

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна


Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»

Кафедра машинобудування, транспорту і зварювання

Спеціальність 015 Професійна освіта (Транспорт)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТіЗ

 Подоляк О.С.

“12” 10 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

магістранту Віталію ХРАБРИХ
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **Професійна підготовка фахівців транспортної галузі з вдосконалення системи передпускової підготовки авто-тракторних двигунів в умовах низьких температур**

затверджена наказом по академії № 48015/3145 від “12” 10 2024р.

2. Термін здачі магістрантом закінченої роботи “10” грудня 2024р.

3. Розробити рекомендації щодо організації теплової підготовки двигуна СМД-62 з використанням ежектора, парогенератора і направляючого пристрою з раціональними конструктивно-режимними параметрами

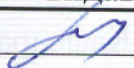
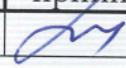
4. Зміст роботи/проекту (перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ; Аналіз стану питання і постановка задач; Розрахунково-теоретичний аналіз; Методика експериментальних досліджень; Методичний розділ; Висновки; Список використаних джерел; Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал):


Презентація основних результатів виконаних досліджень. Роздатковий матеріал

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	
Методичний	Микола ЛАЗАРЄВ			


7. Дата видачі завдання «02» вересня 2020 р.

Керівник роботи


(підпис)

Олег ХОРОШИЛОВ
(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

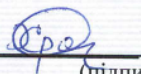

(підпис)

Віталій ХРАБРИХ
(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК
виконання кваліфікаційної роботи
(дипломної роботи/дипломного проекту)

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Аналіз стану питання і постановка задач	10.09.2024	
2	Розрахунково-теоретичний аналіз;	01.10.2024	
3	Методика експериментальних досліджень;	15.10.2024	
4	Методичний розділ	01.11.2024	
5	Оформлення і захист дипломного проекту	10.12.2024	

Студент


(підпис)

Віталій ХРАБРИХ
(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль



Олег ПОДОЛЯК

Додаток 2 до Порядку проведення перевірки наукових праць, навчально-методичних видань та дипломних робіт (проектів) працівників та здобувачів вищої освіти на наявність запозичень з інших документів (нова редакція)

Введено в дію:

наказ ректора № 0204 -1/088 від 27.02.2020 р.

Протокол контролю оригінальності дипломної роботи (проєкту)

Професійна підготовка фахівців транспортної галузі з вдосконалення системи передпускової підготовки авто-тракторних двигунів в умовах низьких температур

(назва роботи)

студента

ХРАБРИХ Віталій Леонідович

(прізвище, ім'я та по батькові)

науковий керівник

Хорошилов Олег Миколайович

(прізвище, ім'я та по батькові)

В результаті перевірки роботи в антиплагиатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com встановлено наступні значення Коефіцієнтів Подібності

Коефіцієнт Подібності 1: 11,01,

Коефіцієнт Подібності 2: 6,00,

Сигнал „Тривога!": – немає; – є, кількість разів у тексті _____.

Вченою радою факультету (навчально-наукового інституту) затверджено наступні показники оригінальності (за значенням коефіцієнту K1):

не більше 20% – оригінальна робота,

від 21% до 50% – задовільно оригінальна робота,

від 51% до 90% – умовно оригінальна робота,

більше 90% – неоригінальна робота.

Відповідно до цього, робота може бути класифікована як:

оригінальна,

задовільно оригінальна,

умовно оригінальна,

неоригінальна.


Висновок:

робота може бути допущена до захисту,

необхідно провести розгляд Повного Звіту Подібності із залученням фахівців із тематики дипломної роботи (проєкту).

Примітки Системного Оператора про виявлені запозичення:

Системний Оператор


(підпис)

Скоркін А.О.

(прізвище та ініціали)

28.11.2024

(дата)

РЕФЕРАТ

Робота викладена на 80 сторінках машинописного тексту, містить 27 рисунків, 16 таблиць і додатків, список використаної літератури включає 19 найменувань.

Метою дослідження є визначити, описати, теоретично обґрунтувати та проаналізувати процес професійної підготовки фахівців транспортної галузі, розробити методичні вказівки до проведення семінару з теми «Шляхи удосконалення засобів теплової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур».

Об'єктом дослідження є процес професійної підготовки фахівців транспортної галузі в закладах вищої освіти.

Предмет дослідження – професійна підготовка фахівців транспортної галузі з вдосконалення системи передпускової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур.

Розроблено математичну модель теплообміну між теплоносієм і агрегатом що обігривається. На основі розрахунково-числових досліджень в сучасних пакетах спеціалізованих програм доведена ефективність запропонованих засобів зниження температури газоповітряної суміші шляхом утворення теплоносія змішаного типу.

Визначено конструктивно-режимні параметри пристрою для формування теплоносія змішаного типу.

Представлені результати лабораторно-польових дослідів і виробничих випробувань засобів теплової підготовки, наведено аналіз процесу теплообміну між теплоносієм і агрегатами мобільної сільськогосподарської техніки.

Ключові слова: мобільна сільськогосподарська техніка, тепла підготовка, термічні пошкодження, об'ємний обігрів, газоповітряна суміш, теплоносій змішаного типу.

ABSTRACT

The work is presented on 80 pages of typewritten text, contains 27 figures, 16 tables and appendices, the list of used literature includes 19 items.

The purpose of the study is to identify, describe, theoretically substantiate and analyze the process of professional training of transport industry specialists, to develop methodological guidelines for conducting a seminar on the topic "Ways to improve means of thermal training of auto-tractor engines in low temperature conditions."

The object of the study is the process of professional training of transport industry specialists in higher education institutions.

The subject of the study is professional training of transport industry specialists in improving the system of pre-start preparation of truck engines in low temperature conditions.

A mathematical model of heat exchange between the coolant and the heated unit has been developed. Based on computational and numerical studies in modern specialized software packages, the effectiveness of the proposed means of reducing the temperature of the gas-air mixture by forming a mixed-type coolant has been proven.

The results of laboratory and field experiments and production tests of thermal preparation equipment are presented, and the analysis of the heat exchange process between the coolant and the units of mobile agricultural machinery is given.

Keywords: mobile agricultural machinery, thermal preparation, thermal damage, volumetric heating, gas-air mixture, mixed-type coolant.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ	9
1.1 Сучасні проблеми транспортної галузі	9
1.2 Особливості професійної підготовки фахівців транспортної галузі	13
Висновки до розділу 1	17
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО – ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПІДВЕДЕННЯ ТЕПЛА ДО АГРЕГАТІВ, ЩО НАГРІВАЮТЬСЯ	18
2.1 Побудова інформаційної моделі	18
2.2 Опис математичної моделі теплообміну	20
2.3 Чисельне дослідження процесу теплової підготовки	31
2.4 Моделювання процесу утворення теплоносія змішаного типу	37
Висновки по розділу II	46
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	47
3.1 Елементи, обладнання, програмне забезпечення для збору та обробки інформації	47
3.2 Методика проведення	58
3.3 Визначення похибок вимірювань	63
РОЗДІЛ 4 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ СЕМІНАРУ НА ТЕМУ «ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ В УМОВАХ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР»	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79

ВСТУП

Серед основних проблем ефективної експлуатації двигунів внутрішнього згорання вагоме місце займає їх передпускова теплова підготовка. Це особливо важливо для забезпечення працездатності транспортних двигунів, працюючих на зрідженому газовому паливі при низьких температурах. Відомо, що особливо складним і небезпечним, з погляду на надійність, є «холодний» пуск, тобто пуск непрогрітого двигуна в умовах низьких температур навколишнього середовища. Особливо складним, пуск є для тих випадків, коли саме після пуску, в умовах експлуатації, здійснюється повне навантаження двигуна транспортного засобу (ТЗ). Також суттєво впливають на забезпечення «холодного» пуску специфічні особливості зрідженого газового палива та конструкції газової паливної апаратури для його подачі у двигун, що є причиною ускладнень при запуску транспортного двигуна, який працює на зрідженому газовому паливі в умовах низьких температур навколишнього середовища. Примусова передпускова теплова підготовка транспортного двигуна до відповідної температури не тільки полегшує його пуск, але і прискорює післяпускове прогрівання, знижуючи знос деталей, а також сприяє зниженню витрати палива на прогрів у післяпусковий період [1, 4].

Для вирішення таких питань потрібні кваліфіковані фахівці відповідної галузі.

Об'єктом дослідження є процес професійної підготовки фахівців транспортної галузі в закладах вищої освіти.

Предмет дослідження – професійна підготовка фахівців транспортної галузі з вдосконалення системи передпускової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур.

Метою дослідження є визначити, описати, теоретично обґрунтувати та проаналізувати процес професійної підготовки фахівців транспортної галузі, розробити методичні вказівки до проведення семінару з теми «Шляхи удосконалення засобів теплової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур».

Завдання дослідження:

1. Проаналізувати актуальність професійної підготовки фахівців транспортної галузі.

2. Теоретично обґрунтувати, розробити методичні вказівки до проведення семінару з теми «Шляхи удосконалення засобів теплової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур».

Для досягнення мети, розв'язання визначених завдань використано комплекс сучасних загальнонаукових і спеціальних методів:

теоретичні: аналіз педагогічної, психологічної, наукової, методичної, технічної літератури з проблеми професійної підготовки фахівців транспортної галузі; для визначення понятійно-категоріального апарату і напрямків магістерського дослідження; структурний аналіз і методи моделювання для розробки методичних вказівок для проведення семінарського заняття.

Наукова новизна полягає в тому, що удосконалено професійну підготовку фахівців транспортної галузі з вдосконалення системи передпускової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур.

Практична цінність роботи полягає в тому, що було розроблено методичні вказівки до проведення семінару з теми «Шляхи удосконалення засобів теплової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур».

Структура та загальний обсяг роботи. Робота складається з української та англійської анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел.

РОЗДІЛ 1

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

1.1. Сучасні проблеми транспортної галузі

Сьогодні до жодної галузі економіки неможливо дістатися без автомобільного транспорту. Одним із найголовніших завдань, що стояли перед автомобільним транспортом до 90-х років, було управління розподіленими плановими показниками організаціями-споживачами, у тому числі у разі пасажирських перевезень у тонах, а також обсягами перевезень у пасажирів та пасажир кілометрах, рішення яких ґрунтувалося на адміністративному командуванні та плануванні з боку вище.

Процес приватизації підприємств вантажного транспорту, подрібнення транспортних ринків, поява приватних компаній і приватних вантажних транспортних засобів залежать від здатності контролювати їх конкурентоспроможність на ринку транспортних послуг. У рамках нинішнього централізованого планування взаємозв'язок між автомобільним транспортом і мережами, що обслуговуються ним, був побудований на централізованій основі. Автотранспортні підприємства були прив'язані вищими організаціями до номенклатури обов'язкових клієнтів та вантажів, а клієнти – до автотранспортних підприємств, які їх обслуговували. Конкуренція була б неможлива за централізованого такого планування. У цьому випадку автотранспортні підприємства без жодних труднощів передали б свої умови своїм клієнтам. Багато автотранспортних підприємств не були зацікавлені в інших умовах обслуговування клієнтів, виконуючи лише операції транспортного процесу.

Автотранспортні підприємства, переглянувши свою комерційну та виробничу діяльність, повинні орієнтуватись на її аналіз, вивчення вимог споживачів та їх задоволення. Характерним аспектом функціонування автотранспортних підприємств є укладання нових господарських договорів із

споживачами, формування ринку транспортних послуг, посилення конкуренції між транспортними підприємствами та іншими видами транспорту. Мережа автомобільного транспорту є одним із секторів, придатних для приватизації. Використання одного або декількох автомобілів наодинці або в команді не складе труднощів у порівнянні з великими підприємствами.

У ході приватизації поділ великих транспортних підприємств на велику кількість малих та середніх підприємств створило конкуренцію між ними. Конкуренція відноситься до взаємодії соціальних суб'єктів в активній конкурентній боротьбі за досягнення однієї мети.

