в системі, починаючи від баку 1 і закінчуючи паливним насосом високого тиску 6, перевищить температуру, при якій паливо починає мутніти ( $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), температурні датчики 8, 9 видають сигнал до блоку керування 17, і процес нагрівання палива припиняється. Під час роботи дизельного двигуна, у разі коли

система знову знижує температуру палива нижче  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що фіксується температурними датчиками 8, 9, блок керування відновлює роботу нагріву до моменту, коли температура перевищить позначку, за якою відбувається помутніння палива.

### 3.3. Будова модуля індукційного нагріву системи підігріву пального дизельних двигунів.

Основним елементом запропонованої системи підігріву дизельних двигунів внутрішнього згоряння є модуль індукційного нагріву системи підігріву пального дизельних двигунів Рис. 3.5 .

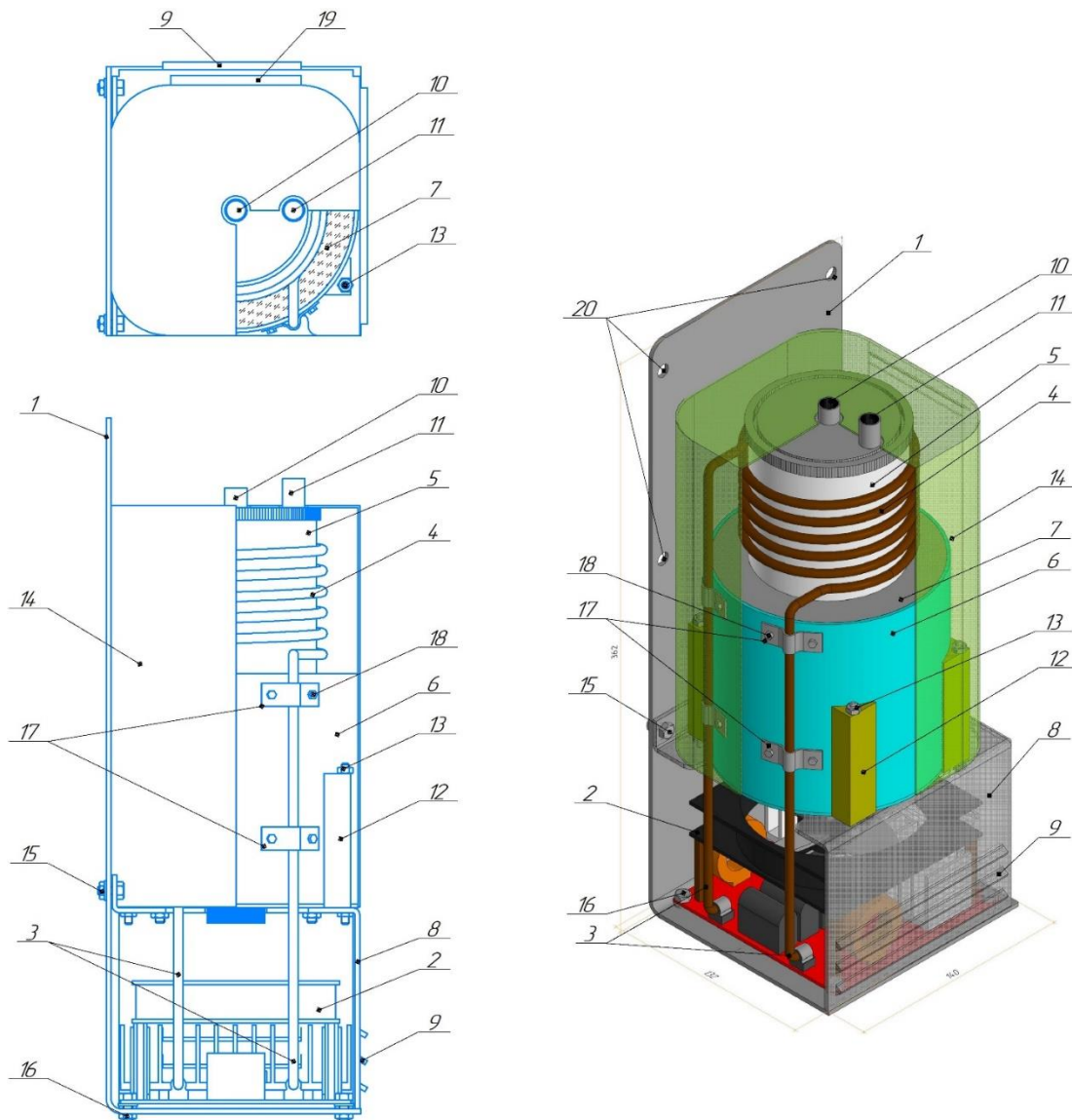


Рис. 3.5. Модуль індукційного нагріву системи підігріву пального дизельних двигунів:

1 – Корпус; 2 – індукційний нагрівач; 3 – індуктор; 4. – спіраль індуктора; 5 – паливний фільтр; 6 – корпус теплоізолятора; 7 – ізоляційний матеріал;



8 – підставка фільтра; 9, 19 – отвори вентиляції; 10, 11 – впускний і випускний отвори паливного фільтра; 12 – утримувачі корпусу ізолятора; 13, 15, 16, 18 – різьбове з'єднання; 14 – зовнішній корпус модулю; 17 – кріплення індуктора; 20 – отвори під кріплення модулю індукційного нагріву системи підігріву пального дизельних двигунів.

На горизонтальній пластині корпусу 1 кріпиться індукційний нагрівач 3. Підставка фільтра 8, яка міцно кріпиться до основи за допомогою різьбового з'єднання 15. На підставці фільтра за допомогою утримувачів корпусу ізолятора за допомогою утримувачів корпусу ізолятора 12 та допомогою різьбового з'єднання 13 кріпиться корпус теплоізолятора 6 в середині якого міститься ізоляційний матеріал 7.

Паливний фільтр встановлюється паливний фільтр 5. У верхній частині якого навиті спіралі індуктора 4. Нижня частина індуктора 3 кріпиться до відповідних клем індукційного нагрівача 2. А вертикальні прутки міцно кріпляться за допомогою кріплень індуктора 17 різьбовим з'єднанням 18 . Зверху надітий зовнішній корпус модуля 14.

#### **3.4. Принцип роботи модуля індукційного нагріву системи підігріву пального дизельних двигунів.**

Підігрів пального у фільтрі 5 відбувається наступним чином. Напряга з бортової мережі подається клеми живлення індукційного нагрівача. У якому за допомогою силового контуру створюється струм високої частоти. Цей контур за допомогою резисторів регулюється для створення резонансу на спіралях індуктора. Струм високої частоти подається через відповідні клеми на індуктор. Навколо спіралей індуктора створюється магнітне поле високої частоти порядку 100 герц. У цьому магнітному полі знаходиться металевий корпус паливного фільтра, на поверхні якого індукуються струми високої частоти, які нагрівають його. Дотикаючись до нагрітих поверхонь, пальне інтенсивно нагріватиметься.

Крім цього, у процесі роботи індуктора він інтенсивно нагріватиметься. Зазвичай він виготовлюється пустотілим та всередині нього пропускається рідина для охолодження. Але в нашому випадку, враховуючи короткий термін

нагріву (до 2 хвилин) та низьку температуру зовнішнього середовища, не доцільно використовувати охолодження. Крім цього, надлишок тепла можна додатково використати для нагріву пального. Тож, у цьому технічному рішенні використаємо штатний вентилятор для охолодження мікросхеми та індуктора. Холодне повітря потрапляє через отвори 9, омиває радіатор та електронні компоненти, охолоджуючи їх. Далі це повітря захоплюється вентилятором і направляється уверх вздовж вертикальних частин індуктора, охолоджуючи їх. Тим самим, повітря частково нагрівається. Підігріте повітря омиватиме верхню частину паливного фільтра, тим самим додатково нагріватиме його. Далі, це повітря видалятиметься через отвір вентиляції 19 зовнішнього корпусу модуля 14. Коли пальне нагріється і кристали парафінових сполук розтануть, воно зможе без великих зусиль протікати крізь фільтрувальний елемент паливного фільтру.

Далі, як описано вище, датчики температури зафіксують це підвищення температури і подадуть сигнал на блок керування, який в свою чергу вимкне подачу напруги на клеми живлення індукційного нагрівача.

Модуль індукційного нагріву системи підігріву пального дизельних двигунів доцільно використовувати з іншими нагрівальними елементами, для прикладу, для нагріву паливопроводів низького тиску можна використати провідникові інфрачервоні нагрівачі, які навиті навколо них, крім того, зовні закриті теплоізоляційним матеріалом.

### **3.5. Висновки по розділу.**

Проведений патентний пошук дозволив узагальнити відомі технічні рішення для підігріву пального для дизельних двигунів. Опрацьовано позитивні сторони і недоліки прототипів. Внаслідок цього, окреслено оптимальні параметри пристрою для підігріву пального.

Запропоноване технічне рішення захищено патентом України на корисну модель № 152799.

Подано будову і принцип роботи індукційного нагріву системи підігріву пального дизельних двигунів.

## 4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Результати моделювання процесу нагріву паливної суміші у фільтрі дизельного палива у програмі SOLIDWORKS Flow Simulation.

#### 4.1.1 Процес комп'ютерного моделювання.

SOLIDWORKS Flow Simulation — це програма загального параметричного моделювання потоку, що використовує метод кінцевого обсягу (FVM). Вона дозволяє розраховувати характеристики виробу за допомогою сценаріїв (що, якщо) та використовувати отримані результати для оптимізації.

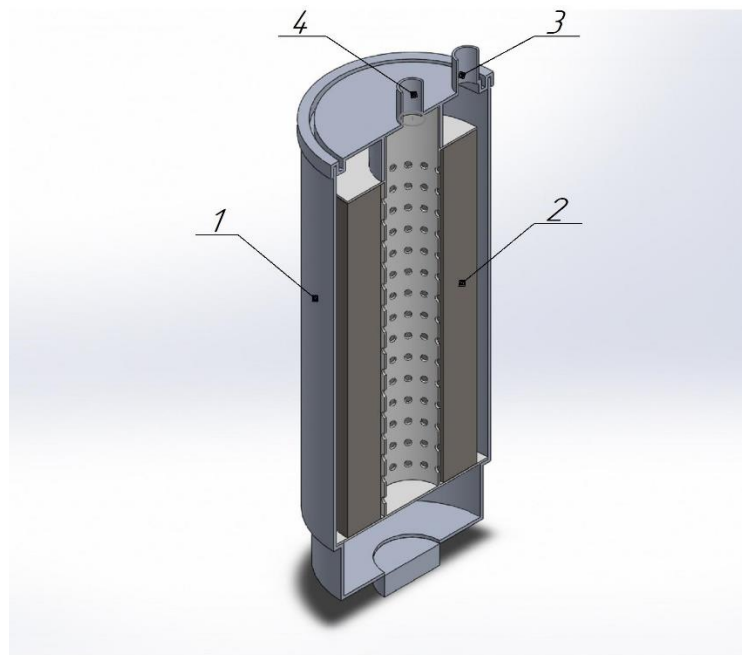


Рис. 4.1 Модель паливного фільтра виконана у програмі SOLIDWORKS: 1 – корпус фільтра, 2 – фільтрувальний елемент, 3, 4 – вхідний і вихідний отвори.

План моделювання дослідження процесу нагріву паливної суміші у фільтрі дизельного палива у програмі SOLIDWORKS Flow Simulation:

1. Побудова твердотільної моделі деталей паливного фільтра з вибором матеріалів, з яких він виготовлений.