Завдяки конкуренції його учасники відстежують, аналізують дії інших конкурентів з метою перемоги у змаганні та обирають найбільш оптимальні способи досягнення мети залежно від результатів порівняння. Отже, конкуренція призводить до зниження трудовитрат на одиницю товару (послуги), розробки та застосування найбільш досконалих технологій, підвищення якості та зниження собівартості продукції. Для того, щоб виник повноцінний ринок, недостатньо мати лише транспортні підприємства та інтернет-магазини, на додаток до яких мають існувати транспортні лізингові, інформаційні та інші підприємства. Поняття "транспортне обслуговування" не використовувалося під час планування та організації роботи автомобільного транспорту. Тоді цією діяльністю займалася транспортно-експедиційна служба. При цьому, як продукт автомобільного транспорту, розумілося лише транспортування, яке вимірювалося за кілометри на тонну і в перерахунку на тонну. Ці показники вважалися показниками якості транспортного підприємства.

Транспортне обслуговування розуміється як завдання, яке завершує процес матеріального виробництва, а також забезпечує зв'язок із споживачем. Транспортні послуги - це прояв транспортної діяльності із задоволенням споживчих запитів. Послуга відноситься не тільки до операцій, в яких не розбирається транспортування вантажів, а й пов'язана із здійсненням підготовки та транспортування вантажів та не є частиною процесу транспортування.

Наприклад, обгортання, маркування, пакування, зберігання, надання інформації власнику вантажу тощо.

Послуги з перевезення легкових автомобілів включають:

- надання інформації про розклад пасажирських перевезень;
- перевезення ручної поклажі, багажу та пасажирів;
- надання інформації щодо оформлення багажу;
- організація медичного обслуговування пасажирів;
- виконувати роботи з висадки та вивантаження пасажирів з автобусів;
- послуги із зберігання вантажів;
- забезпечити, щоб пасажирів відпочивали під час руху транспорту;
- підготовка вмісту, що переміщається до транспортування;
- транспортно-експедиційні послуги тощо.

Перевезення пасажирів та вантажів є основним видом транспортних послуг. Транспортні роботи виконуються разом із однією чи кількома іншими службами (навантаження, розвантаження, експедиція та інші роботи). У нинішніх умовах потрібно доповнити вищезгадані послуги маркетинговими, комерційними, інформаційними та страховими послугами.

Аналіз поточного досвіду дозволяє класифікувати транспортні послуги таким чином:

- відповідно до їх взаємодії з основною діяльністю транспортних підприємств:
 - чи, відмінні від перевезень та транспортувальних;
 - залежно від типу споживача, що обслуговується: зовнішній (підприємства та організації, які розраховують транспортні підприємства) та внутрішній (автомобільні транспортні мережі, організації та підприємства).
- Прикладом може бути надання транспортних підприємств, транспортних засобів експедиторським підприємствам для побутового обслуговування. Також попит на транспортне обслуговування визначається розвитком інших видів транспорту в регіоні, їхньою взаємодією, рівнем тарифів на різні види транспорту та рівнем обслуговування ними споживачів.

Основний зміст розширення сфери обслуговування у транспортному комплексі транспорту у глобальному масштабі призводить до зниження значущості залізничного та водного транспорту та, відповідно, збільшення значущості автомобільного та повітряного транспорту. Рівень обслуговування споживачів транспортних послуг був із якістю обслуговування. Лише високий рівень якісного сервісу може забезпечити надійний ринок збуту транспортних підприємств. Високий рівень якості та ефективності обслуговування забезпечується матеріально-технічною підтримкою, а також комп'ютерними засобами автозаправок, автовокзалів, головних та проміжних зупинок, складів та контейнерних терміналів, сучасними методами, інформатизацією та керуванням. Діяльність з перевезення повинна ґрунтуватися на вимогах клієнтів. Споживач не зацікавлений у витратах транспортного підприємства. Якість перевезень передбачає швидкість та регулярність доставки пасажирів і вантажів, зручність транспортного засобу, зберігання вантажу під час транспортування, здатність пасажирів максимально швидко дістатися місця призначення за допомогою одного транспорту, не буде надмірного відтворення операції. Дослідження попиту транспортні послуги показало, що споживачі приділяють пріоритетну увагу питанню своєчасної доставки товарів.

1.2. Особливості професійної підготовки фахівців транспортної галузі

Перетворення, що відбуваються у соціально-економічній сфері сучасного суспільства та, зокрема, розвиток ринкових відносин, створили принципово нову ситуацію у галузі вищої освіти. Розширення та якісна зміна сфери діяльності сучасного випускника ЗВО вимагає від навчального закладу не лише значного підвищення якості його освіти, а й розвитку студента як конкурентоспроможної особистості.

Конкурентоспроможність – це інтегральна якість особистості, представляє сукупність ключових компетенцій та ціннісних орієнтацій, що дозволяють даній особистості успішно функціонувати в соціумі та цивілізовано вирішувати проблеми професійного зростання.

Конкуентоспроможність людини у професійній діяльності залежить не тільки від наявності глибоких знань та умінь, а й, насамперед черга, від системи мотивів та ціннісного ставлення до обраної професійної спеціальності.

Формування та розвиток конкурентоспроможної особистості, що володіє сучасними інформаційними та комунікаційними технологіями, безсумнівно, є необхідною компонентою у підготовці до професійної діяльності, у тому числі майбутнього інженера транспорту.

Показниками якісної підготовки сучасного спеціаліста можна прийняти два основні інтегральні критерії:

- кількість часу, необхідну випускнику освітнього установи для адаптації на робочому місці відповідно до своєю спеціальністю;
- кількість «споріднених» (суміжних) спеціальностей, яким випускник може працювати без значних витрат часу та сил на їхнє освоєння.

Тобто майбутні випускники повинні не тільки мати професійними знаннями, вміннями та навичками, але й гнучко реагувати на зміни у суспільстві, що часто відбуваються, вміти мислити системно, бути датним до постійного самоосвіти та розвитку своєї конкурентоспроможності.

Розвитку конкурентоспроможних якостей особистості, які забезпечать продуктивність майбутньої професійної діяльності інженерів транспорту приділяється явно недостатня увага. Причину цього ми бачимо у те, що в процесі підготовки фахівців транспортної галузі спостерігається розрив між теоретичними знаннями та вміннями їх практичного використання, що посилюється швидким старінням методів і засобів професійної діяльності, що вивчаються. Таке становище зумовлює необхідність пошуку нових підходів до розвитку конкурентоспроможності студентів транспортного факультету, здатних до самостійної професійної діяльності, гнучкої адаптації до змінних умов професійного середовища.

Застосування сучасних інформаційних технологій у навчанні – одна з найбільш важливих та стійких тенденцій розвитку світового освітнього процесу. Інформатизація суттєво вплинула на процес набуття знань. Нові технології

навчання на основі інформаційних та комунікаційних дозволяють інтенсифікувати освітній процес, збільшити швидкість сприйняття, розуміння та глибину засвоєння величезних масивів знань.

Сучасні інформаційні технології навчання – це сукупність сучасної комп'ютерної техніки, інструментальних програм та засобів телекомунікаційного зв'язку, що забезпечують інтерактивний програмно-методичний супровід сучасних технологій навчання. Основна мета подібних технологій - формування дослідницьких навичок, вміння працювати з інформацією, розвиток комунікативних здібностей та конкурентоспроможності. Практика доводить доцільність використання інформаційних комп'ютерних технологій під час вивчення як теоретичного, так і практичного матеріалу як засіб наочності. При цьому слід врахувати, що ефективність використання інформаційних комп'ютерних засобів в управлінні навчальним процесом значно підвищується, якщо цей підхід має системний, а не локальний характер, якщо розроблено інформаційно-технологічний інструментарій, що максимально використовує переваги сучасних комп'ютерних технологій.

На наш погляд, освітній процес вишу забезпечить ефективно розвиток конкурентоспроможності майбутніх інженерів транспорту, якщо буде реалізовано наступний комплекс педагогічних умов:

1) формування у студентів професійно-ціннісних орієнтацій шляхом поетапного залучення у професійну діяльність з застосуванням сучасних інформаційних технологій у навчанні (рішення інженерних та інших професійно-орієнтованих завдань);

2) орієнтація освітнього процесу на особистісно-професійний розвиток студента, що передбачає ставлення до студента як до особистості, суб'єкта навчання, професійної діяльності;

3) формування готовності студента до особистісно-професійного самовдосконалення.

Однак статистичні дані говорять про недостатню мобільність випускників інженерів транспорту на ринку праці та низьких темпах впровадження нових

технологій, що опосередковано говорить про недостатню конкурентоспроможності фахівців цього профілю.

У зв'язку з тим, що сучасне суспільство характеризується силами ним впливом на нього інформаційних технологій, які проникають у всі сфери людської діяльності, у тому числі й у сферу автомобільного транспорту України, невід'ємною та важливою частиною цього процесу є комп'ютеризація освіти, що значно підвищує його ефективність.

Практична реалізація комп'ютерних технологій та перехід на наступні етапи інформатизації пов'язані з відбором змісту окремих предметів із метою створення комп'ютерних програм. Програмне забезпечення має відображати діючий навчальний план. Таким чином, однією з провідних науково-методичних проблем у цьому випадку стає створення методології проектування сучасних навчальних (інформаційних) технологій, що мають спеціалізований характер інженерного профілю, що у свою чергу, формує мотиваційно-ціннісне ставлення до майбутньої роботи, розвиває творчий потенціал до професійної діяльності

Впровадження інформаційних технологій, гнучких автоматизованих виробництв, нових організаційних форм праці суттєво змінило вимоги до сучасного спеціаліста автомобільного транспорту. Сьогодні потрібні працівники широкого професійного профілю. Динамічно мінливий ринок праці ускладнює прогнозування професійної кваліфікації та вимагає більшої універсальності професійних функцій спеціалістів. Так, при проектуванні, реконструкції та переоснащення автотранспортних підприємств необхідні нові методи, які дозволяють на основі економічних критеріїв знаходити оптимальні проектні рішення при широкому використанні комп'ютерної техніки для автоматизації процесів проектування, що, у свою чергу, надає суттєвий вплив на показники ефективності технічної роботи служби та автотранспортного підприємства в цілому.

З метою допомогти студентам у освоєнні сучасних методів проектування автотранспортних підприємств щодо дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів», а також при виконанні курсових та дипломних проектів, нами

розроблено програму технологічного розрахунку виробничо-технічної бази в інтегрованому середовищі Delphi.

Розглянемо цю програму з прикладу розрахунку виробничої програми автотранспортного підприємства, що визначає кількість ТО та ТР за запланований період часу (рік, добу) на весь парк автомобілів.

Виходячи з результатів технологічного розрахунку, отримано метод організації робочих місць основного виробництва. Так, для підприємства, що розраховується, доцільно виробляти ТО-1 і ТО-2 на універсальних спеціалізованих постах, а ЕО виконувати на потоковій лінії.

Подібні програми розроблено і для розрахунку трудомісткості технічного обслуговування та ремонту автомобілів, розрахунку чисельності виробничих робітників на автотранспортному підприємстві, розрахунку числа постів та ліній технічного обслуговування та ремонту тощо.

На наш погляд використання таких програмних засобів навчального призначення щодо дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» дозволяє:

- індивідуалізувати та диференціювати процес навчання;
- здійснювати контроль з діагностикою помилок та зі зворотною зв'язком;
- здійснювати самоконтроль та самокорекцію навчальної діяльності;
- вивільнити навчальний час за рахунок виконання комп'ютером трудомістких рутинних обчислювальних робіт;
- візуалізувати навчальну інформацію;
- моделювати та імітувати досліджувані процеси чи явища;
- проводити лабораторні роботи в умовах імітації на комп'ютер реального досвіду або експерименту;
- формувати вміння приймати оптимальне рішення у різних ситуаціях;
- посилити мотивацію навчання;
- формувати культуру пізнавальної діяльності та ін.

Висновки до розділу 1

Таким чином, формування та розвиток конкурентоспроможності майбутніх інженерів транспорту – одна з основних тенденцій розвитку сучасної вищої освіти у світі формуватися та розвиватися, якщо, починаючи з першого курсу і до кінця періоду навчання, викладачі використовуватимуть у навчальному процесі сучасні програмні продукти, показуючи значущість оволодіння та використання комп'ютерної техніки для вирішення професійних завдань при виконанні лабораторних, контрольних, курсових та дипломних робіт.

Необхідна і правильна мотивація має з'явитися в процесі виконання завдань, що відображають майбутню професійну діяльність студентів в галузі автомобільного транспорту повинні будуть мати розвинену конкурентоспроможність, тобто мати гарантовану роботу за своєю спеціальністю та перспективи успішного просування вгору службовими сходами.

РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО - ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПІДВЕДЕННЯ ТЕПЛА ДО АГРЕГАТІВ, ЩО НАГРІВАЮТЬСЯ

2.1 Побудова інформаційної моделі

Математичне моделювання процесу теплової підготовки агрегату доцільно почати з побудови інформаційної моделі досліджуваної системи, яка включала б генератор гарячої газоповітряної суміші (ГПС), пристрій для зміни фізичних властивостей ГПС, направляючий пристрій і обігривається агрегат. (Рисунок 2.1).



Вхідний параметр ГПС: $Q_{ГПС}$, $t_{ГПС}$, $Z_{р ГПС}$, $\lambda_{ГПС}$ - витрата ГПС, температура ГПС, теплоємність ГПС, температуропровідність; X - керовані фактори: $Q_{доб.повітря}$, $Q_{доб.води}$, K - обсяг додаткового повітря, витрата води на випаровування, коефіцієнт, що враховує форму подає устрою; Δ - некеровані фактори: $t_{окр.ср}$ - температура навколишнього середовища, $V_{вітер}$ - швидкість вітру, $\delta U_{пит.}$ - зміна напруги живлення, $\varphi_{пов}$ - відносна вологість повітря; Y - вихідний параметр τ - час теплової підготовки

Рисунок 2.1 - Інформаційна модель процесу розігрівання агрегату

Вхідним фактором в даній інформаційній моделі виступає ГПС, що надходить від генератора гарячих газів з заданими параметрами: $Q_{ГВП}$ - об'ємний витрата ГПС, $t_{ГВП}$ - температура ГПС, $C_{рГВС}$ - теплоємність ГПС, $\lambda_{ГВП}$ - температуропровідність ГПС.

Для ефективного прогріву будь-якого агрегату необхідно забезпечити оптимальні параметри ГПС, для чого можна використовувати ежектор, парогенератор і направляючий пристрій. В результаті до обігрівального агрегату надходить ГПС (теплоносії) з заданими параметрами, що зменшує час теплової підготовки. Вплив на ГПС для освіти теплоносія здійснюється сукупністю незалежних керованих факторів X : $Q_{\text{доб.возд}}$ - обсяг додаткового повітря, що подається за допомогою ежектора, $q_{\text{доб. води}}$ - витрата води, що надійшла з парообразователя в потік ГПС, $V_{\text{нов}}$ - швидкість потоку ГПС в просторі, обмеженому стінкою направляючого пристрою, що визначається формою направляючого пристрою і відстанню між стінками НП і агрегату k .

При формуванні теплоносія необхідно враховувати некеруючі фактори Δ : $V_{\text{вітер}}$ - швидкість вітру, $\delta U_{\text{нім}}$ - зміна напруги мережі живлення обігрівача і пароутворювача, $\phi_{\text{пов}}$ - відносна вологість повітря. Ці некеровані фактори впливають і на агрегат, тому повинні враховуватися і при формуванні і теплоносія і при безпосередньо прогріванні агрегату.

Вихідним параметром Y є τ - час розігріву масла до цільової температури T_c , При якій досягається нормальне функціонування агрегату. При цьому кожен з показників X , Y , Δ розглядається як багатовимірний вектор, кожна з компонент якого змінюється в часі і за величиною в деяких обмежених межах. Так, температури теплоносія під стінами піддону повинні знаходитися в межах $100^\circ \text{C} < T \leq 150^\circ \text{C}$, об'ємна продуктивність обігрівача - $50 \text{ м}^3/\text{годину} \geq Q_{\text{про.}} \geq 30 \text{ м}^3/\text{годину}$. Значення вихідного параметра має перебувати в межах: $\tau_{\text{розігрійте.}} \leq 45$ хв при температурі навколишнього повітря $T_{\text{пов.}} = - 60^\circ \text{C}$, і $\tau_{\text{розігрійте.}} \leq 30$ хв при $T_{\text{пов.}} = - 40^\circ \text{C}$ [17].

Таким чином, при відомих керівничих і вихідних параметрах і інтервалах їх зміни, сукупності випадкових параметрів, представляється можливим перехід до математичного опису процесу об'ємного розігріву масла.

Опис процесу теплообміну між теплоносієм і обігривається агрегатом складається з трьох частин:

5 Формування обтікання потоком теплоносія обігрівального агрегату за

допомогою направляючого пристрою;

6 Процес теплообміну між потоком теплоносія і стінкою обігрівального агрегату;

7 Формування теплоносія змішаного типу із заданими параметрами, шляхом додавання води на випаровування і підмішування зовнішнього холодного повітря в потік ГПС.

Ці завдання невід'ємні частини математичного опис процесу теплообміну між потоком ГПС і агрегатом, тому що від НП залежить розподіл швидкостей потоку ГПС, необхідне для вирішення завдання нестационарного теплообміну між теплоносієм і агрегатом.

Математичний опис процесу тепловіддачі, в свою чергу, виявляє керовані чинники та дає передумови для обґрунтування властивостей теплоносія.

Моделювання процесу обігріву теплоносія змішаного типу дозволяє обумовити режимні та конструктивні параметри пристрою для формування теплоносія змішаного типу в залежності від конструктивних особливостей агрегатів і зовнішніх чинників.

2.2 Опис математичної моделі теплообміну

Прогрів агрегату здійснюється за допомогою ГПС, яка подається в направляючий пристрій. При цьому теплообмін меду потоком гарячої ГПС і холодним агрегатом проводиться в режимі примусової конвенції теплоносія. Розробляється математична модель повинна з досить високою точністю описувати процеси, що відбуваються.

Оскільки основною метою вдосконалення систем теплової підготовки автотракторної техніки є скорочення часу обігріву, то необхідно інтенсифікувати теплообмін між теплоносієм і стінкою обігріваного агрегату. Одним з очевидних способів інтенсифікації теплообміну без збільшення перепаду температури є збільшення швидкості потоку теплоносія. При цьому режим течії ГПС в просторі, обмеженим направляючим пристроєм і стінкою агрегату має високий вплив на інтенсивність теплообміну. Найбільша інтенсивність

спостерігається при турбулентному режимі (Число Рейнольдса $Re > 10^4$).

Для математичного опису застосований феноменологічний метод, де ми приймаємо, що розглянуте середовище є суцільний, а стан середовища характеризуємо тільки макроскопічними параметрами: температурою T , тиском P , значенням швидкості V і її напрямком W . Значення цих чотирьох параметрів імовірно відомі в кожній точці середовища в кожен момент часу. Фізичні властивості ГПС (щільність, теплоємність, в'язкість, теплопровідність) так само вважаємо відомими, як і їх залежність від температури і тиску потоку ГПС.

Стан ГПС при конвективному теплообміні повністю визначено, якщо відомі: поле розподілу температур, поле розподілу тиску і поле розподілу швидкостей. У загальному випадку (для нестационарного, тобто змінюється в часі)

$$\left. \begin{aligned} T &= T(x, y, z, \tau) \\ P &= P(x, y, z, \tau) \\ W &= W(x, y, z, \tau) \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

де x, y, z - декартові координати простору; τ - час.

Для повного математичного опису процесу теплообміну, крім параметрів температури T , швидкості V , і тиску P , що входять в систему рівнянь (2.1), необхідно визначити і інші фізичні параметри ГПС: щільність ρ , питому теплоємність C_p , Динамічну в'язкість μ і теплопровідність λ , які є функціями температури і тиску.

Таким чином, система рівнянь в декартових координатах для ГПС зі змінними фізичними властивостями, що знаходиться в полі сили тяжіння має вигляд:

Гази можна з припущеннями розглядати як стисливу рідину. При теоретичних розрахунках, як правило, використовується модель ідеального газу, що буде справедливо по відношенню до гарячої ГПС [126]. В цьому випадку C_p , λ , μ залежать тільки від температури, $\beta T = 1$. Однак у випадку з потоком ГПС процеси теплообміну і руху газу описуються системою рівнянь для нестисливої рідини, так як в нашому випадку швидкість ГПС, що омиває стінки агрегату $v =$

1,8 ... 2,5 м/с, і число Маха $M \leq 0,3$.

$$\begin{aligned}
 \rho \tilde{N}_s (dT/d\tau) &= (\partial/\partial x)[\lambda(\partial T/\partial x)] + (\partial/\partial y)[\lambda(\partial T/\partial y)] + (\partial/\partial z)[\lambda(\partial T/\partial z)] + \\
 &\beta T (\partial p/\partial \tau) + qV + \mu \phi \\
 \rho (dW_x/d\tau) &= gx(\rho - \rho_0) - \partial px/\partial x + (\partial/\partial x)\{\mu[2(\partial W_x/\partial x) - (\frac{2}{3})\text{div}w]\} + \\
 &+ (\partial/\partial y)[\mu(\partial W_x/\partial y + \partial W_y/\partial x)] + (\partial/\partial z)[\mu(\partial W_x/\partial z + \partial W_z/\partial x)] \\
 \rho (dW_y/d\tau) &= gy(\rho - \rho_0) - \partial px/\partial y + (\partial/\partial x)\{\mu[2(\partial W_y/\partial x) + \partial W_x/\partial y]\} - \\
 &- (\partial/\partial y)\{\mu[2(\partial W_y/\partial y) - (\frac{2}{3})\text{div}w]\} + (\partial/\partial z)[\mu(\partial W_y/\partial z + \partial W_z/\partial y)] \\
 \rho (dW_z/d\tau) &= gz(\rho - \rho_0) - \partial px/\partial z + (\partial/\partial x)[\mu(\partial W_z/\partial x) + \partial W_x/\partial z] + \\
 &+ (\partial/\partial y)[\mu(\partial W_z/\partial y + \partial W_y/\partial z)] + (\partial/\partial z)\{\mu[2(\partial W_z/\partial z) - (\frac{2}{3})\text{div}w]\} \\
 \partial \rho/\partial \tau + \partial(\rho W_x)/\partial x + \partial(\rho W_y)/\partial y + \partial(\rho W_z)/\partial z &= 0
 \end{aligned}$$

де: $\rho = \rho(P, T)$; $C_p = C_p(P, T)$; $\lambda = \lambda(P, T)$; $\mu = \mu(P, T)$;

$$qV = qv(\tau, x, y, z),$$

$$d/d\tau = \partial/\partial \tau + W_x(\partial/\partial x) + W_y(\partial/\partial y) + W_z(\partial/\partial z)$$

$$\begin{aligned}
 \phi &= 2[(\partial W_x/\partial x)^2 + (\partial W_y/\partial y)^2 + (\partial W_z/\partial z)^2] + (\partial W_x/\partial y + \partial W_y/\partial x)^2 + \\
 &+ \partial W_x/\partial z + \partial W_z/\partial x)^2 + \partial W_y/\partial z + \partial W_z/\partial y)^2 - (\frac{2}{3})(\text{div}w)^2
 \end{aligned}$$

(2.22)

Для обігріву потоком гарячих газів справедливі наступні упрощення: в рівнянні енергії можна опустити член $\beta T (\partial p/\partial \tau)$, а в рівняннях руху і в виразі для дисипативної функції покласти, що дивергенція (розсіювання) швидкості W дорівнює нулю ($\text{div}w = 0$).