2. Виконання збірки моделі у програмі SOLIDWORKS.

3. Введення початкових параметрів ( Wizard – Initial Conditions). Необхідно Заповнити підпункти :

- Project name (назва проекту);
- Units system (система одиниць);

- Analysis type (тип аналізу);
- Fluids (рідини);
- Wall conditions (умови обмежуючих поверхонь);
- Initial conditions (початкові умови);
- Finish (закінчити).

#### 4. Внесення початкових параметрів (Input Data):

- Закрити всі отвори і згенерувати зону досліджень;
- Boundary Conditions. Вхідний отвір – температура пального на вході  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , статичний тиск  $0,1\text{ МПа}$ . Вихідний отвір швидкість руху рідини  $0,7\text{ м/с}$ .;
  - Fluid Subdomain. Вибрати рідину (Дизельне пальне, густина  $855\text{ кг/м}^3$ ).  
Вказати всі порожнини заповнені паливом);
  - Porous Medium. Вказати матеріал фільтру, як пориста структура (місце знаходження застосунку – Tools/Flow simulations/ Tools/Engineering Database).  
Пористість  $0,5$ , розмір пор  $0.004\text{ м}$ ;
  - Solid Materials. Вказати матеріали з якого виготовлений корпусні деталі фільтру;
  - Global Mesh. Вказати зону обчислень;
  - Heat Surfaces. Вказати параметри нагрівального елемента ( $500\text{ Вт}$  теплової енергії), обмежити зону нагріву (В конструкцію введене додаткове металеве кільце діаметром  $90\text{ мм}$ . висотою  $50\text{ мм}$ . і товщиною  $5\text{ мм}$ . Товщина корпусу занадто тонка і без використання цього кільця, як у подальшому виявилось, стінки нагріваються до температури більше  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### 5. Запустити обчислення.

#### 6. Results. Згенерувати результати обчислень.

#### 6. Сформулювати звіт.

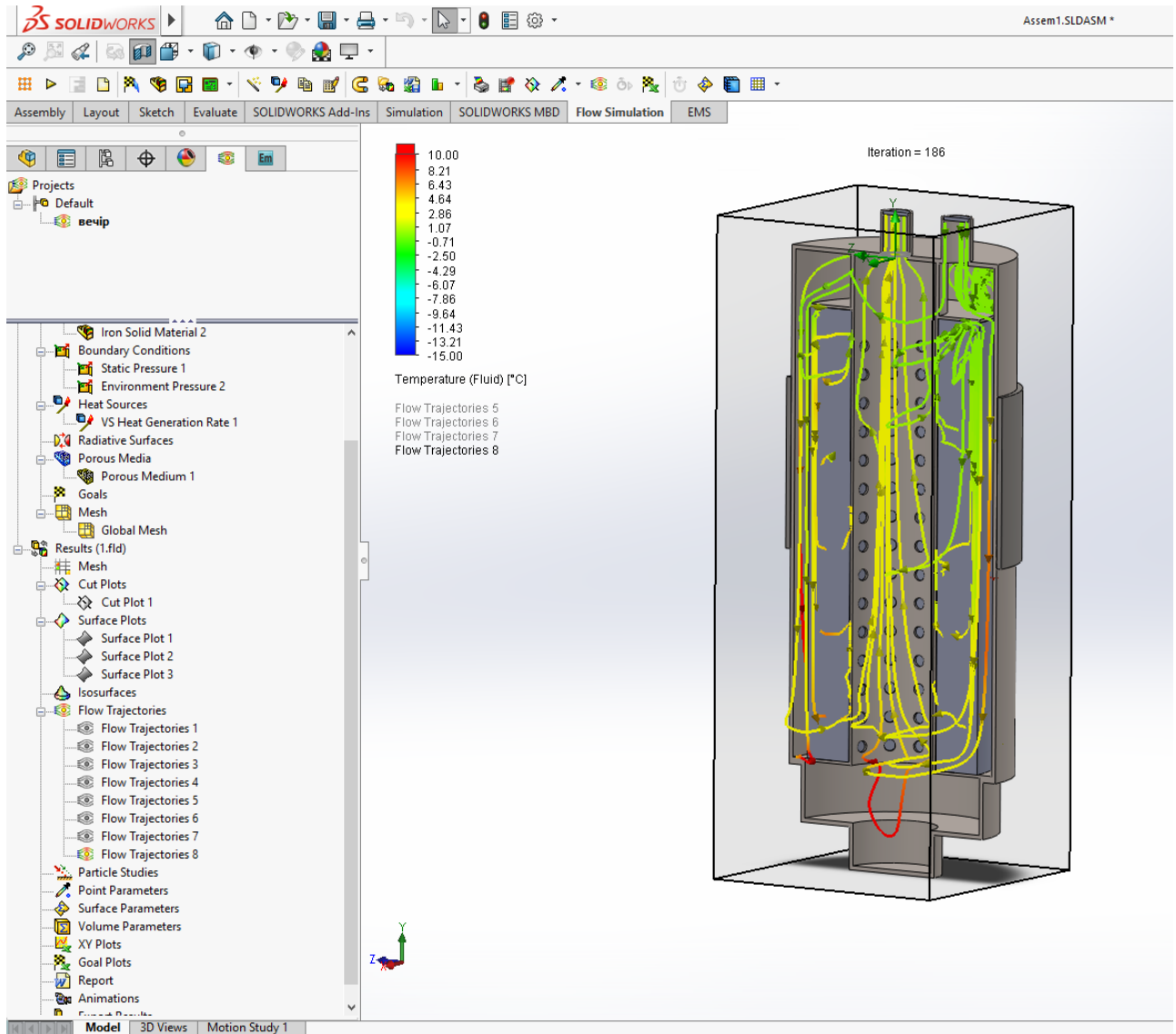


Рис. 4.2 Робочий інтерфейс програми.

#### 4.1.2. Результати комп'ютерного моделювання процесу нагріву паливної суміші у фільтрі дизельного палива.

В процесі дослідження виявлено, що при нагріві дизельного пального нагрівачем потужністю 500 Ват у фільтрі з  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  час нагріву становить 1,87 хв.

Питома теплоємність металевому корпусу у процесі нагріву збільшується до  $1253\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$  при температурі  $7,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . після чого вона падає до температури  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  падає до  $926\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ .(Рис 4. 3).

Результати аналізу:

1. Рідина. Шлях: Ненютонівські рідини, Зазначені наперед

Густина:  $850\text{ кг}/\text{м}^3$

Специфічна теплоємність:  $1971,8\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$

Теплопровідність: 0,1700 Вт/(м·К)

В'язкість: Модель ступеневого закону

Коефіцієнт консистентності

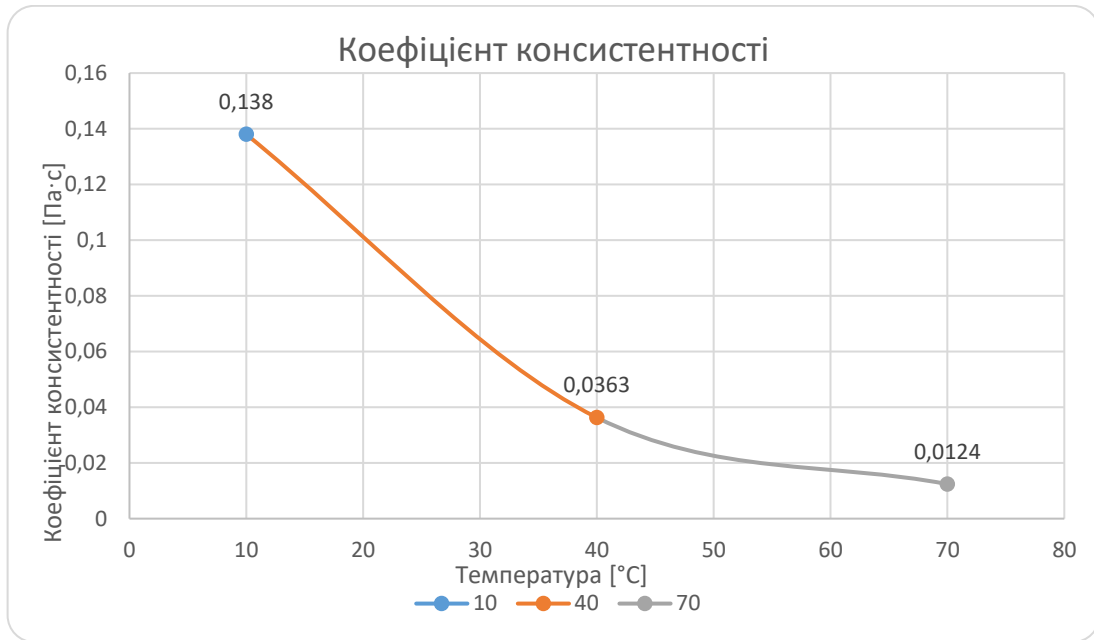


Рис. 4.3 Коефіцієнт консистентності

2. Корпус фільтра. Шлях: Матеріал корпусу \ Метали. Густина: 7874.00 кг/м<sup>3</sup>