Так як температура ГПС змінюється незначно (100-200К), то і зміна фізичних параметрів ρ , μ , C_p і λ в процесі обігріву так само невелика. Така як закінчення ГПС відбувається в атмосферу, то і різниця тисків ΔP за обсягом направляючого пристрою незначна. Ці спрощення дозволяють припустити, що ρ , μ , C_p і λ постійні, тобто не залежить від температури T і тиску P .

Після вищезгаданих спрощень системи рівнянь (2.2) набуває вигляду:

$$\left. \begin{aligned}
 \partial T / \partial \tau + W_x(\partial T / \partial x) + W_y(\partial T / \partial y) + W_z(\partial T / \partial z) &= \alpha \nabla^2 T + qv / (PCp) + [\mu / (PCp)] \phi_0 \\
 \partial W_x / \partial \tau + W_x(\partial W_x / \partial x) + W_y(\partial W_x / \partial y) + W_z(\partial W_x / \partial z) &= (-1 / \rho)(\partial p / \partial x) + \nu \nabla^2 W_x \\
 \partial W_y / \partial \tau + W_x(\partial W_y / \partial x) + W_y(\partial W_y / \partial y) + W_z(\partial W_y / \partial z) &= (-1 / \rho)(\partial p / \partial y) + \nu \nabla^2 W_y \\
 \partial W_z / \partial \tau + W_x(\partial W_z / \partial x) + W_y(\partial W_z / \partial y) + W_z(\partial W_z / \partial z) &= (-1 / \rho)(\partial p / \partial z) + \nu \nabla^2 W_z \\
 \partial W_x / \partial x + \partial W_y / \partial y + \partial W_z / \partial z &= 0
 \end{aligned} \right\} \quad (2.3)$$

Для отримання полів швидкості V і тиску P , необхідно моделювання в прикладній програмі Flow Vision. Для цього була побудована тривимірна модель потоку ГПС, що обтікає корпус агрегату і виходить в атмосферу, показана на рисунку 2.2.

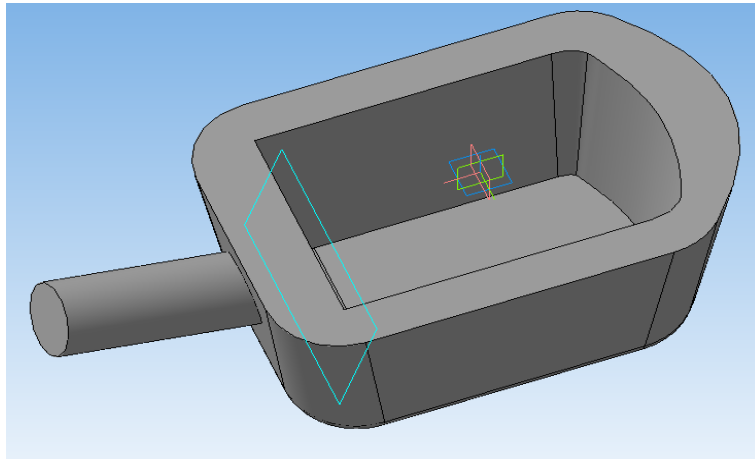


Рисунок 2.2 - Тривимірна твердотільна модель потоку ГПС, що обтікає корпус агрегату і виходить в атмосферу

Далі були задані граничні умови для швидкості. У моделі застосовані наступні типи кордонів: стінка, вхід і вихід. Стінку вважаємо непроникною, тому нормальна v_n і тангенціальна v_τ складові швидкості потоку теплоносія v на стінці дорівнюють нулю. На вході задається масова швидкість потоку теплоносія v_m . Швидкість задається по нормалі. Для розрахунку приймаємо, що нормаль поверхні спрямована всередину розрахункової області. Таким чином виконуються рівності:

$$v_m = v_n; v_\tau = 0$$

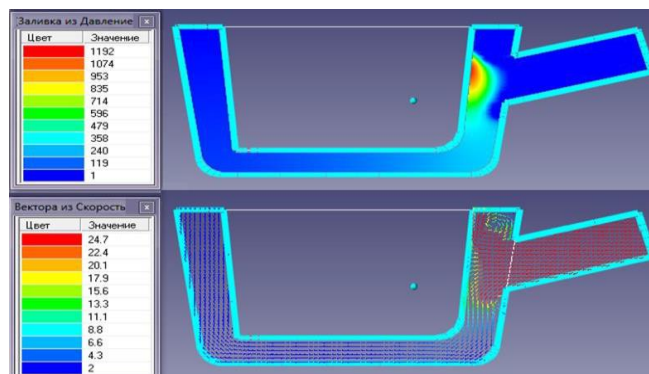
В якості граничного умови виходу теплоносія прийнятий вільний вихід.

Граничною умовою є нульовий тиск, так як вихід теплоносія виробляється в атмосферу [128].

$$P = 0; \Delta (v_i, N) \text{ Im} = 0$$

Для розрахунку полів швидкостей і тисків застосована базова модель «Вимушена конвекція». Відповідно до поставленої задачі необхідно змодельовати протягом гарячої газоповітряної суміші в просторі, обмеженому напрямним пристроєм і стінкою агрегату. Для цього Обрано наступні математична модель і фізичні параметри: Фізична модель = нестислива рідина. В даному випадку будуть вирішуватися рівняння: Швидкість, Турбулентність і Енергія. Це означає, що будуть вирішуватися рівняння Нав'є-Стокса, рівняння переносу турбулентних функцій і рівняння енергії. Далі задаються граничні умови. Розрахунок проводиться в початковий момент часу, коли температура агрегату, направляючого пристрою та навколишнього середовища однакові і рівні мінус 40° С. Результати розрахунку полів швидкостей і тисків наведені на малюнку 2.3.

Так як процес обігріву є нестационарним (температура стінки обігрівального агрегату змінюється в часі), то розподіл температур - (температурне поле) так само змінюється в часі. Моделювання показало, що направляючий пристрій рівномірно розподіляє потік теплоносія по поверхні зовнішньої стінки агрегату. При цьому коливання тиску не перевищують 100 кПа. Це забезпечує високу рівномірність поля швидкостей потоку теплоносія, дозволяє витримувати швидкість потоку в межах 1,5 ... 2,5 м/с.



А - поле тисків P , Па; б - поле швидкостей V , м / с і напрямок векторів швидкостей W

Рисунок 2.3 - результати розрахунку полей швидкостей і тисків на прикладі обігріву масляного піддону двигуна КАМАЗ 740.30

Для визначення теплового потоку Q , Вт від теплоносія до агрегату і від теплоносія до стінок направляючого пристрою застосована формула Ньютона - Рихмана:

$$Q = A \cdot \Delta T \cdot F \quad (2.4)$$

де α - коефіцієнт тепловіддачі, $\alpha = f(w, \rho, \lambda, z_p, M, \beta, g, L, \Phi)$, Вт/(м²·°C);

v - швидкість рідини, м/с;

ρ - щільність рідини, кг/м³;

λ - коефіцієнт теплопровідності теплоносія, Вт/(м·°C);

μ - коефіцієнт динамічної в'язкості теплоносія, м²/с;

z_p - питома масова теплоємність теплоносія, Дж/(кг·°C);

β - коефіцієнт об'ємного розширення теплоносія, К⁻¹;

L - лінійний розмір поверхні обігривається об'єкта,

м; g - прискорення вільного падіння, м/с²;

Φ - геометрична форма тіла;

T - різниця температур між теплоносієм і нагрівальним об'єктом °C;

F - площа активної поверхні агрегату, м².

З формули (2.4) видно, що інтенсифікація теплообміну може бути найбільш ефективно реалізована шляхом збільшення коефіцієнта тепловіддачі від ГВС до агрегату. У разі течії теплоносія між двох пластин коефіцієнт тепловіддачі α , Вт / (м²·°C) визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda_f}{2x} \quad (2.5)$$

де: Nu - критерій Нуссельта;

λ_f - коефіцієнт теплопровідності ГВС, Вт / (м·°C);

x - зазор між пластинами, м.

ГПС є сумішшю продуктів згорання дизельного палива, повітря і води. Для турбулентного режиму течії ГПС критерій Нуссельта Nu – визначається за

формулою:

$$Nu = k_{ce} \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \quad (2.6)$$

де: k_{ce} - коефіцієнт, що враховує склад газової суміші; Pr - число Прандтля, що визначається за формулою :

$$Pr = \frac{\mu}{a_f} \quad (2.7)$$

де: μ - динамічна в'язкість ГВС;

a_f - коефіцієнт температуропровідності, який визначається за формулою:

$$a_f = \frac{\lambda_f}{C_p} \quad (2.8)$$

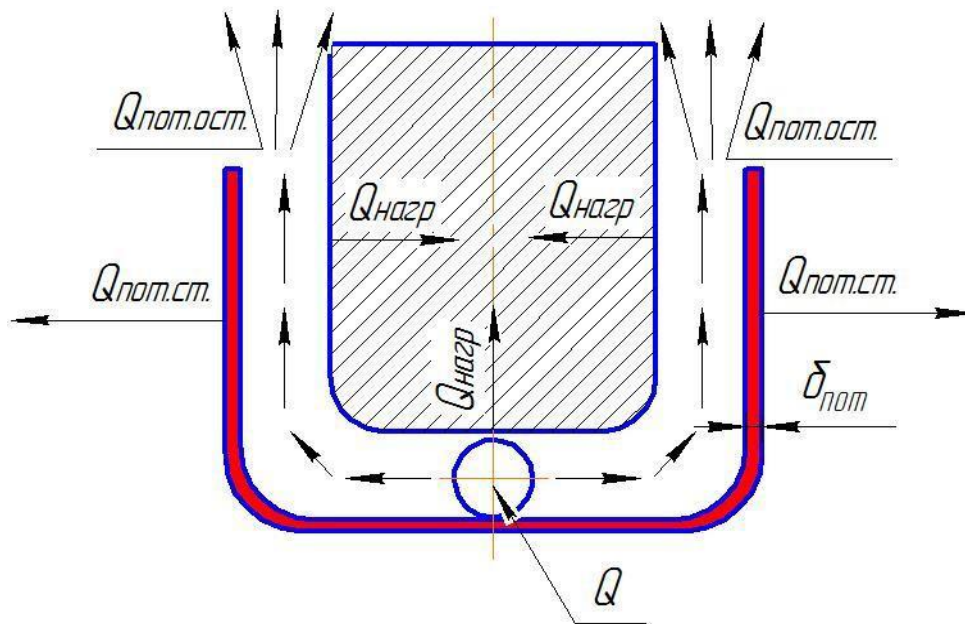
де C_p - об'ємна теплоємність ГПС, Дж / кг · °С.

Таким чином, коефіцієнт тепловіддачі α приймає вигляд:

$$\alpha = k_{ce} \cdot \left(\frac{v \cdot 2x}{\mu} \right)^{0,8} \cdot \left(\frac{\mu \cdot C_p}{\lambda_f} \right)^{0,43} \cdot \frac{\lambda_f}{2x} = k_{ce} \cdot \frac{v^{0,8} \cdot C_p^{0,43} \cdot \lambda^{0,57}}{\mu^{0,37} \cdot (2x)^{0,2}} \quad (2.9)$$

З формули 2.9 видно, що при збільшенні швидкості пропорційно зростає число Рейнольдса Re , що збільшить і коефіцієнт тепловіддачі.

Теплова підготовка є динамічним процесом. На малюнку 2.4 показана теоретична схема передачі тепла від теплоносія до обігривається агрегату в обсязі, обмеженому зовнішньою стінкою агрегату і напрямних пристроєм.



$\delta_{розігр}$ - товщина стінки агрегату; Q - теплота, що підводиться на вхід направляючого пристрою; $Q_{нагр}$ - теплота, використана на нагрівання агрегату (корисна теплота); $Q_{піт. ст}$ - теплота, втрачена через стінки направляючого пристрою в навколишнє середовище; $Q_{піт. ост}$ - втрати теплоти теплоносієм, що виходять з направляючого пристрою в атмосферу

Рисунок 2.4 - Теоретична схема передачі тепла від теплоносія до агрегату, що нагрівається

Рівняння теплового балансу для даного процесу виглядає наступним чином:

$$Q_{обігр} = Q_{нагр} + Q_{втрат} + Q_{піт. ст} \quad (2.10)$$

де: $Q_{обігрує}$ - теплота, що підводиться на вхід направляючого пристрою, Вт;

$Q_{нагр}$ - теплота, використана на нагрівання агрегату (корисна теплота), Вт;

$Q_{піт. ст}$ - теплота, втрачена через стінки направляючого пристрою в навколишнє середовище, Вт, приймаємо рівним нулю за умови виготовлення направляючого пристрою з теплоізоляційних матеріалів;

$Q_{втрат}$ - втрати теплоти теплоносієм, що виходять з направляючого пристрою в атмосферу, Вт.

$$Q_{втрат} = Q_{обігрує} - Q_{нагр} - Q_{піт. ст} \quad (2.11)$$

Звідси

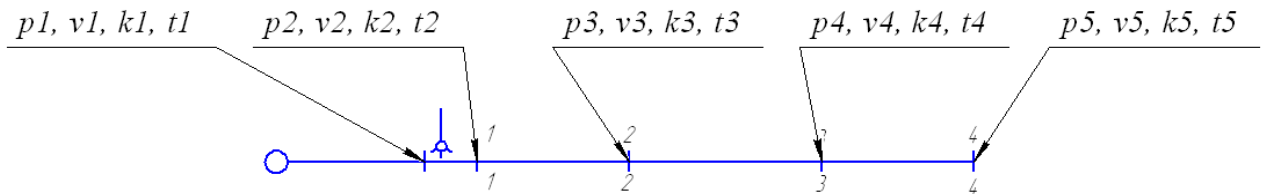
$$Q_{\text{потерь}} = Q_{\text{обогрев}} - \frac{k_{\text{ст}} \cdot v^{0,8} \cdot C_p^{0,43} \cdot \lambda^{0,57}}{\mu^{0,37} \cdot (2x)^{0,2}} \Delta T \cdot F = Q_{\text{обогрев}} - \frac{k_{\text{ст}} \cdot v^{0,8} \cdot C_p^{0,43} \cdot \lambda^{0,57} \cdot F}{\mu^{0,37} \cdot (2x)^{0,2}} \cdot (T_{\text{ГВС}} - T_{\text{возд}})$$

Так як умови контакту ГПС з обігрівальним агрегатом і направляючим пристроєм однакові, то згідно з формулою 2.9 при збільшенні теплоти на вході, зростають втрати через стінку направляючого пристрою, а $Q_{\text{пот.ост}}$ - втрати теплоти теплоносієм, що виходять з направляючого пристрою в атмосферу зростають прямо пропорційно збільшенню швидкості потоку ГПС. Таким чином, для досягнення максимальної ефективності тепловіддачі від ГПС до обігрівального агрегату доцільно вибрати таке значення швидкості, при якому забезпечується турбулентний режим течії потоку ГПС, але при цьому втрати теплоти $Q_{\text{пот.ост}}$ були б мінімальні.

З формули 2.9 так само видно, що коефіцієнт тепловіддачі α зростає при збільшенні теплоємності теплоносія C_p і коефіцієнта температуропровідності λ . Так як процес обігріву нестационарний, то він був розглянутий в часі. Для цього потік гарячих газів, що рухається по трубі, розбитий на елементарні обсяги, які рухаються зі середньоквадратичною швидкістю v , приблизно дорівнює середньому значенню швидкості потоку ГПС в просторі, обмеженому стінкою агрегату і стінкою направляючого пристрою. Для спрощення приймаємо, що елементарний об'єм V рухається від жарової труби по трубопроводу до направляючої пристрою, а від направляючого пристрою - в атмосферу, при цьому обігриваючи об'єкт. Елементарний об'єм V характеризується наступними властивостями: щільністю ρ , швидкістю v , температурою t , співвідношенням концентрацій складових газоповітряної суміші (вуглекислий газ, вода, оксиди азоту, повітря) k , що характеризують його теплоємність C_p (рисунок 2.5). Початкові властивості елементарного об'єму позначимо як ρ_1, v_1, k_1, t_1 .

На кожному з однорідних ділянок шляху елементарний об'єм зазнає певних змін, властиві тільки цій ділянці шляху. На виході з направляючого

пристрою відпрацював елементарний об'єм V_5 викидається в атмосферу, маючи властивості p_5, v_5, k_5, t_5 .



Ділянки потоку ГПС: 1-1 - вихід ГПС з пароутворювача; 2-2 - вихід із вхідного патрубку після пароутворювача; 3-3 - вхід в направляючий пристрій; 4-4 - вихід з направляючого пристрою в атмосферу.

Рисунок 2.5 - Схема шляху елементарного об'єму теплоносія від джерела до атмосфери

Для визначення цих властивостей необхідно вирішити завдання по руху ГПС в часі. Для цього слід вибрати початкові і граничні умови. Для вирішення завдань про рух рідини (газу) і теплообміні шляхом інтегрування основних рівнянь виникає необхідність формулювання ряду умов, які конкретизують завдання. Ці умови відрізняються на початкові і граничні. Початкова умова визначається завданням закону розподілу температур в тілі в початковий момент часу - функції $T(x, y, z)$, Тобто складаються в завданні полів температури, швидкості і тиску у всьому обсязі даної області (в т.ч. і на її кордонах) в початковий момент часу. У багатьох практичних завданнях приймається рівномірний розподіл температури в початковий момент часу:

$$T(x, y, z, 0) = T_H = \text{Const.}$$

Відома початкова температура обігрівального агрегату, що дорівнює температурі навколишнього середовища. Так само можна виміряти температуру теплоносія на виході із засобу теплової підготовки, яка залежить від заданого режиму обігріву і залишається постійною в процесі теплової підготовки. При математичному описі процесу формування властивостей ГПС, з певними припущеннями, ми можемо визначити температуру як на вході в направляючий пристрій, так і безпосередньо під стінами обігрівального агрегату. Стінки

направляючого пристрою мають температуру, рівну температурі навколишнього середовища. Розрахункова схема потоку теплоносія показана на малюнку 2.6

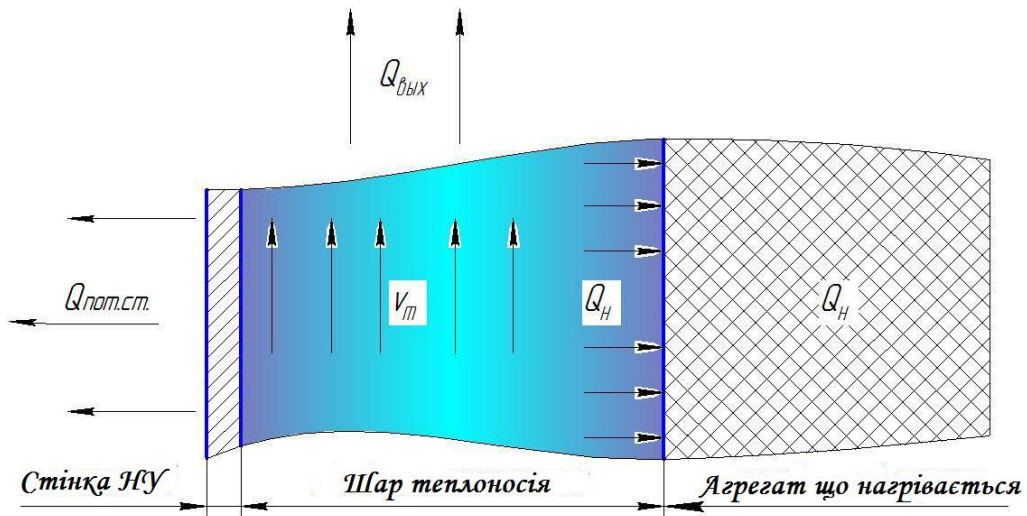
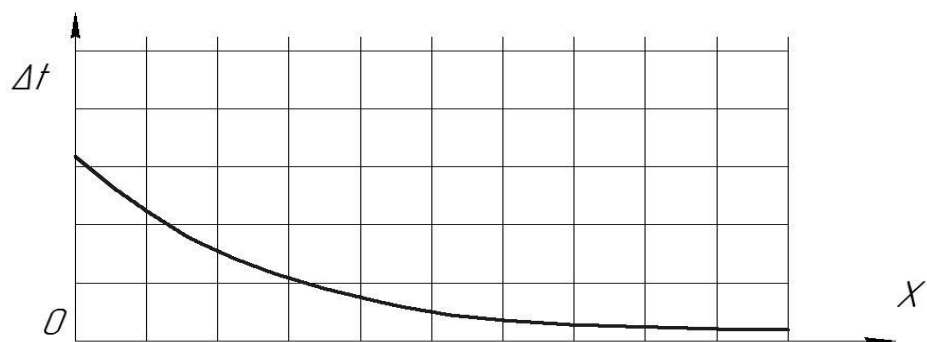


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема потоку теплоносія

Граничні умови зводяться до завдання геометричної форми області, що розглядається, умов руху рідини (газу) і теплообміну на її кордонах (рисунок 2.7). Закономірно, що зі збільшенням довжини поверхні теплообміну вздовж течії потоку (координата X) температурний напір поступово знижується, так як відбувається теплообмін між потоком і омивається стінкою. З рисунка 2.7 видно, що в разі нескінченної довжини стінки, температура потоку теплоносія асимптотично наблизиться до температури стінки.



Δt - температурний напір; x - довжина стінки

Рисунок 2.7 - Графік теплообміну при омивання потоком гарячих газів пластини при вимушеній конвекції

Геометрична форма потоку теплоносія визначається формою корпусу

обігрівального агрегату, формою направляючого пристрою і відстані між корпусом агрегату і напрямних пристроєм. У нашому випадку ці параметри незмінні протягом усього процесу розігріву.

Найбільш застосовними для вирішення поставлених завдань є три роди граничних умови. У разі омивання стінки направляючого пристрою теплоносієм, застосовуємо граничну умову першого роду, яка складається в явному завданні функції розподілу температур на кордоні поверхні твердого тіла, що омивається теплоносієм (рисунок 2.2), коли поверхня тіла володіє постійною температурою протягом всього процесу поширення теплоти.

У початковий момент часу температура стінки НП дорівнює температурі навколишнього середовища, але при подачі теплоносія тонкі стінки прогріваються настільки швидко, що часом прогріву можна знехтувати і НП має постійний розподіл температур. Експериментально встановлено, що температура стінки НП на $100 \dots 130^\circ\text{C}$ в разі неутеплені НП, і приблизно дорівнює температурі теплоносія, в разі термоізолюваного НП. Для опису теплообміну між потоком теплоносія і стінкою НП застосовується гранична умова першого роду (відоме розподіл температур).

$$T_c = T_c(x_c, y_c, z_c, \tau) \quad (2.13)$$

Для спрощення розрахунків нехтуємо часом прогріву стінки направляючого пристрою і впливом зміни температури поверхні, що обігривається агрегату, так як цей вплив малий. В цьому випадку застосовуємо найпростіше положення про потім, що щільність теплового потоку на кордоні стінка-рідина прямо пропорційна різниці температур $T_{cp} - T_n = 0$ [20], тобто.

$$-[\lambda(\partial T / \partial n)]_{n=0} = K'(T_{cp} - T_{n=0}) \quad (2.14)$$

де n - нормаль до межі розділу; K' - коефіцієнт пропорційності, тобто коефіцієнт тепловіддачі між поверхнею стінки і навколишнім середовищем:

Необхідно відзначити, що T_{cp} і K' можуть бути як постійними, так і задані функціями від координат і часу. В рамках поставленої задачі величина T_{cp} є

агрегатів, виявлені закономірності перебігу процесу тепловіддачі, а так само визначені граничні умови для побудови математичної моделі.