Теплоємність корпус

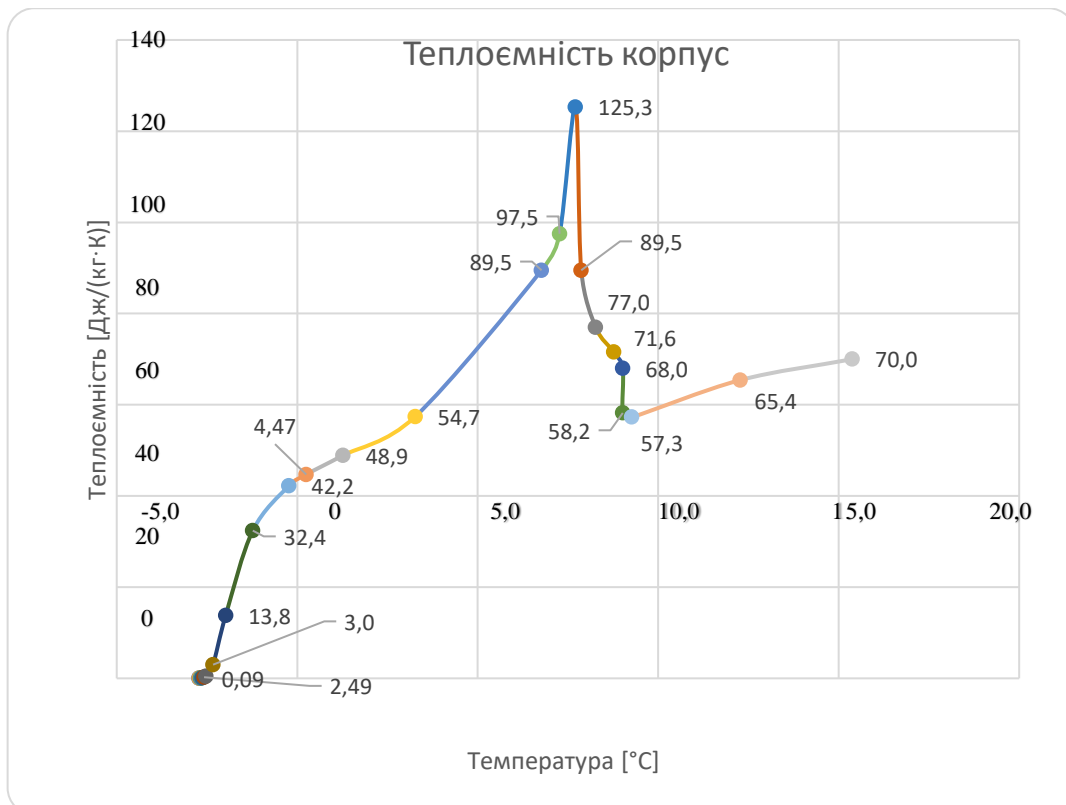


Рис. 4.4 Питома теплоємність металевого корпусу

### 3. Теплопровідність Тип провідності: Ізотропний

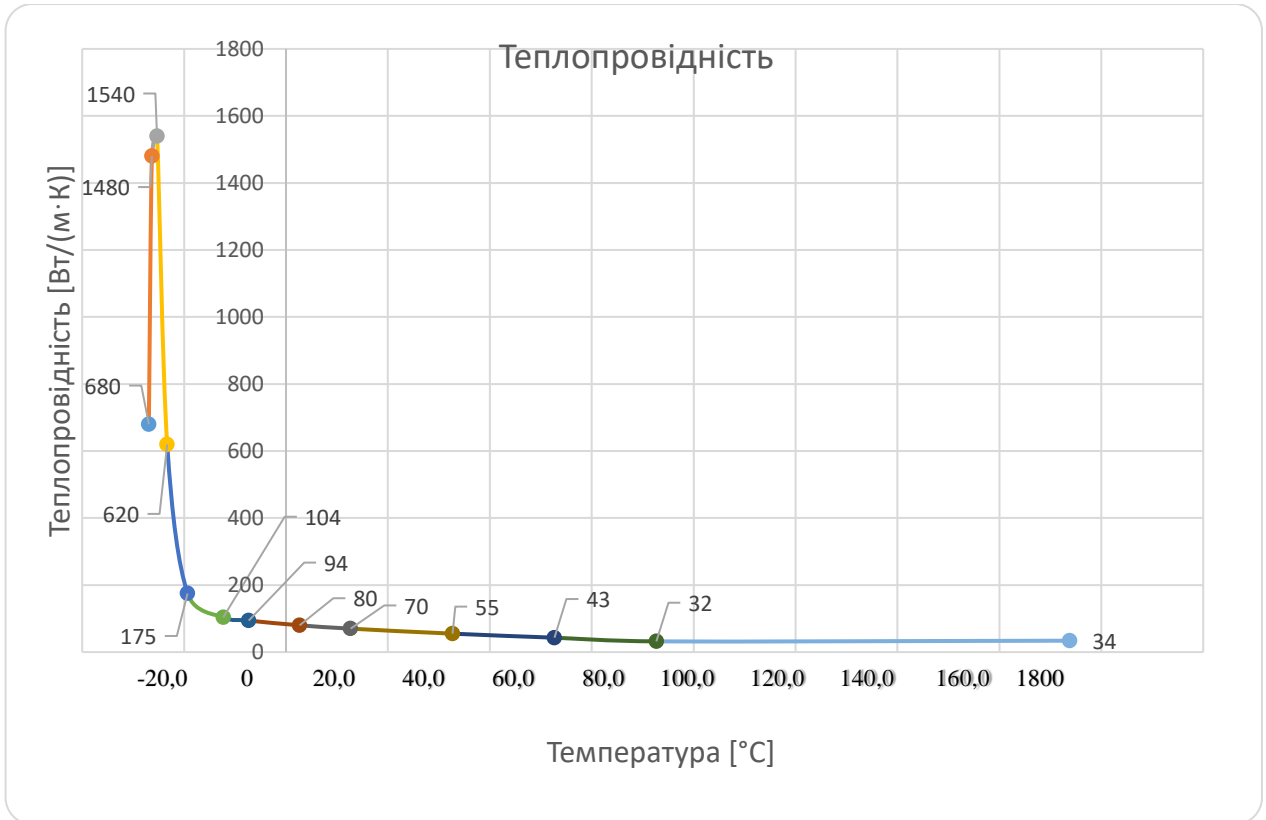


Рис. 4.5 Теплопровідність

### 4. Електропровідність:

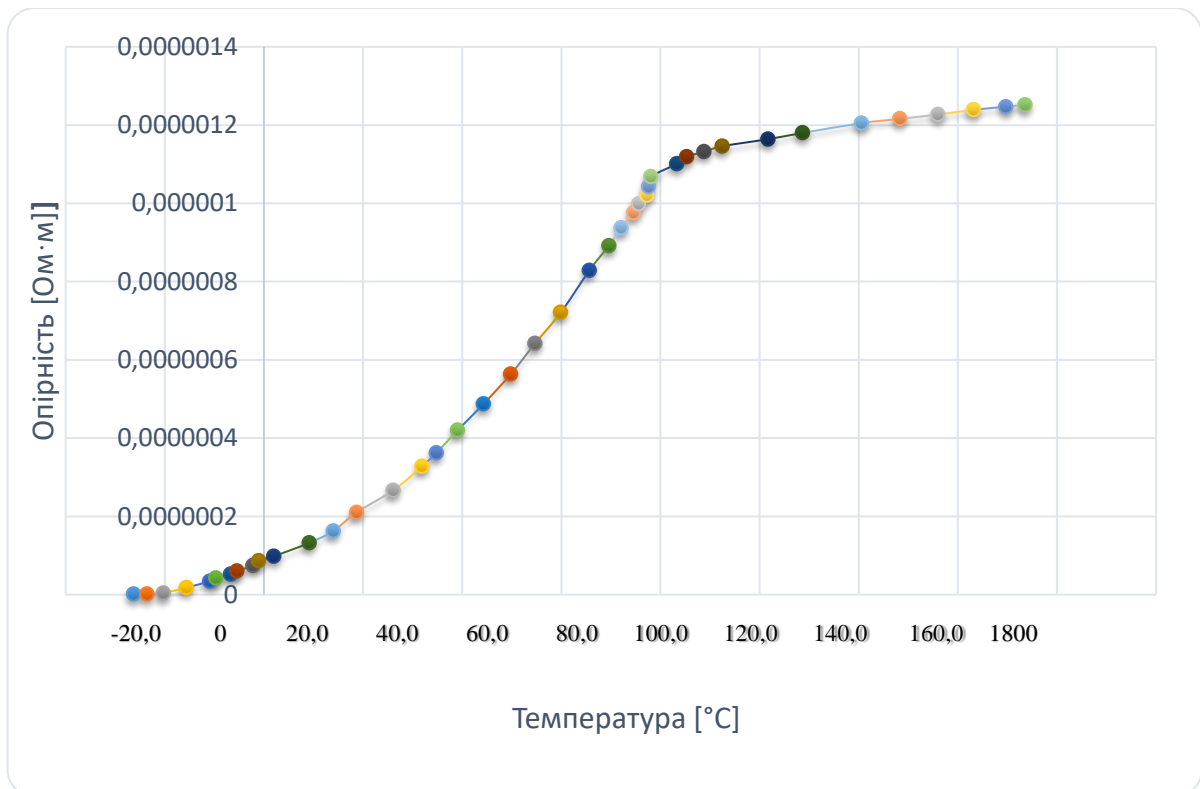


Рис. 4.6 Параметри кондуктора (реактивний опір)

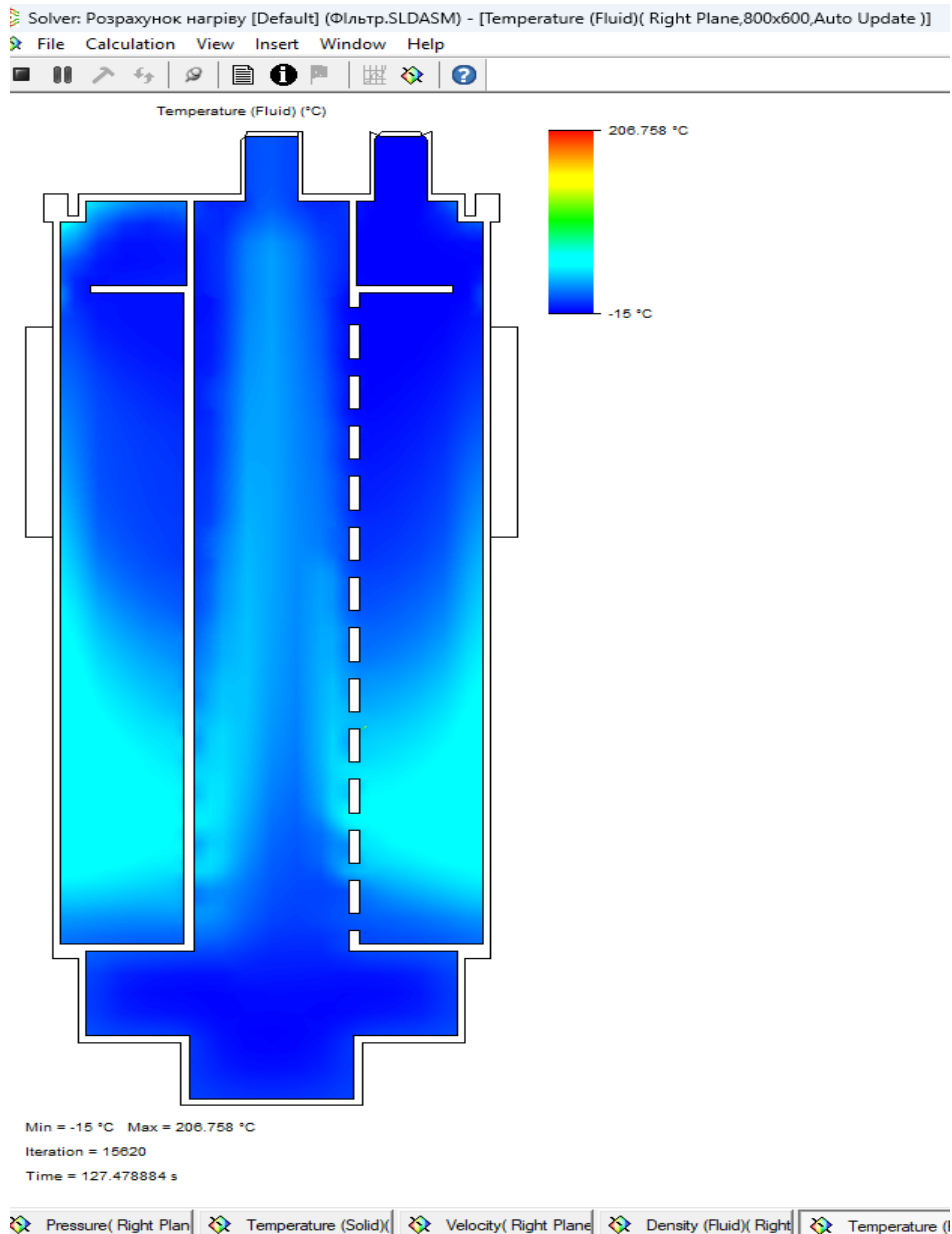


Рис 4.7. Теплова карта нагріву паливного фільтру отримана у програмі  
SOLIDWORKS Flow Simulation

Проведене дослідження процесу нагріву паливного фільтру отримана у програмі SOLIDWORKS Flow Simulation дозволило наглядно визначити конструктивно-технологічні параметри індукційного нагрівача. А саме, оптимальні параметри індукційного нагрівача ZVS: потужність 1000 Вт, індуктор спірального типу діаметр витків 90 мм. діаметр прутка індуктора 8 мм. діаметр витків індуктора 90 мм. Більша потужність призведе до місцевого перегріву палива коло стінок фільтра вище 240 °C (температура самозаймання дизельного пального), а нижча призведе до збільшення часу нагрівання. Індуктор варто розміщувати на висоті 1/3 від верхньої площини фільтру.