2.3 Числові дослідження процесу теплової підготовки

На підставі визначених у попередньому розділі принципів моделювання та параметрів направляючого пристрою, в прикладній програмі «CD Adarco Star ССМ» проведена симуляція процесу обігріву умовного агрегату. Прототипом модельованої системи є піддон картера двигуна СМД-60 трактора Т-150К. Для формування розрахункової області, в прикладній програмі «Solid Works» були побудовані тривимірні твердотільні моделі направляючого пристрою, потоку теплоносія і обігрівального об'єкта і збережений як «Parasolid».

На підставі проведених розрахунків задані фізичні та теплофізичні параметри, присвоєні кордону і задані їх властивості, задані зовнішні умови - температура навколишнього середовища мінус 40° С, початкова температура обігрівального об'єкта мінус 40° С. Ставлячи різні значення температури теплоносія - потоку гарячої ГПС, отримуємо поля розподілу температур як потоку ГПС, так і обігрівується об'єкта, поле розподілу швидкостей потоку ГПС і середню температуру обігрівального об'єкта в фізичному часу. Задана тривалість обігріву склала 45 хвилин (2700 секунд), що відповідає часу теплової підготовки, обумовлених у вимогах до теплової підготовки мобільної техніки.

Дані моделювання показані на малюнку 2.9 і 2.10. Згідно з даними моделювання, швидкість потоку ГПС на зрізі направляючого пристрою близька до значення 2 м/с, що є оптимальним значенням.

На рисунку 2.10 показані поля розподілу температур в обігрівальному об'єкті, потоці ГПС і графік середньої температури обігрівального об'єкта в різні моменти фізичного часу (0, 600, 2000. секунд) при різних температурах ГПС на вході в направляючий пристрій.

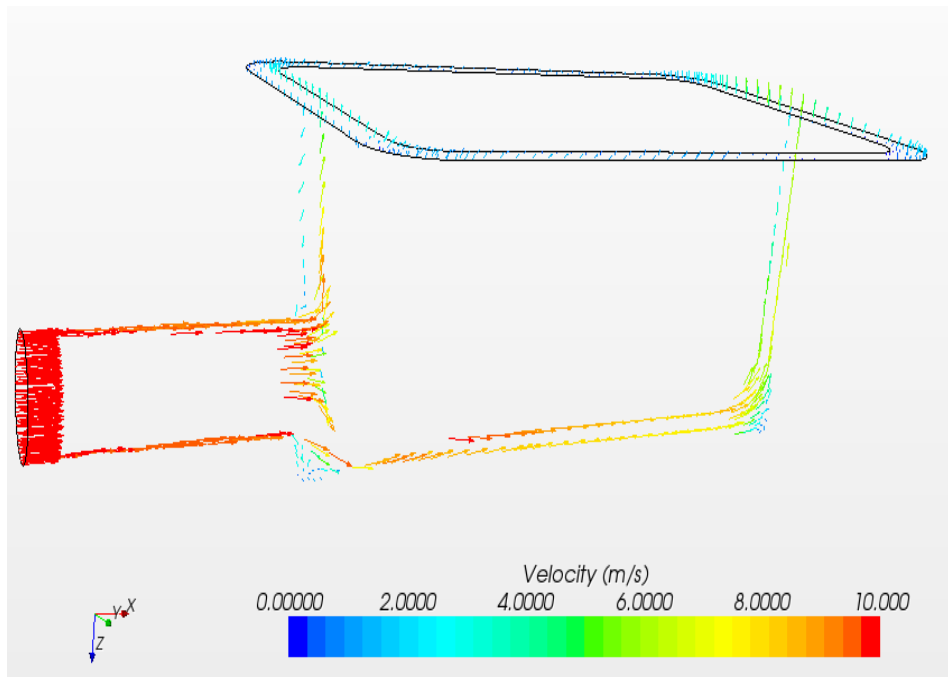


Рисунок 2.9 - Розподіл швидкостей потоку ГПС на вході в направляючий пристрій і на його зрізі у векторному поданні

З поведеної комп'ютерної симуляції видно, що запропонована модель чутлива до зміни температури теплоносія. Так як тепло в нагрівається об'єкті поширюється за рахунок теплопровідності λ (для чавуну теплопровідність λ знаходиться в межах 41 ... 55 В/(м · °С), для масла трансмісійного λ приблизно дорівнює 0,12 Вт/(м · °С), при цьому теплоємність нафтових масел висока - близько 1670 Дж/(кг · °С), при цьому необхідно перевірити ризик локальних перегрівів.

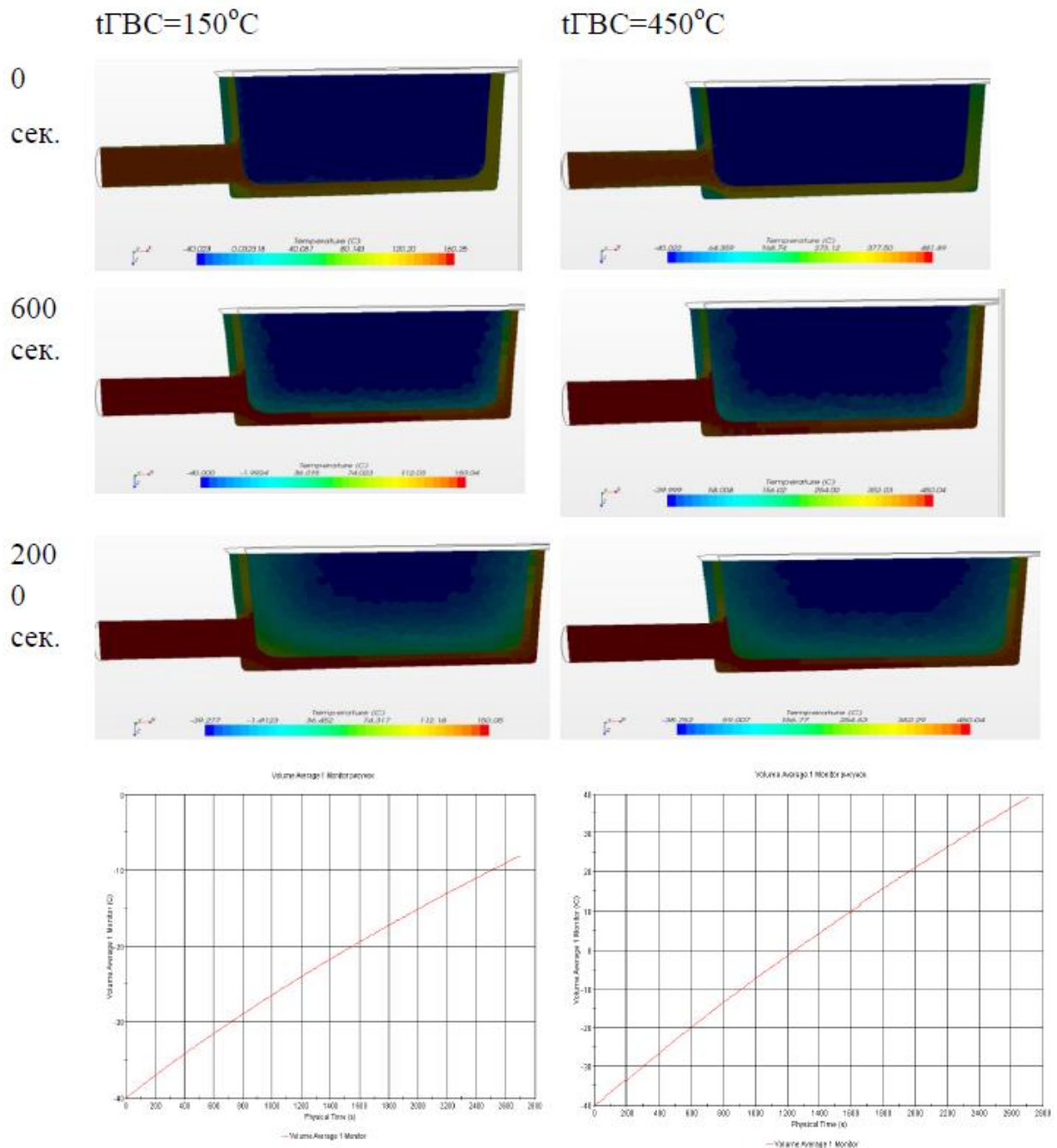


Рисунок 2.10 - Поля розподілу температур в картері дизеля СМД-60 і потоці ГПС з початковою температурою $t_{\text{ГПС}} = 150^{\circ}\text{C}$ в різні моменти часу

На рисунку 2.11 показані результати комп'ютерного моделювання обігріву теплоносієм з температурою 450°C . Зоною локального перегріву можна вважати обсяг, в якому масло прогрілося до температури понад 200°C . При таких температурах відбувається інтенсивне окислення масла, зміна його трибологічних властивостей і утворюються мазеподібні і лакові відкладення на стінках корпусу агрегату [58,73]

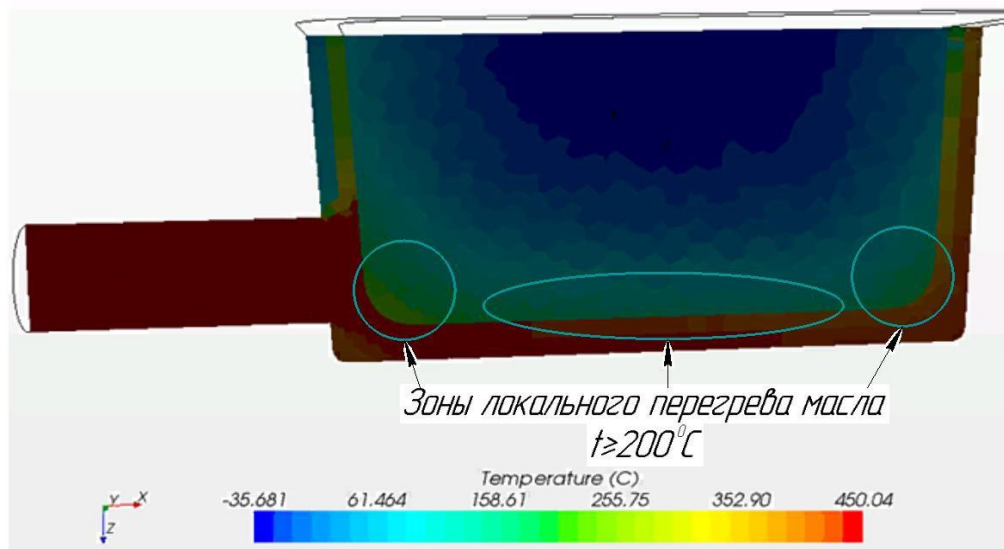


Рисунок 2.11 - Результати комп'ютерного моделювання обігріву агрегату теплоносієм з температурою 450° С

На рисунку 2.11 чітко видно такі зони: вони розташовуються в нижній частині піддона картера двигуна. Отже, необхідно обмежити температуру ГПС на вході в направляючий пристрій до максимально допустимої, що становить 2800С. Для отримання теплоносія з необхідними параметрами застосовані різні способи зниження температури теплоносія: зниженням теплової потужності обігрівача, підмішуванням зовнішнього повітря в потік ГПС за допомогою ежектора, подача пари в потік ГПС, а так само комбінований спосіб - подача пари з одночасним застосуванням ежектора.

Для симуляції зниження температури потоку теплоносія, шляхом використання ежектора, змінюємо параметри на кордоні «Вхід» збільшуємо швидкість потоку у вхідному патрубку направляючого пристрою, виходячи з умови сталості теплової потужності потоку теплоносія.

При зниженні температури теплоносія шляхом додавання води в потік гарячої ГПС, відбувається зниження температури потоку і зміна його теплофізичних властивостей, що дозволяє знизити втрату ефективності теплової підготовки, пов'язану з вимушеним зменшенням температури ГПС. Для додавання пари до потоку ГПС, при моделюванні в вихідній моделі, створюємо на кордоні «Вхід» властивість «вхід для двох речовин» і

встановлюємо співвідношення масових швидкостей потоку ГПС і заданої витрати води на випаровування. У разі спільної дії різних способів зниження температури теплоносія без зменшення теплової потужності, вхідні параметри змінюються так само спільно.