Результати досліджень визначення часу нагріву пального у фільтрі паливної системи дизельного двигуна у програмі SOLIDWORKS Flow Simulation.

Показники	Максимальні значення	Мінімальні значення
Густина (Рідина) [кг/м <sup>3</sup> ]	850	850
Густина (Твердий) [кг/м <sup>3</sup> ]	7874.00	7874.00
Тиск [МПа]	0.30	0.30
Температура [°C]	-15.02	252.55
Температура (рідина) [°C]	-15.02	250.15
Температура (корпус) [°C]	4.22	352.55
Швидкість зсуву [м/с]	0	0.335
Зсувний напружений струмінь [1/с]	2.302e-04	308.003
Розподілена сила [МПа]	0.30	0.30
Конкретна теплоємність (Твердий) [Дж/(кг·К)]	436.2	597.6
Адіабатична температура рідини [°C]	4.22	350.15
Потік тепла [Вт/м <sup>2</sup> ]	160.982	642.299
Коефіцієнт теплопередачі [Вт/м <sup>2</sup> /К]	0.012	3892.361
Потік випромінювання [Вт/м <sup>2</sup> ]	326.904	689.7548
Потік випромінювання (тепловий) [Вт/м <sup>2</sup> ]	326.904	689.754

#### 4.2 Результати лабораторних досліджень процесу нагріву паливної суміші у фільтрі дизельного палива.

Мета лабораторних досліджень полягає у визначенні оптимальних параметрів роботи індукційного нагрівача в умовах низьких температур (від -15°C до 10°C) використано модернізований стенд для ремонту паливної апаратури КИ-22205 з електронним блоком керування, до якого приєднаний індукційний нагрівач ZVS 2000 W 50 A з індуктором у вигляді мідної котушки та лабораторного блоку живлення RXN-305 D Рис. 4.7.

Порядок виконання лабораторних досліджень. Паливний фільтр 16 заповнюють паливом і заморожують до температури не вище  $-19^{\circ}\text{C}$ , а пальне для тстенду у ємкості  $-15^{\circ}\text{C}$ . Приєднують паливний фільтр 16 до паливопроводів низького тиску 6 і 7, а паливо вливають у паливний бак стенду КИ-22205 (на рисунку не показаний). Поміщаємо паливний фільтр в індуктор 18. Вмикаємо лабораторний блок живлення RXN-305 D 19, та за допомогою регулювальних ручок виставляємо робочу напругу індукційного нагрівача ZVS в 24 В. Регулюємо досліджувальний діапазон струму (6 А).



Рис. 4.7 Стенд для дослідження роботи паливної системи ДВЗ в умовах низьких температур: 1 - стенд КИ-22205; 2 - електронний блок керування; 3 - кронштейн кріплення ПНВТ; 4 - муфта валу приводу; 5 - ПНВТ; 6 - вхідний паливопровід подачі пального з термоізоляцією; 7 - паливопровід подачі пального до ПНВТ з термоізоляцією; 8 - паливопровід зливу надлишкового пального; 9 - паливопроводи високого тиску; 10 – форсунки; 11 - мірні мензурки; 12 - тумблери вмикання подачі палива до форсунок; 13 - маховик зміни обертів привідного валу; 14 - кнопки приводу стенового насосу; 15 - кнопки приводу стенду; 16 - паливний фільтр; 17 - індукційний нагрівач ZVS; 18 – індуктор;

19 - лабораторний блок живлення RXN-305 D; 20 - пірометр (-50 +380 °C) WALCOM HT-822.

Засікаємо секундомір та слідкуємо за температурою корпусу за допомогою пірометра WALCOM HT-822, коли температура корпусу фільтра піднесеться до -10 °C записуємо покази секундоміра та вмикаємо подачу палива на стенді. Після чого, засікаємо час, який необхідний для підвищення температури палива на штуцері під'єднання до 0°C. Зливаємо пальне, тоді заморожуємо фільтр і пальне до температур описаних вище. Такі досліди проводимо знову, змінюючи струм на регуляторі лабораторного блоку живлення 18.

Для дослідження використовувались зразки:

– літнє дизельне пальне з вимірними характеристиками: густина 810 кг/м<sup>3</sup>. температура помутніння -5 °C, температура застигання – 10 °C.

– біодизель на основі ріпакова олія 50% + гас 50%, густина 855 кг/м<sup>3</sup>. температура помутніння -3 °C, температура застигання – 7 °C.

Дослідження проводили в 5 повторів. Для досліджень використали паливні фільтри: Mahle KL75 і FC-0200S.

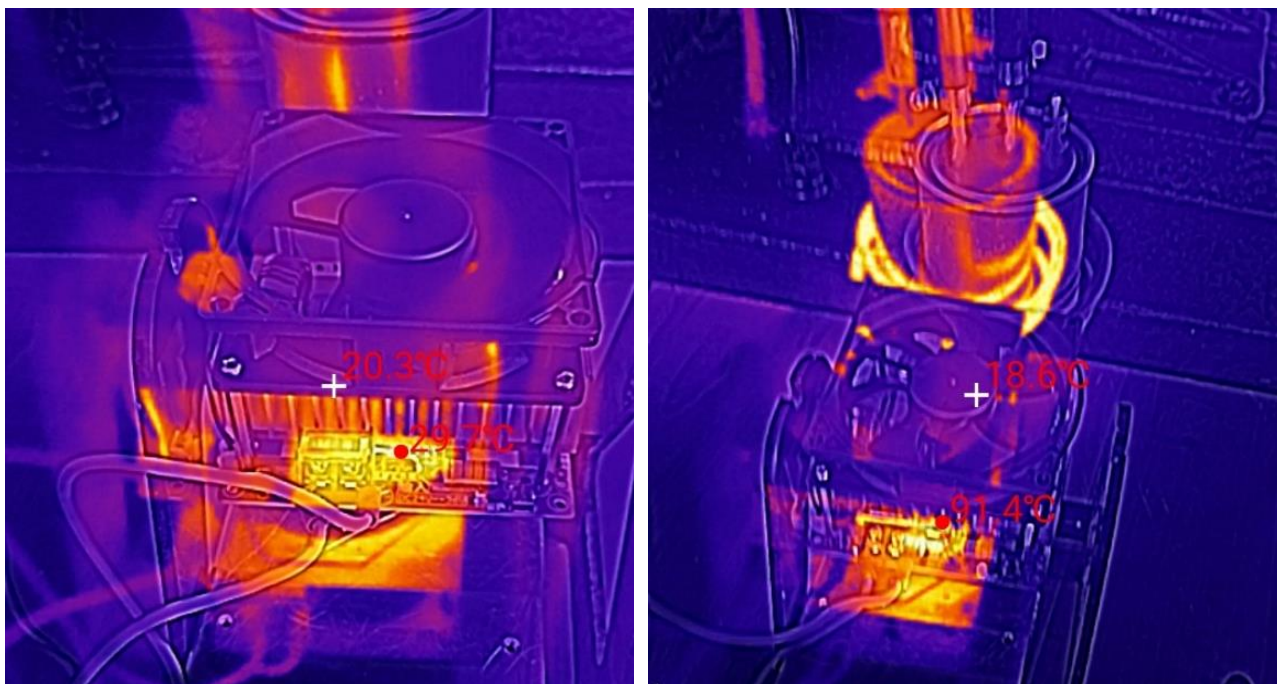


Рис. 4.8 Робочий процес нагріву фільтра знятий за допомогою ІЧ-камера та програми InfiRay.

Результати досліджень визначення часу нагріву паливних фільтрів дизельних двигунів індукційний нагрівачем ZVS потужністю 1000 Вт.

Тип пального	Початкова температура фільтра, °С	Кінцева температура фільтра, °С	Середній час нагріву, с.				Відхилення у %	
			У програмі SOLIDWORKS Flow Simulation		Лабораторні дослідження		Паливний фільтр	
			Паливний фільтр		Паливний фільтр			
			Mahle KL75	FC-0200S	Mahle KL75	FC-0200S	Mahle KL75	FC-0200S
ДП літнє	-15	0	137	158	131	153	+4,6	+3,3
Біодизель (ріпакова олія 50% + Гас 50%)	-15	0	136	165	132	160	+3,0	+3,1

#### 4.3 Висновки по розділу.

Результати досліджень доводять, що використання індукційних нагрівачів, для підігріву дизельного пального в системі живлення в умовах низьких температур цілком можливе. У порівнянні з підігрівачами стрічкового типу час нагріву, яких становить 3-5 хв., індукційні нагрівачі ефективніші в 2-3 рази.

Оптимальні параметри індукційного нагрівача ZVS: потужність 1000 Вт, індуктор спірального типу діаметр витків 90 мм. діаметр прутка індуктора 8 мм. діаметр витків індуктора 90 мм. Індуктор варто розміщувати на висоті 1/3 від верхньої площини фільтру.

Необхідний час нагріву досліджених паливних фільтрів з дизельним паливом становить Mahle KL75 – 131 с., FC-0200S – 153 с.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Мікроклімат виробничих приміщень.

#### 5.1.1 Визначення параметрів мікроклімату.

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища виробничого приміщення, який визначається поєднаними діями на організм людини, температури, вологості, швидкості руху повітря та теплових випромінювань.

Отже, основними параметрами мікроклімату є: температура, відносна вологість, швидкість переміщення повітря та інтенсивність теплового випромінювання.

Для того, щоб фізіологічні процеси в організмі людини відбувалися нормально, тепло, що виділяється організмом, повинне повністю відводитися у навколишнє середовище. Порушення теплового балансу може призвести до перегрівання або до переохолодження організму людини і, зрештою, до втрати працездатності, втрати свідомості та до теплової смерті. Величина тепловиділення організмом людини залежить від ступеня фізичного напруження за певних кліматичних умов і складає від 85 (у стані спокою) до 500 Дж/с (важка робота).

Нормальне теплове самопочуття має місце, коли тепловиділення ( $Q_{\text{ТВ}}$ ) організму людини повністю сприймаються навколишнім середовищем ( $Q_{\text{ТН}}$ ), тобто коли має місце тепловий баланс ( $Q_{\text{ТВ}} = Q_{\text{ТН}}$ ). У цьому випадку температура внутрішніх органів залишається постійною на рівні 36,6 °С.

Організм людини здатний підтримувати квазістійку температуру тіла при достатньо широких коливаннях параметрів навколишнього середовища. Так, тіло людини зберігає температуру близько 36,6 °С при коливаннях навколишньої температури від -40 °С до +40 °С. При цьому температура окремих ділянок шкіри та внутрішніх органів може бути від 24 °С до 37,1 °С.

Найбільш інтенсивні обмінні процеси відбуваються в печінці – її температура – 38,0...38,5 °С. Існує добовий біоритм температури шкіри: максимальна (37,0...37,1 °С) о 16.00...19.00, мінімальна (36,0...36,2 °С) о 2.00...4.00 за місцевим часом.

Теплообмін між людиною та навколишнім середовищем здійснюється конвекцією внаслідок обтікання тіла повітрям, теплопровідністю через одяг, випромінюванням на оточуючі поверхні та в процесі тепломасообміну при випаровуванні вологи, котра виводиться на поверхню потовими залозами і при диханні.

Теплообмін випромінюванням відбувається за допомогою електромагнітних хвиль між тілами, розділеними прозорим середовищем. Теплова енергія, перетворюючись на поверхні гарячого тіла у променисту, передається на холодну, де знову перетворюється у теплову.

Кількість тепла, що віддається в оточуюче середовище з поверхні тіла при випаровуванні поту, залежить не лише від температури повітря та інтенсивності роботи, що виконується людиною, але й від швидкості руху оточуючого повітря та його відносної вологості.

Легенева вентиляція – це об'єм повітря, що вдихується людиною за одиницю часу. Вона визначається, як добуток об'єму повітря, що вдихується за один вдих, на число циклів дихання за секунду.

Кількість тепла, що виділяється людиною з повітрям, котре видихається, залежить від її фізичного навантаження, вологості повітря, температури оточуючого повітря.

На механізм теплообміну впливають параметри мікроклімату. Так, тепловіддача конвекцією залежить від температури навколишнього повітря, його вологості та швидкості переміщення повітря на робочих місцях або в робочій зоні. Теплота, яка віддається навколишньому середовищу випаровуванням, залежить від відносної вологості та швидкості руху повітря, а якщо ж вона віддається випромінюванням – від температури навколишніх предметів та устаткування. Якщо температура тіла людини вища за температуру навколишнього середовища, то теплота випромінювання віддається від людини навколишньому середовищу, а за більш високих температур навколишніх предметів та устаткування теплообмін випромінюванням іде в зворотному напрямку – від навколишніх предметів (устаткування) до людини.

### 5.1.2 Вплив параметрів мікроклімату на самопочуття людини.

Для того щоб фізіологічні процеси в організмі людини проходили нормально, температура його тіла повинна бути постійною (незмінною). Надлишкова теплота, яка виділяється організмом людини в процесі праці, повинна відводитись у навколишнє середовище. Співвідношення між кількістю цієї теплоти та охолоджуючою здатністю навколишнього середовища зумовлює тепловий комфорт. У разі відхилення параметрів мікроклімату від комфортних в організмі людини відбуваються процеси, спрямовані на терморегуляцію. Вони відбуваються під контролем центральної нервової системи і забезпечують рівновагу між організмом людини та навколишнім середовищем. Розрізняють хімічну та фізичну терморегуляцію. Значне відхилення параметрів мікроклімату від оптимальних або допустимих може спричинитися до ряду фізіологічних порушень в організмі людини, до різкого зниження її працездатності і навіть до професійних захворювань.

Зниження температури навколишнього середовища за всіх інших однакових умов призводить до зростання тепловіддачі шляхом конвекції та випромінювання і може зумовити переохолодження організму. Підвищення швидкості руху повітря погіршує самопочуття, оскільки сприяє підсиленню конвективного теплообміну та процесу тепловіддачі при випаровуванні поту.

При підвищенні температури повітря мають місце зворотні явища. При температурі повітря понад 30 °C працездатність людини починає падати. За такої високої температури практично все тепло, що виділяється, віддається у навколишнє середовище при випаровуванні поту. При підвищенні вологості піт не випаровується, а стікає краплинами з поверхні шкіри.

Недостатня вологість призводить до інтенсивного випаровування вологи зі слизових оболонок, їх пересихання та розтріскування, забруднення хвороботворними мікробами.

Вода та солі, котрі виносяться з організму людини з потом, повинні замінюватися, оскільки їх втрата призводить до згущення крові та порушення діяльності серцево-судинної системи.

Зневоднення організму на 6% викликає порушення розумової діяльності, зниження гостроти зору. Зневоднення на 15...20% призводить до смертельного наслідку.

Втрата солі позбавляє кров здатності утримувати воду, що викликає порушення діяльності серцево-судинної системи. За високої температури повітря та при дефіциті води в організмі посилено витрачаються вуглеводи, жири, руйнуються білки.

Для відновлення водяного балансу рекомендується вживати підсолену (0,5%  $NaCl$ ) воду (4...5 л на людину за зміну).

Тривалий вплив високої температури у поєднанні зі значною вологістю може призвести до накопичення теплоти в організмі і до гіпертермії – стану, при котрому температура тіла піднімається до 38...40 °C. При гіпертермії, як наслідок, тепловому ударі спостерігається головний біль, запаморочення, загальна слабкість, спотворення кольорового сприйняття, сухість у роті, нудота, блювання, потовиділення. Пульс та частота дихання прискорюється, в крові зростає вміст азоту та молочної кислоти. Спостерігається блідість, посиніння шкіри, зіниці розширені, часом виникають судоми, втрата свідомості.

За зниженої температури, значної рухомості та вологості повітря виникає переохолодження організму (гіпотермія). На початковому етапі впливу помірного холоду спостерігається зниження частоти дихання, збільшення об'єму вдиху. За тривалого впливу холоду дихання стає неритмічним, частота та об'єм вдиху зростають, змінюється вуглеводний обмін. З'являється м'язове тремтіння, при котрому зовнішня робота не виконується і вся енергія тремтіння перетворюється в теплову. Це дозволяє протягом деякого часу затримувати зниження температури внутрішніх органів.

Вологість повітря зумовлюється вмістом у ньому водяної пари. Відносна вологість  $B$  - це відношення абсолютної вологості  $A$  до максимальної  $M$  :

Абсолютна вологість - це маса водяної пари, яка міститься в даний момент у повітрі.



Максимальна вологість повітря - максимально можливий вміст водяної пари в повітрі за даної температури.

Підвищення вологості повітря (понад 75%) у поєднанні з низькими температурами значно впливає на охолодження, а в поєднанні з високими температурами сприяє перегріву організму.

Людина починає відчувати рух повітря за швидкості 0,1 м/с. Незначне переміщення повітря за звичайних температур сприяє доброму самопочуттю. Великі швидкості повітря, особливо за низьких температур, збільшують теплові втрати організму та сприяють сильному його охолодженню.

Теплові випромінювання від нагрітих предметів та устаткування значно впливають на створення несприятливих мікрокліматичних умов у виробничих приміщеннях. Крім того, теплові (інфрачервоні) випромінювання також впливають на організм людини. Ефективність такого впливу залежить від густини потоку енергії інфрачервоних випромінювань, довжини хвилі, тривалості і зони (області) впливу. Останній може бути загальним і локальним.

У разі тривалого перебування людини в зоні теплового випромінювання підвищується температура тіла та діяльність серцево-судинної системи органів дихання, потовиділення, відбувається втрата потрібних організмові солей, вітамінів, погіршується харчування тканин організму. Енергія випромінювання, як і безпосередній контакт з нагрітими до високих температур предметами, устаткуванням, матеріалами та виробами (кондукція) можуть викликати теплові опіки.

Небезпека теплового впливу на організм людини оцінюється густиною потоку енергії інфрачервоних випромінювань. Повітря для інфрачервоних випромінювань теплопрозоре. Інтенсивність теплового опромінювання людини від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсоляції на постійних і непостійних робочих місцях не повинна перевищувати 35 Вт/м<sup>2</sup> у разі опромінення 50% поверхні тіла і 70 Вт/м<sup>2</sup> - у разі опромінення від 25 до 50% та 100 Вт/м<sup>2</sup> - у випадку опромінення до 25% поверхні тіла.

Інтенсивність теплового опромінювання працюючих від відкритих джерел (нагрітий метал, скло, —відкрител полум'я тощо) не повинна

перевищувати  $140 \text{ Вт/м}^2$ , при цьому опроміненню не повинно підлягати більше 25% поверхні тіла, і обов'язковим є використання засобів захисту обличчя та очей.

За наявності теплового опромінювання температура повітря не повинна перевищувати наведених в табл.1 верхніх меж оптимальних значень для теплового періоду року; на непостійних робочих місцях - верхніх меж допустимих значень для постійних робочих місць.

Крім цих основних параметрів мікроклімату, слід враховувати атмосферний тиск, який впливає на парціальний тиск основних складових повітря (кисню та азоту, наприклад) і впливати таким чином на процес дихання людини. Життєдіяльність людини може відбуватися в широкому діапазоні змін тиску. Але для здоров'я людини небезпечна швидка зміна тиску відносно нормального значення. Тоді це викликає хворобливе відчуття.

Водночас є спеціальні види робіт (кесонні, наприклад), при виконанні яких атмосферний тиск нормується.

У випадку дії на повітряне середовище радіоактивного, рентгенівського та ультрафіолетового випромінювань, при термодіагностичній, фотодіагностичній та інших технологічних процесах, в залах електронно-обчислювальних машин (ЕОМ), в приміщеннях з дисплеями та інших випадках необхідно контролювати іонізацію повітря робочої зони. Іонізація повітря - це процес перетворення нейтральних атомів і молекул повітряного середовища в електрично заряджені іони (частки).

Санітарно-гігієнічними нормами СН 2152-80 регламентуються кількість іонів позитивної та негативної полярності в  $1 \text{ см}^3$  повітрі. Так, мінімально необхідна кількість іонів позитивної полярності повинна бути не менш як 400, а негативної - 600; оптимальна кількість іонів позитивної полярності - 1500...3000; негативної полярності - 3000...5000; максимально допустима кількість іонів кожної з полярностей - 50000. Відхилення кількості іонів в повітрі робочої зони від указаних норм створює загрозу здоров'я працюючих.

### 5.1.3 Нормування параметрів мікроклімату.

Параметри мікроклімату нормуються ДСН 3.3.6.042-99. Норми на оптимальні та допустимі значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря встановлюються для робочої зони (робочого місця) виробничих приміщань залежно від періоду року та категорії робіт, що виконуються. Крім того, допустимі значення температури повітря, встановлені диференційно, як для постійних, так і непостійних робочих місць (табл. 4.1).

Робоча зона - це простір, обмежений по висоті 2 м над рівнем підлоги або площадки, на якій знаходяться місця постійного та непостійного (тимчасового) перебування працюючих.

*Розмежування категорії робіт за тяжкістю* проходить на основі загальних енерговитрат організму.

Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень залежать також від періоду року (холодного та теплого).

Холодний період року характеризується середньодобовою температурою зовнішнього повітря  $+10^{\circ}\text{C}$  і нижче. Теплий період року - температурою понад  $+10^{\circ}\text{C}$ .

Середню температуру зовнішнього повітря визначають за вимірами, проведеними у визначені години доби через рівні інтервали часу. Вони беруться за даними метеорологічної служби.

**Таблиця 5.1**

#### Категорії робіт за ступенем важкості

Характер роботи	Категорія роботи	Загальні енерговитрати організму, Вт (ккал/год)	Характеристика робіт
Легкі роботи	<i>Ia</i>	105-140 (90-120)	Роботи, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження
	<i>Iб</i>	141-175 (121-150)	Роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням,

Характер роботи	Категорія роботи	Загальні енерговитрати організму, Вт (ккал/год)	Характеристика робіт
			та супроводжуються деяким фізичним напруженням
Роботи середньої важкості	<i>IIa</i>	176-232 (151-200)	Роботи, пов'язані з ходінням, переміщенням дрібних (до 1 кг) виробів або предметів в положенні стоячи або сидячи, і потребують певного фізичного напруження.
	<i>IIб</i>	232-290 (201-250)	Роботи, що виконуються стоячи, пов'язані з ходінням, переміщенням невеликих (до 10 кг) вантажів, та супроводжуються помірним фізичним напруженням.
Важкі роботи	<i>III</i>	291-349 (251-300)	Роботи, пов'язані з постійним переміщенням, перенесенням значних дрібних (понад 10 кг) вантажів, які потребують великих фізичних зусиль.