Для порівняння різних складів теплоносія були змодельовані теплоносії з наступними температурами, отримані шляхом прямого зниження температури ГПС зміною режиму роботи генератора ГПС до 400°C і 150°C ; шляхом застосування ежектора (150°C), шляхом застосування ежектора і подачі води з витратою $0,08$ л/хв в потік ГПС (150°C), шляхом подачі води з витратою $0,17$ л/хв в потік ГПС (150°C).

Розрахунок процесу розігріву масла в піддоні картера двигуна СМД - 60 проводився в програмі «CD Adarco Star CCM» для різних складів теплоносія. Початковою температурою обігріву прийнято мінус 400°C . Розрахунок проводився на протязі часу 2600 секунд. Критерієм ефективності вважалося мінімальний час досягнення цільової температури і мінімальна температура теплоносія.

На рисунку 2.12 показаний узагальнений графік зміни середньої температури обігривається об'єкта в фізичному часу, приведений до загальним координатами, з використанням теплоносія з різними теплофізичними властивостями.

З графіка видно, що найбільш ефективним способом зниження температури теплоносія є додавання пара в потік гарячих газів, пі цьому інтенсивність прогріву об'єкта теплоносієм змішаного типу з температурою 150°C , отриманого шляхом подачі $0,17$ л/хв. пара в потік ГПС, відповідає теплоносія ГПС з температурою 400°C без додавання пара.

При застосуванні ежектора, ефективність обігріву при рівних температурах потоку ГПС дещо зростає за рахунок зростання швидкості потоку ГПС в направляючому пристрої, проте разом з цим, так само зростають втрати теплоносія в навколишнє середовище.

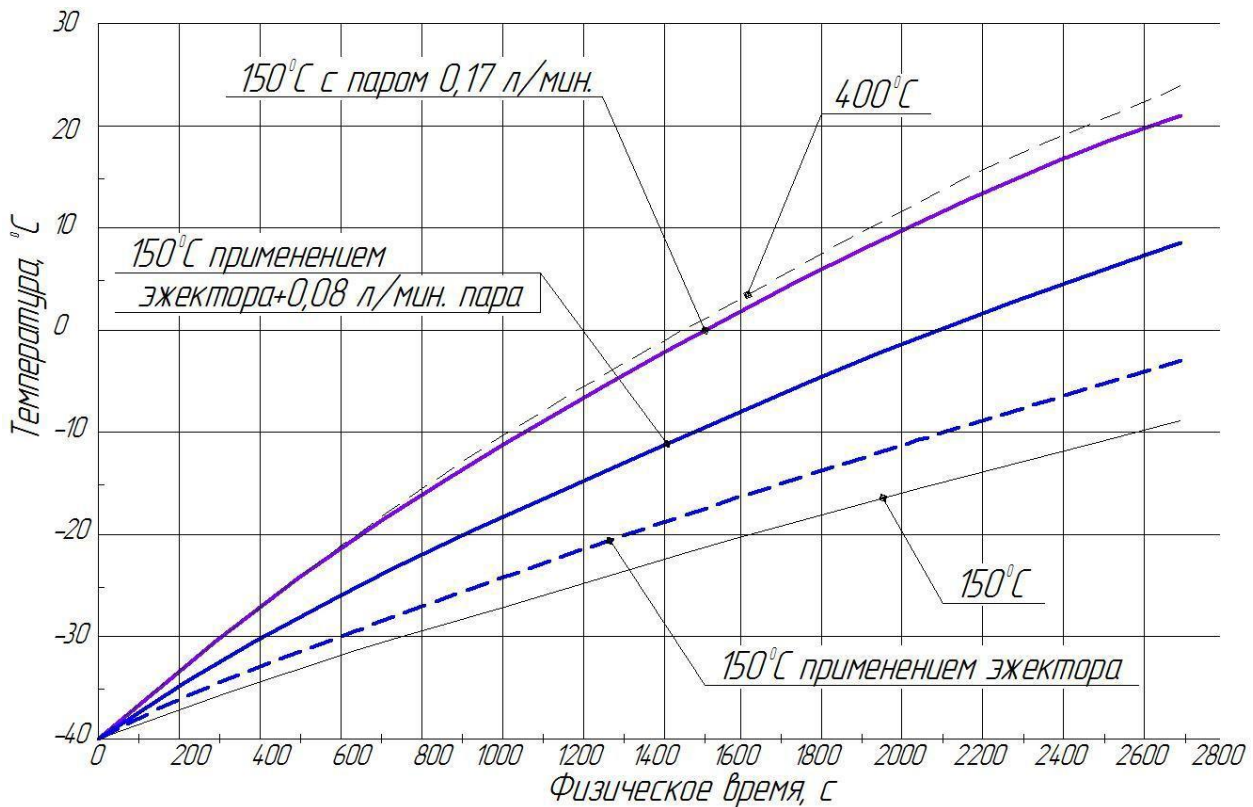


Рисунок 2.12 - Зміна середньої температури в картері двигуна СМД-60 при використанні теплоносія з різними теплофізичними властивостями.

Висновок: Встановлено, що зміна властивостей теплоносія істотно впливає на інтенсивність обігріву, що дозволяє знизити температуру ГПС для зниження ризику термічних ушкоджень без збільшення часу теплової підготовки. Так час прогріву масла в піддоні картера двигуна СМД-60 до цільової температури змішаним теплоносієм з температурою 150°С, склало 2000 с., Що відповідає сухому теплоносію з температурою 400°С. Для отримання теплоносія змішаного типу з температурою 150°С, при температурі навколишнього середовища, рівній мінус 40°С, необхідно забезпечити подачу води витратою 0,17 л/хв в потік гарячої ГПС. Таким чином, підтверджено істотний вплив властивостей теплоносія на інтенсивність обігріву, що дозволяє рекомендувати зниження температури ГПС для зниження ризику термічних ушкоджень без збільшення часу теплової підготовки.

2.4 Моделювання процесу утворення теплоносія змішаного типу

Математична модель взаємодії потоку гарячої газоповітряної суміші з краплями води при утворенні теплоносія змішаного типу була реалізована в програмному комплексі FlowVision. При виконанні моделювання технологічних процесів дотримувалися умови подібності.

Установка достатніх умов подібності при моделюванні процесу освіти теплоносія змішаного типу (ТЗТ) призводить до умови геометричної подоби подає патрубку. Крім цього необхідно дотримуватися умови подібності за фізичними параметрами рухомих середовищ.

У зв'язку з цим для забезпечення ідентичності результатів моделювання і реального процесу освіти ТЗТ встановлено умова подібності взаємодії ГПС з частинками води, вприснути в подає патрубок. Основним оцінним показником для перевірки ідентичності результатів нами обрана температура ТЗТ, так як при обігріві вона має істотне значення. З метою моделювання розроблена область розрахунку моделі процесу передпосівної освіти ТЗТ. Тривимірний твердотільний модель подає патрубка створена в програмі КОМПАС-3D. Модель технологічного процесу реалізована програмному комплексі FlowVision.

Для вирішення математичної моделі створена геометрія подає патрубка імпортується в форматі STL в програмний комплекс FlowVision, де вона перетворюється в подобласть розрахунку.

Для математичного опису течії ГПС з частинками води використані системи рівнянь двофазних течій, що включають рівняння Нав'є-Стокса для опису руху потоку ГПС і рівняння руху частинок. Для вирішення системи (для виключення невідомих) включаємо в систему ще три рівняння: нерозривності, збереження маси і збереження енергії. З урахуванням цього загальна система рівнянь течії двофазного середовища «гази-частинки» запишеться в наступному вигляді [17]:

2.5 рівняння нерозривності

$$\frac{\partial \cdot \rho_{\mathbf{B}}}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho_{\mathbf{B}} \cdot V_{\mathbf{B}}) = Q_{mass}^p, \quad (2.16)$$

де $\vec{\nabla}$ лапласіан; $\rho_{\mathbf{B}}$ - щільність несучої фази (ГВС), кг / м³; $V_{\mathbf{B}}$ - розрахунковий обсяг подає патрубку, м³; Q_{mass}^p джерело маси за рахунок води, що подається, кг/м³ · с.

Рівняння збереження імпульсу для несучої фази

$$\frac{\partial \cdot [(\rho)_{\mathbf{g}} \cdot V_{\mathbf{g}}]}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho_{\mathbf{g}} \cdot V_{\mathbf{g}} \otimes V_{\mathbf{g}}) = -\vec{\nabla} P_{\mathbf{g}} + \vec{\nabla} \tau_{\mathbf{g}, \alpha\beta} + \rho_{\mathbf{g}} \cdot \mathbf{g} \quad (2.17)$$

де \mathbf{g} – вектор сили тяжіння, 9,81 м/с²; $P_{\mathbf{g}}$ - тиск ГПС в подає патрубку, Па.

Рівняння динаміки частки води

де $d_{\mathbf{e}}$ – діаметр частинки води, м; $m_{\mathbf{e}}$ - маса частинки води, кг;

$C_{\mathbf{D}}$ - коефіцієнт опору краплі води;

$V_{\mathbf{B}}$ - швидкість краплі води щодо несучої фази (ГПС), м/с.

Одним з центральних моментів при описі двофазних течій є питання про побудову моделі взаємодії індивідуальної частки (води) з потоком суміші газів (ГПС). Частка переміщується повітряним потоком за рахунок сили гідродинамічного опору. Причиною виникнення сили гідродинамічного опору є різниця швидкостей повітряного потоку і частки. При розгляді руху частки повітряним потоком, крім сили опору на рух частинки впливають в тій чи іншій мірі і інші чинники, такі як щільність і в'язкість, концентраційна і геометрична скрутність потоку, переміщення частинки під впливом поперечної сили і сила тяжіння.

Сила гідродинамічного опору призводить частку в рух і визначає гальмує або прискорює зворотний вплив дисперсної фази - частинок води на несучий потік. Причиною виникнення сили опору є різниця швидкостей ГПС і частки води.

Сила гідродинамічного опору визначається як

$$f_D = \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \rho_g \cdot S_m \cdot |\vartheta_g - \vartheta_B| (\vartheta_g - \vartheta_B) \quad (2.19)$$

де S_m – площа миделевого перетину частинки води, м².

Дія сили гідродинамічного опору призводить до прискорення частинки, якщо $\vartheta_g > \vartheta_ч$ або, навпаки, до гальмування частинки, якщо $\vartheta_g < \vartheta_ч$.

Частка води в підвішеному стані є сферичною часткою за рахунок малого розміру і поверхневого натягу (для сфери $S_m = \pi \cdot r^2$). Коефіцієнт опору для сферичних частинок C_D для двофазних середовищ [18] визначається емпіричним шляхом згідно кривої Релея в залежність для мости від числа Рейнольдса Re ($C_D = f(Re)$). При цьому число Рейнольдса визначається за відносним запізнювання частинок [92]:

$$Re_ч = \frac{d_ч \cdot \rho_B \cdot |\vartheta_g - \vartheta_ч|}{\eta} \quad (2.20)$$

де η – динамічна в'язкість повітря, Па · с.

Динамічна в'язкість води при 20° С дорівнює $\eta = 1,82 \cdot 10^{-5}$ Па·с, щільність ГПС $\rho = 1,026$ кг/м³. Визначимо число Рейнольдса за формулою 2.7. Для цього необхідно встановити швидкість руху частинок води $\vartheta_ч$. Відомо, що відмінність в швидкостях руху середовища і частинок має велике значення і досягає 2 ... 10 м/с для аерозолів в залежності від їх дисперсності. На підставі численних дослідів різних авторів (рисунок 2.13) дослідним шляхом встановлено залежності швидкості частинок води від швидкості потоку ГВС.