У кабінах, на пультах та постах керування технологічними процесами, у приміщеннях обчислювальної техніки та інших виробничих приміщеннях при виконанні робіт, зв'язаних з нервово-емоційними навантаженнями, слід дотримуватись оптимальних значень температури повітря 22...24°C, відносної вологості 40...60% та швидкості переміщення повітря не більш як 0,1 м/с.

Перелік інших виробничих приміщень, де треба дотримуватись оптимальних параметрів мікроклімату, визначається за погодженням а органами санітарного нагляду.

При санітарно-гігієнічному нормуванні умов мікроклімату відповідно нормативу ДСН 3.3.6.042-99 виділяють два періоду року: теплий

(середньодобова температура зовнішнього середовища вище  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  і холодний (середньодобова температура зовнішнього середовища не перевищує  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

*Оптимальні мікрокліматичні умови* — поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та системному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності.

Оптимальні умови мікроклімату встановлюються для постійних робочих місць. Показники температури повітря в робочій зоні по висоті та горизонталі на протязі робочої зміни не повинні виходити за межі нормованих величин оптимальної температури для даної категорії робіт.

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля) технологічного обладнання (екрани і т. ін.) зовнішніх поверхонь технологічного устаткування, огорожувальних конструкцій не повинна виходити більш ніж на  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  за межі оптимальних температур повітря для даної категорії робіт.

При виконанні робіт операторського типу, пов'язаних з нервово емоційним напруженням в кабінетах, пультах і постах керування технологічними процесами, в кімнатах з обчислювальною технікою та інших приміщеннях повинні дотримуватися оптимальні умови мікроклімату (температура повітря  $22\text{-}24\text{ }^{\circ}\text{C}$ , відносна вологість  $60\text{-}40\%$ , швидкість руху повітря не більш  $0,1\text{ м/с}$ ).

*Допустимі мікрокліматичні умови* — поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому не виникає ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепло відчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Допустимі параметри мікрокліматичних умов встановлюються у випадках, коли на робочих місцях не можна забезпечити оптимальні величини

мікроклімату за технологічними вимогами виробництва, технічною недосяжністю та економічно обґрунтованою недоцільністю.

Величини показників допустимих мікрокліматичних умов встановлюються для постійних і непостійних робочих місць.

## **5.2. Заходи безпеки при технічних обслуговуваннях і ремонті автомобілів.**

Кожен водій, який бере участь в роботі з технічного обслуговування або ремонту автомобіля, повинен пройти інструктаж щодо заходів безпеки. Вимоги техніки безпеки при обслуговуванні та ремонті складаються головним чином в правильній організації робочого місця, оснащення його необхідними пристроями та інструментом, що забезпечують безпечну роботу.

Постановку автомобіля на пост обслуговування необхідно проводити на малій швидкості. Поставлену на пост машину слід загальмувати стоянковим гальмом і включити нижчу передачу. Перед з'їздом з поста треба переконатися, що під машиною немає людей, що залишилися неприбраними інструментів або інших предметів, що перешкоджають руху.

Піднімаючи машину домкратом або талью, не можна працювати під вивішений машиною без міцних спеціальних підставок. Працюючи під машиною, не можна складати інструмент і деталі на раму, підніжки та інші місця, звідки вони можуть впасти на працюючих.

Переносні лампи повинні харчуватися напругою не вище 24В.

Необхідно суворо дотримуватися правил користування монтажним інструментом. Не допускається застосування сильно зношених або невідповідного розміру ключів, а також іншого інструменту з несправною або неправильно заправленою робочою частиною, зламаними або погано насадженими ручками.

При користуванні стисненим повітрям для обдування деталей струмін повітря треба направляти від себе; накачуючи повітря в шини, зняті з машини, поміщати колеса в спеціальний захисний кожух.

Забороняється проводити операції технічного обслуговування машин при працюючому двигуні, крім випадків регулювання двигуна і перевірки гідропідсилювача рульового управління і гальм.

При обслуговуванні машини на підйомнику необхідно зміцнювати на механізмі управління підйомником табличку з написом: «Не чіпати - під машиною працюють люди».

Якщо зняття окремих агрегатів і деталей пов'язане з великою фізичним навантаженням або іншими труднощами, то повинні застосовуватися пристосування (знімачі), що забезпечують безпеку цієї роботи.

При роботі з основним технологічним обладнанням необхідно дотримуватися таких правил.

До роботи на установках, що мають електродвигуни з живленням від електромереж, допускаються особи, які пройшли спеціальний інструктаж але техніці електробезпеки. Перед початком роботи в першу чергу необхідно перевірити надійність і справність захисного заземлення. Забороняються ремонтні роботи і дотик струмоведучих частин при включеному електродвигуні. Весь електрифікований інструмент повинен бути обов'язково заземлений.

Забороняється розбирати вузли і агрегати при наявності стисненого повітря в резервуарах, пускати в роботу обладнання без огороження обертових частин, перебувати під знятим агрегатом, застосовувати подовжувачі на рукоятці плунжерного насоса гідропреса, працювати несправним слюсарним інструментом. Після слюсарних робіт пил і стружку з робочих місць змитати тільки щіткою. Забороняється здувати стружку стисненим повітрям або забирати її голими руками.

### **5.3. Заходи безпеки при роботі з нафтопродуктами.**

Перед початком роботи. Одягнути і упорядкувати спецодягу.

Підготувати робоче місце до безпечної роботи. Перевірити освітлення, чи добре освітлюються стенди. Перевірити роботу стендів. Якщо виявлено несправність, то повідомити про це майстра і до усунення несправностей до роботи не приступати.

Під час роботи.

Тривала дія нафтопродуктів впливає на організм людини, тому при попаданні палива на шкіру, його потрібно терміново змивати.

Деталі паливної апаратури необхідно мити у ванні волосяними щітками, кистями. Під час мийки необхідно надягати фартух із маслобензостійкого матеріалу.

Приміщення відділення повинно мати висоту не менше 3,2м, надійно діючу механічну приплинно - Витяжну вентиляцію.

Обладнання, станки та стелажі повинні бути розташовані так, щоб було зручно і безпечно на них працювати. Ширина проходу у дільниці повинна бути не менша за 1м.

Обладнання, пристрої та інструменти необхідно систематично протирати від пилу, палива і оливи бавовняно-бумажною тканиною. Не дозволяється на станках для розбирання та складання класти вузли і деталі, які просочені паливом.

Для ремонту паливної апаратури інструменти повинні відповідати розмірам і формі і знаходитися у справному стані.

Все обладнання, яке включене до електромережі, повинно бути заземлено, а всі зовнішні частини, які обертаються, повинні мати загороду.

Включення стендів і приладів і робота на них дозволяються тільки робітникам, які мають спеціальну підготовку.

Сторонні особи не повинні знаходитися у приміщенні дільниці.

7.12 Палити біля дільниці категорично заборонено.

#### **5.4. Техніка безпеки під час використання системи підігріву дизельного пального.**

Під час використання необхідно дотримуватися заходів безпеки. Забороняється встановлення підігрівника на спеціальні транспортні засоби, які призначені для перевезення небезпечних вантажів. Під час монтажу обладнання забороняється прокладати паливопроводи всередині салону або кабіни автомобіля. Автомобіль, обладнаний підігрівником, повинен мати вогнегасник

Підігрівник забороняється використовувати у тих місцях, де можуть утворюватися легкозапальні пари і гази або велика кількість пилу.



Забороняється експлуатувати підігрівник у закритих непровітрюваних приміщеннях. Під час заправлення автомобіля паливом, підігрівник повинен бути вимкнений. Під час проведення електрозварювальних робіт на автомобілі або ремонтних робіт на підігрівнику необхідно відімкнути його від акумуляторної батареї.

Під час монтажу і демонтажу підігрівника повинні дотримуватись заходи безпеки, передбачені правилами проведення робіт з електричною мережею, паливною і рідинною системами автомобіля.

До виконання робіт на контрольно-випробувальних стендах, спеціалізованих установках і приладах допускаються особи, які пройшли спеціальне навчання. Перед роботою на спеціалізованому обладнанні робітник повинен пройти інструктаж з техніки безпеки.

Всі контрольно-випробувальні стенди і спеціалізовані установки обов'язково заземлюють. Підключення стендів і установок до електричної мережі живлення дозволяється проводити тільки через штепсельні з'єднання, що мають заземлюючий контакт. Якщо працюючий відчує хоча б слабку дію електричного струму, стенд негайно відключається від мережі і подальша робота на ньому ведеться тільки після усунення несправності.

На всіх робочих місцях обов'язково повинні бути вивішені правила техніки безпеки стосовно до виконуваних робіт.

### **5.5. Висновки по розділу.**

Безпека життєдіяльності на виробництві відіграє важливу роль у плануванні і організації роботи на підприємствах сільського господарства. Адже їх діяльність несе за собою потенційну небезпеку для персоналу, який задіяний на цих роботах.

Тому у цьому розділі розглянуто такі питання, як мікроклімат виробничих приміщень, загальні принципи оздоровлення повітряного середовища. Також У цьому розділі подано заходи безпеки при технічних обслуговуваннях і ремонті автомобілів, заходи безпеки при роботі з нафтопродуктами та техніка безпеки під час використання системи підігріву.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Використання технічних засобів для полегшення запуску двигунів має низку обґрунтованих переваг:

1. Підвищення надійності та стабільності роботи двигуна. Використання спеціальних систем і пристроїв дозволяє запускати двигун навіть при низьких температурах, що забезпечує надійність його роботи, особливо в холодну пору року.

2. Зменшення зносу та збереження ресурсу. Полегшення запуску двигуна дозволить уникнути підвищеного зносу компонентів, що збільшує термін служби автомобіля.

3. Зменшення токсичності викидів відпрацьованих газів.

4. Ефективний запуск двигуна сприяє швидкому досягненню оптимальної температури та зниженню викидів шкідливих речовин в атмосферу.

5. Економія пального. Завдяки швидкому запуску двигуна не потрібно довго розігрівати автомобіль на холоді, що зменшує витрати пального.

За результатами теоретичних досліджень встановлено.

1. Сумарний розхід енергії на підігрів циклового об'єму пального ( $V_{qц}=28$  мм<sup>3</sup>/цикл) та при температурі навколишнього середовища ( $t = -15$  °С.) становить:  $Q_{п}=5,09$  Дж.
2. Витрата теплової енергії на плавлення кристалів палива у підігрівачі об'ємом  $V_p$  при цій же температурі становить:
  - для літнього дизельного пального, що знаходиться у паливному фільтрі Mahle KL75  $Q_{п}=67861,5$  Дж.
  - для біодизеля (ріпакова олія 50% + Гас 50%), що знаходиться у паливному фільтрі Mahle KL75  $Q_{п}=69403,8$  Дж.
3. Час нагріву пального у фільтрі паливної системи дизельного двигуна становить:
  - для літнього дизельного пального, що знаходиться у паливний фільтрі Mahle KL75  $T= 131$  секунди.
  - для біодизеля (ріпакова олія 50% + Гас 50%), що знаходиться у паливний фільтрі Mahle KL75  $T= 154$  секунди.

Проведений патентний пошук дозволив узагальнити відомі технічні рішення для підігріву пального для дизельних двигунів. Опрацьовано позитивні сторони і недоліки прототипів. Внаслідок цього, окреслено оптимальні параметри пристрою для підігріву пального.

Запропоноване технічне рішення захищено патентом України на корисну модель № 152799.

Подано будову і принцип роботи індукційного нагріву системи підігріву пального дизельних двигунів.

Результати досліджень доводять, що використання індукційних нагрівачів, для підігріву дизельного пального в системі живлення в умовах низьких температур цілком можливе. У порівнянні з підігрівачами стрічкового типу час нагріву, яких становить 3-5 хв., індукційні нагрівачі ефективніші в 2-3 рази.

Оптимальні параметри індукційного нагрівача ZVS: потужність 1000 Вт, індуктор спірального типу діаметр витків 90 мм. діаметр прутка індуктора 8 мм. діаметр витків індуктора 90 мм. Індуктор варто розміщувати на висоті 1/3 від верхньої площини фільтру.

Необхідний час нагріву досліджених паливних фільтрів з дизельним паливом становить Mahle KL75 – 131 с., FC-0200S – 153 с.

У розділі Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях розглянуто такі питання, як мікроклімат виробничих приміщень, загальні принципи оздоровлення повітряного середовища. Також У цьому розділі подано заходи безпеки при технічних обслуговуваннях і ремонті автомобілів, заходи безпеки при роботі з нафтопродуктами та техніка безпеки під час використання системи підігріву.

**БІБЛІОГРАФІЯ**

1. Сітовський О.П. Деркач В.Л. Визначення впливу передпускового підігріву на характеристику роботи двигуна з підвищеними обертами холостого ходу. Наукові нотатки. ЛНТУ, 2014. Вип. 44. С. 282–285.
2. Сітовський О.Ф. Дослідження паливної економічності автомобіля при пуску холодного двигуна і його прогріві під час руху автомобіля. Наукові нотатки. ЛНТУ, 2011. Вип. 35. С. 166–170.
3. Шипунов М.В. Аналіз способів запуску автомобільних дизельних двигунів внутрішнього згоряння в умовах низьких температур. Зб. наук. праць (галузеве машинобудування, будівництво) Полтава : ПолтНТУ, 2013. Вип. 1 (36). т. 2. С. 156–165.
4. Olmeda P et al. Experimental investigation on RCCI heat transfer in a light-duty diesel engine with different fuels: Comparison versus conventional diesel combustion. *Applied Thermal Engineering*. 2018;114:424-436. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2018.08.082
5. DelVescovo DA, Kokjohn SL, Reitz RD. A methodology for studying the relationship between heat release profile and fuel stratification in advanced compression ignition engines. *Frontiers in Mechanical Engineering*. 2020;6:424-436. ISSN: 2297-3079. DOI: 10.3389/fmech.2020.000283.
6. Antonio García JB, Vicente Boronat JM. An investigation on the particulate number and size distributions over the whole engine map from an optimized combustion strategy combining RCCI and dual-fuel diesel-gasoline. *Energy Conversion and Management*. 2017;140:98-108. DOI: 10.1016/j.enconman.2017.02.0734.
7. Kesime U, Pazouki K, Murphy A, Chrysanthou A. Biofuel as alternative shipping fuel: Technological, environmental and economic assessment. *Sustainable Energy & Fuels*. 2019. DOI: 10.1039/C8SE00466H5.
8. Elkelawy M et al. A comprehensive review on the effects of diesel/biofuel blends with nanofluid additives on compression ignition engine by response surface methodology. *Energy Conversion and Management*. 2022;X14:100177. ISSN: 2590-1745. DOI: 10.1016/j.ecmx.2021.100177. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S25901745210010216>.

9. Reşitoğlu IA et al. In: Viskup R, editor. Diesel and Gasoline Engines. Intechopen; 2020. DOI: 10.5772/intechopen.75259
10. Li J et al. A review on combustion characteristics of ammonia as a carbon-free fuel. *Frontiers in Energy Research*. 2021;9. ISSN: 2296-598X. DOI: 10.3389/fenrg.2021.760356. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2021.7603568>.
11. Lynch P, Tao M, Yang Q, Zhao P. Auto-ignition and reaction front dynamics in mixtures with temperature and concentration stratification. *Sec. Engine and Automotive Engineering*. 6, 2020. DOI: 10.3389/fmech.2020.00068
12. García A, Monsalve-Serrano J, Villalta RLSD. Performance of a conventional diesel aftertreatment system used in a medium-duty multi-cylinder dual-mode dual-fuel engine. *Energy Conversion and Management*. 2019;184:327-337. DOI: 10.1016/j.enconman.2019.01.069
13. Vasudev A et al. Thermo-kinetic multi-zone modelling of low temperature combustion engines. *Progress in Energy and Combustion Science*. 2022;91:100998. ISSN: 0360-1285. DOI: 10.1016/j.pecs.2022.100998. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360128522000077>
14. Лук'янченко О.Ю., Лук'янченко Ю.О. Системний аналіз факторів впливу на успіх пуску двигунів внутрішнього згоряння в умовах низьких температур. Новітні шляхи створення, експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів. Миколаїв: ТОВ «МІПРО», 2018. С.38 – 40.
15. Zöldy M (2019) Investigation of correlation between Diesel fuel cold operability and standardized cold flow properties. *Periodica Polytech Transp Eng*
16. Морозов В.П., Хитров А.В. Вплив режимів пуску та прогрівання на роботу дизелів. *Світлотехніка та теплоенергетика*. 2011. №4. С. 72–74.
17. Y. Kassem, Berk Aktuğ, Effects of storage period on kinematic viscosity and density of biodiesel and its blends with ultra-low-sulfur diesel fuel at constant storage temperature. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Effects-of-storage-period-on-kinematic-viscosity-of-Kassem-Aktu%C4%9F/7d717740f2fc5e479b9ba2f9105d3e2d4c1aed4c>
18. ДСТУ 7688:2015 Паливо дизельне Євро. Технічні умови

19. Підігрів паливного фільтра бандаж 85-100мм ДК арт. DK-85100 URL: <https://prom.ua/ua/p1557349576-podogrev-toplivnogo-filtra.html>
20. Проточний нагрівач дизельного палива ЕПТ 150С. URL: <https://prom.ua/ua/p1601715809-protchnyj-podogrevatel-dizelnogo.html>
21. Підігрівач дизельного палива ЭПДТ-150-04 URL: <https://prom.ua/ua/p1601716050-podogrevatel-dizelnogo-topliva.html>
22. Свічка розжарення Nissan Patrol 2,8 TD NGK CZ51 URL: <https://prom.ua/ua/p1635423114-svecha-nakala-nissan.html>
23. Електрофакельний підігрівач ЕФП-8101500 URL: <https://prom.ua/ua/p176026581-elektrofakelnyj-podogrevatel-efp.html>
24. Волков В.П., Грицук І.В., Гутаревич Ю.Ф., Александров В.Д. Системи прогріву двигунів внутрішнього згорання: основи функціонування. Харків: ЛАНДОН-XXI, 2015. 314 с.
25. Підігрівач рідини для передпускового обігріву двигуна Cummins ISF 2.8 URL: <https://prom.ua/ua/p1599733089-podogrevatel-zhidkosti-ohlazhdayuschej.html>
26. Pavol Daučík, Jozef Višňovský, Jozef Ambro, Elena Hájeková. Temperature Dependence of the Viscosity of Hydrocarbon Fractions, Acta Chimica Slovaca, Vol.1, No. 1, 2008, 43 – 57
27. Пат. 152974, МПК (2023.01) F02N 19/04 (2010.01) F01B 27/00. Підігрівник палива дизельного двигуна внутрішнього згорання. № у 2022 04024, заяв. 26.10.2022; опубл. 03.05.2023, Бюл. № 18.
28. Пат. 119695, МПК (2017.01) F01B 27/00, F02N 7/00. Пристрій для полегшеного запуску холодних дизельних двигунів. № у 201701178, заяв. 09.02.2017; 10.10.2017, Бюл. № 19
29. Пат. 133207, МПК F02N 19/04 (2010.01). Передпусковий підігрівач дизельного пального автомобільної техніки. № у 201810659, заяв. 29.10.2018; 25.03.2019, Бюл. № 6.
30. Пат. 85290, МПК F04D 29/54 (2006.01). Передпусковий підігрівач дизельного пального автомобільної техніки. № у 2013 07776, заяв. 19.06.2013; 11.11.2013, Бюл. № 21.

31. № 152799, модель МПК (2006) F01B 27/00, F02N 7/00. Система підігріву біодизельного пального Подане 19.09.2022 р. Опубліковане 12.04.2023 р, бюлетень. № 15.
32. Фльонц І.В. Стенд для дослідження роботи паливної системи двз в умовах низьких температур, «Сталий розвиток аграрної сфери: інженерно-економічне забезпечення», матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції. Запоріжжя: ФО-П Однорог Т.В., 2023. С. 252-254.
33. Фльонц І.В. результати досліджень дослідження роботи паливної системи двз в умовах низьких температур. Проблеми та перспективи розвитку науки, освіти та технологій в Україні та світі: зб. наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Бережани, 15 листопада 2023 р.). Бережани: ВСП «Бережанський фаховий коледж НУБіП України», 2022. 500 с.
34. Таблиця визначення густини нафтопродуктів від зміни температури URL: [https://tdhim.ru/wp-content/uploads/2011/12/opred\\_plotnosti-oil.jpg](https://tdhim.ru/wp-content/uploads/2011/12/opred_plotnosti-oil.jpg).

## ДОДАТКИ



УКРАЇНА

(19) UA (11) 152799 (13) U  
 (51) МПК (2023.01)  
 F01B 27/00  
 F02N 7/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ  
 ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ  
 "УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
 ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
 ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2022 03450          (22) Дата подання заявки: 19.09.2022          (24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 13.04.2023          (46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 12.04.2023, Бюл.№ 15</p>	<p>(72) Винахідник(и):          Фльонц Ігор Володимирович (UA),          Фурдей Василь Володимирович (UA),          Логуш Іван Володимирович (UA),          Яциків Мирослав Михайлович (UA),          Леськів Микола Степанович (UA),          Фльонц Володимир Ігорович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володілць):          Фльонц Ігор Володимирович,          вул. П. Мирного, 5, м. Березани,          Тернопільська обл., 47502 (UA)</p>
---	---

## (54) СИСТЕМА ПІДГРІВУ БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО

## (57) Реферат:

Система підігріву біодизельного пального складається з паливного бака, підкачувального насоса, паливопроводів низького тиску, паливного фільтра, паливного насоса високого тиску. В системі додатково встановлені температурні датчики, індукційні нагрівальні елементи з теплоізоляційним матеріалом, модулі індукційного нагріву та блок керування, індукційні нагрівальні елементи являють собою одножильний мідний провід товстого перерізу з отворами під кріплення, який складений вдвоє і залитий композитним матеріалом, що слугує дистанційним діелектричним обмежувачем між двома половинками проводу, а також паливопроводом низького тиску, при цьому індукційні нагрівальні елементи навиваються по спіралі навколо паливопроводів низького тиску, а також паливного фільтра, а зовні на них навитий теплоізоляційний матеріал.

UA 152799 U



UA 152799 U

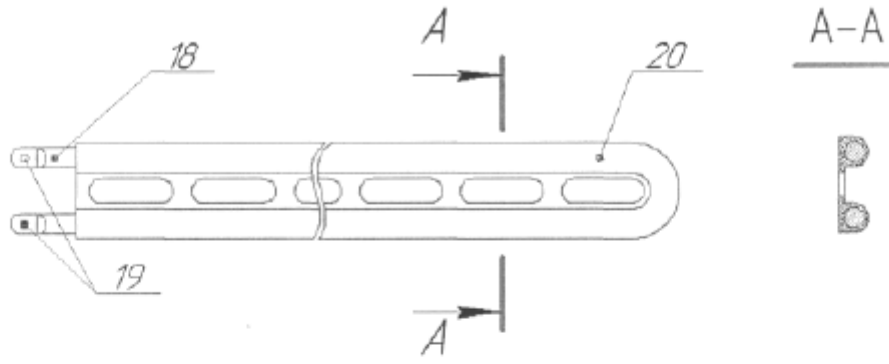


Fig. 2

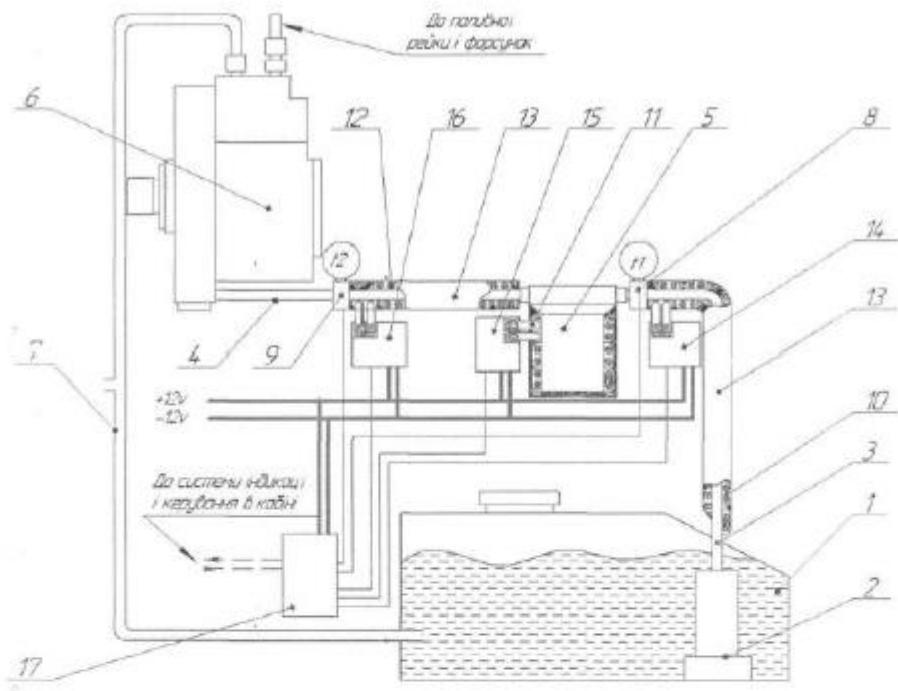
---

Комп'ютерна верстка Л.Бурлак

---

ДО "Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

UA 152799 U



Фіг. 1

## UA 152799 U

Корисна модель належить до галузі машинобудування, зокрема до конструкції двигунів, а саме до допоміжних засобів для запуску і роботи дизельних двигунів, і може бути використана для роботи дизельного двигуна в умовах низьких температур повітря.

5 Як найближчий аналог корисної моделі прийнято автономний комбінований пристрій для підігріву дизельного палива (патент на винахід № 138407, МПК (2019.01) F01B 27/00, F02N 7/00, опубл. 25.11.2019, Бюл.№ 22), що складається з металевого трубчастого корпусу з вмонтованим термоелектронагрівачем, штуцера вхідного і вихідного для подачі і відведення дизельного палива. Додатково пристрій містить спіральний трубопровід, штуцер вхідний для подачі нагрітої рідини із системи охолодження двигуна у спіральний трубопровід і вихідний 10 штуцер для відведення рідини в систему охолодження двигуна.

До недоліків даного пристрою можна віднести: складність процесу керування, що потребує ручного вмикання водієм одного із трьох режимів підігріву, постійне нагрівання палива до температури 85-95 °С охолоджувальною рідиною, що призводить до зменшення його в'язкості і тим самим - до погіршення змазування прецизійних пар в паливному насосі високого тиску і форсунок, що зменшує їх ресурс.

В основу корисної моделі поставлено задачу автоматичного підтримання оптимальної температури біодизельного пального в системі подачі пального від бака до паливного насоса високого тиску, що сприятиме підвищенню надійності і ефективності роботи холодного дизельного двигуна в умовах низьких температур навколишнього середовища.

20 Суть корисної моделі полягає у використанні системи підігріву біодизельного пального, яка містить: блок керування, температурні датчики, модулі індукційного нагріву та індукційних нагрівальних елементів, навитих по спіралі навколо паливопроводів низького тиску і паливного фільтра в системі живлення дизельного двигуна і призначеної для підігрівання дизельного палива.

25 Поставлена вирішується наступним чином. Система підігріву біодизельного пального (див. фіг. 1) складається з паливного бака 1, підкачувального насоса 2, паливопроводів низького тиску 3, 4, 7, паливного фільтра 5, паливного насоса високого тиску 6 та додатково встановлених температурних датчиків 8, 9, індукційних нагрівальних елементів 10, 11, 12 з теплоізоляційним матеріалом 13, модулів індукційного нагріву 14, 15, 16 та блока керування 17. Індукційні нагрівальні елементи 10, 11, 12 являють собою одножильний мідний провід 18 товстого перерізу з отворами під кріплення 19 (див. фіг. 2), який складений вдвоє і залитий композитним матеріалом 20, що слугує дистанційним діелектричним обмежувачем між двома половинками проводу, а також паливопроводом низького тиску. При цьому індукційні нагрівальні елементи навиваються по спіралі навколо паливопроводів низького тиску 3, 4 а також паливного фільтра 5, а зовні на них навитий теплоізоляційний матеріал 13.

30 Система підігріву біодизельного пального (див. фіг. 1) складається з паливного бака 1, підкачувального насоса 2, паливопроводів низького тиску 3, 4, 7, паливного фільтра 5, паливного насоса високого тиску 6, температурних датчиків 8, 9, індукційних нагрівальних елементів 10, 11, 12, теплоізоляційного матеріалу 13, модулів індукційного нагріву 14, 15, 16 і блока керування 17. Індукційні нагрівальні елементи 10, 11, 12 являють собою одножильний мідний провід 18 (див. фіг. 2) товстого перерізу з отворами під кріплення 19, який складений вдвоє і залитий композитним матеріалом 20, що слугує дистанційним діелектричним обмежувачем між двома половинками проводу, а також паливопроводом низького тиску. При цьому індукційні нагрівальні елементи навиваються по спіралі навколо паливопроводів низького тиску 3, 4, а також паливного фільтра 5, а зовні на них навитий теплоізоляційний матеріал 13.

45 Принцип дії наступний: У холодну пору року, перед запуском дизельного двигуна, з кабіни вмикається блок керування 17, який починає опитувати температурні датчики 8 і 9. Якщо температура пального у паливопроводах низького тиску 3 або 4 нижча температури помутніння пального (-5 °С), ці датчики надсилають сигнал, що пальне необхідно нагріти, щоб не засмічувались фільтрувальні елементи паливного фільтра 5 парафіновими вуглеводнями, що починають застигати при цій температурі. Отримавши відповідний сигнал, блок керування 17 подає сигнал до модулів нагріву 14, 15, 16. Кожен із модулів, що отримав сигнал, подасть живлення від електричної мережі транспортного засобу і згенерує струм високої частоти, який протікатиме по замкнутому колу по індукційних нагрівальних елементах 10, 11, 12, внаслідок чого навколо них утворюється змінне магнітне поле. Враховуючи те, що ці індукційні нагрівальні елементи навиті по спіралі навколо паливопроводів низького тиску 3, 4 і паливного фільтра 5, їх металеві частини заходяться у цьому змінному магнітному полі високої частоти і на їх поверхні індукуються електричний струм тієї ж частоти, що і струм в індукційних нагрівальних елементах. Внаслідок цього на поверхневому шарі паливопроводів низького тиску 3, 4 і паливного фільтра 50 виникають вихрові струми, що спричиняють їх нагрівання. Холодне паливо, яке 60

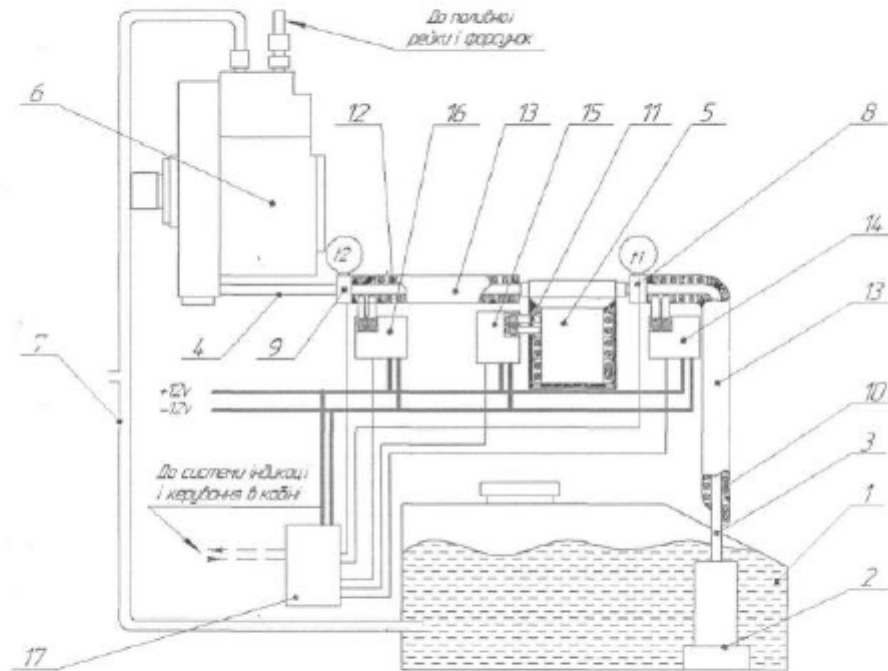
## UA 152799 U

контактуватиме з нагрітими металевими поверхнями паливопроводів низького тиску і паливного фільтра почне нагріватися. Коли температура пального у паливній системі від бака 1 до паливного насоса високого тиску 6 стане вищою на  $10^{\circ}\text{C}$  від температури помутніння пального, температурні датчики 8, 9 відправлять сигнал до блока керування 17 і нагрівання пального припиниться. Коли у процесі роботи дизельного двигуна температура пального знову знижуватиметься нижче  $-5^{\circ}\text{C}$  і це фіксуватимуть температурні датчики 8 і 9, блок керування знову вмикатиме систему нагріву до моменту, коли температура не стане вищою на  $10^{\circ}\text{C}$  від температури помутніння пального.

До переваг системи підігріву біодизельного пального слід віднести просту конструкцію, що дозволить легку модернізацію паливної системи вже існуючих транспортних засобів, швидкість нагріву палива у системі подачі пального до паливного насоса високого тиску у порівнянні з існуючими системами підігріву, простоту керування підігрівом.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Система підігріву біодизельного пального, що складається з паливного бака, підкачувального насоса, паливопроводів низького тиску, паливного фільтра, паливного насоса високого тиску, яка відрізняється тим, що в ній додатково встановлені температурні датчики, індукційні нагрівальні елементи з теплоізоляційним матеріалом, модулі індукційного нагріву та блок керування, індукційні нагрівальні елементи являють собою одножильний мідний провід товстого перерізу з отворами під кріплення, який складений вдвоє і залитий композитним матеріалом, що слугує дистанційним діелектричним обмежувачем між двома половинками проводу, а також паливопроводом низького тиску, при цьому індукційні нагрівальні елементи навіваються по спіралі навколо паливопроводів низького тиску, а також паливного фільтра, а зовні на них навитий теплоізоляційний матеріал.



Фіг. 1