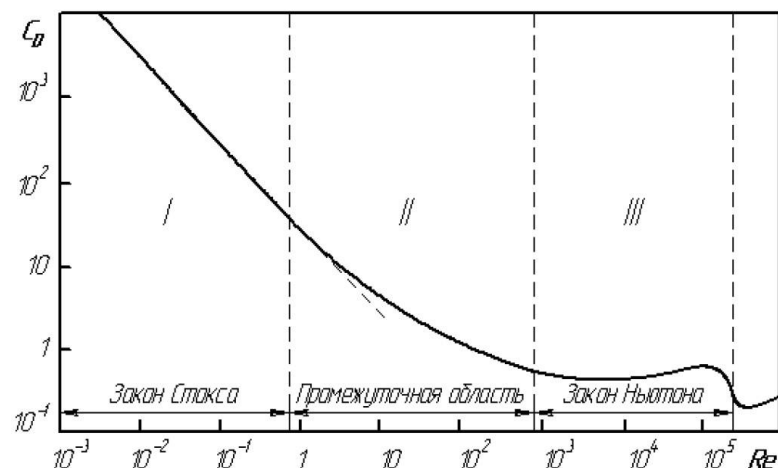
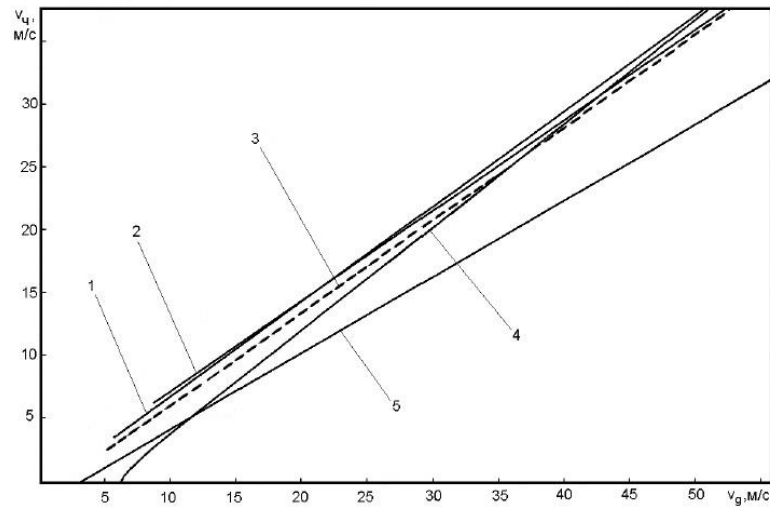


Рисунок 2.13 - Залежність коефіцієнта опору краплі води, що має форму кулі C_D від критерію Re (крива Релея)



1 - $d_ч = 25$ мкм; 2 - $d_ч = 50$ мкм; 3 - $d_ч = 200$ мкм; 4 - $d_ч = 500$ мкм; 5 - $d_ч = 800$ мкм

Рисунок 2.14 - Залежність швидкості частинок від швидкості повітряного потоку при різних діаметрах частинок

Таким чином, число Рейнольдса в залежності розмірів частинок води 13 ... 302. В даному інтервалі згідно з малюнком 2.12 коефіцієнт опору частки C_D знаходиться в проміжній області та його неможливо описувати тільки залежностями Ньютона (Стокса). В цьому випадку можна застосувати залежності, отримані зарубіжними дослідниками С.Т. Hammond, PW James, Stein Schmehl (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 Залежності коефіцієнта опору частки краплі води C_D від критерію $Re_ч$ [191]

Діапазон значень числа Рейнольдса, $Re_ч$	Пропоновані залежності коефіцієнта опору частинки у вигляді кулі C_D від критерію $Re_ч$	Примітка
Для всього діапазону значень Re	$C_D = \frac{21,12}{R_в} + 6,3 \cdot R_в^{-0,5} + 0,25$	С.Т. Hammond
	$C_D = \frac{24}{R_в} + 0,44$	PW James
	$C_D = \frac{24}{R_в} + 5,48 \cdot R_в^{-0,573} + 0,36$	Stein Schmehl

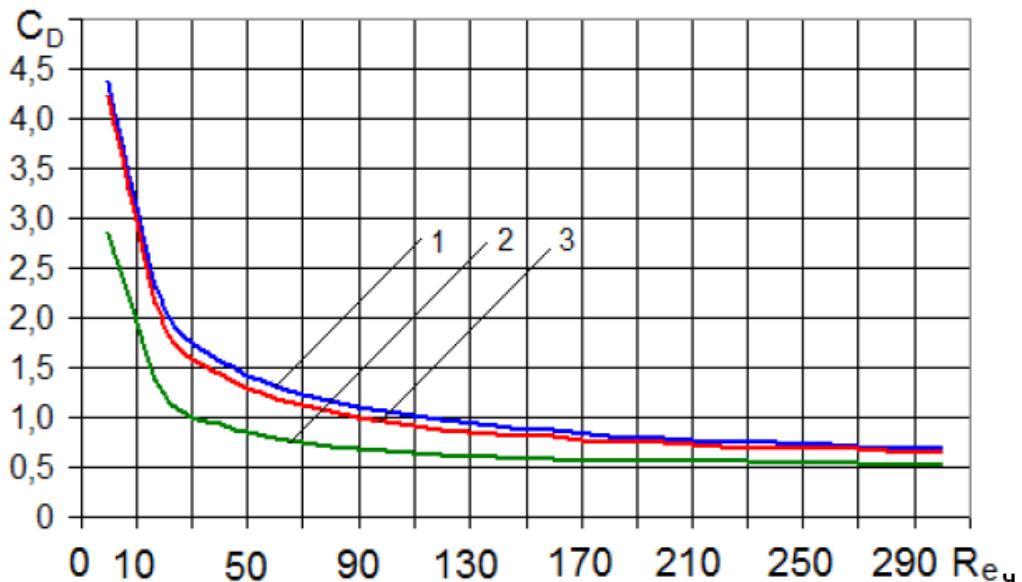
Вибравши вираження для всього діапазону, визначимо коефіцієнти опору C_D (таблиця 2.2).

Графіки залежностей коефіцієнтів опору від числа Рейнольдса наведені на рисунку 2.14. Як видно з представлених даних, величина коефіцієнтів опору за даними трьох виразів коливається в межах від 0,5 до 4,3.

З плином часу частка води під впливом потоку ГПС випаровується, змінюючи тим самим, свої розміри до нуля, або не встигає випаруватися і починає рухатися з однією швидкістю з несучої середовищем. Це час називається часом динамічної релаксації частинки t^* і дає оцінку часу розгону частинки до швидкості несучої фази. Очевидно, що найкращі умови для випаровування частки води будуть до закінчення часу динамічної релаксації частинки t^* .

Для опису температурних полів вирішується рівняння збереження енергії для потоку ГПС (модель - слабостискаєма рідина) [128]:

$$\frac{\partial (P_g h_g(T_g))}{\partial t} + \vec{v} \cdot (P_g V_g h_g(T_g)) = \vec{v} \cdot \left\{ - \left(\left(\frac{\lambda_t}{C_{P_g}} + \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \cdot \vec{v} \cdot h_g(T_g) \right) \right\} + Q_{entra}^p \quad (2.21)$$



1 - по С.Т. Hammond; 2 - по PW James; 3 - по Stein Schmehl

Риунок 2.15 - Залежність коефіцієнта опору C_D від числа Рейнольдса $Re_ч$

Рівняння збереження енергії (рівняння для температури частинки):

$$\dot{q} = Nu \frac{\lambda_g}{d (T_g - T_v[\square] + \sigma)_{rad} \varepsilon_{rad} (T_g^4 - T_v^4)} \quad (2.23)$$

Для вирішення системи рівнянь (2.16-2.23) необхідно визначити розрахункову область з заданими початковими і граничними умовами. В якості граничних умов розрахункової області подає патрубка приймаємо такі кордону:

- Вхід – тип граничного умови «Нормальна швидкість», задаємо значення швидкості ГПС, що є сумішшю повітря і продуктів згорання дизельного палива (швидкість); тип граничної умови «Частинки + нормальна швидкість» вхід води Q_v що подає патрубок (параметри– подача води Q_v діаметр частинок води d_v , щільність частинок води ρ_v , початкова швидкість частинок v_v);

- вільний вихід – тип граничного умови «Нульове тиск / вихід», вихід повітря з патрубка (тиск);

- стінка – тип граничного умови «Стінка, логарифмічний закон», граничні умови (умова непроникності) стінок патрубка, граничні умови (умова непроникності) стінок боковин ($v_v = 0$).

Розроблена математична модель процесу руху частинок води в повітряному потоці ГПС вирішується кінцево-різницеvim методом в програмному комплексі FlowVision. Оскільки чисельні реалізації є лише апроксимацією реальних процесів, а отже, лише наближенням до реальності, вони мають потребу в оцінці ступеня достовірності шляхом відомих процедур верифікації та валідації.

Результати моделювання процесу утворення теплоносія змішаного типу парогенератором в складі об'ємного обігрівача Терммікс 15Д-24 представлені на рисунку 2.16.

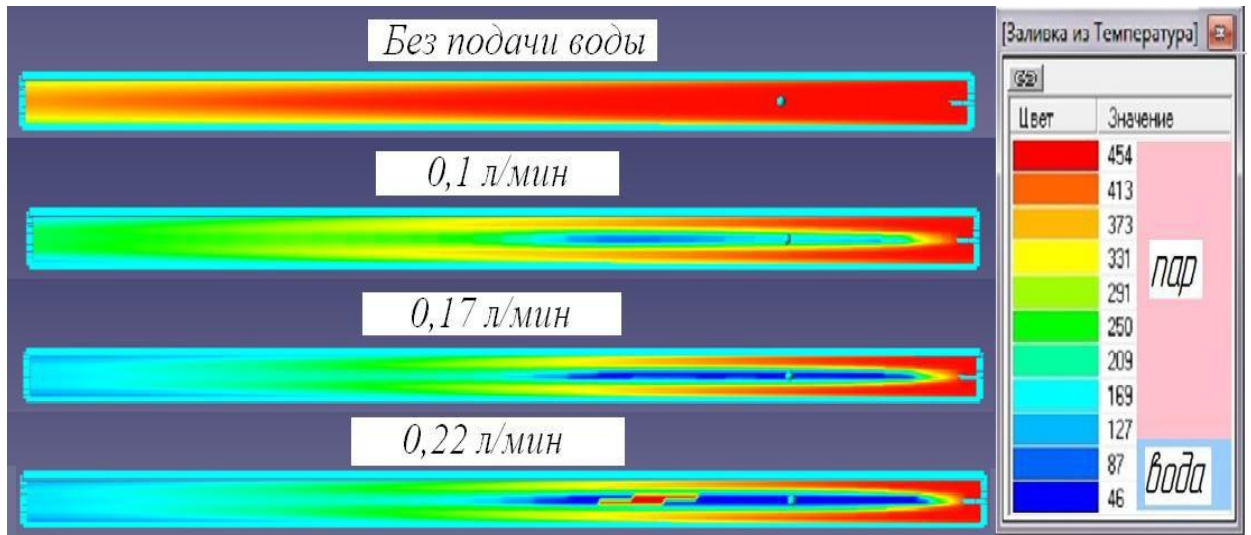


Рисунок 2.16 - Результати моделювання процесу утворення теплоносія змішаного типу парогенератором в складі об'ємного обігрівача Терммікс 15Д-24.

Видно, що температура потоку теплоносія залежить від подачі води в потік ГПС. При збільшенні подачі води температура ГПС знижується: без додавання води, середня температура потоку ГПС на виході з подає патрубка становила близько 400°C , а при подачі води $0,05\text{ л/хв}$, температура знизилася до 320°C , температура теплоносія знизилася до необхідних 150°C при подачі $0,17\text{ л/хв}$. При подачі $0,22\text{ л/хв}$ досягається температура $127 \dots 130^{\circ}\text{C}$.

Встановлено, що найбільш ефективним способом зниження температури теплоносія в розглянутій системі теплової підготовки є утворення теплоносія змішаного типу шляхом додавання води в обсязі $0,17\text{ л/хв}$. в потік ГПС. Подальше збільшення подачі води не забезпечує істотного зниження температури ГПС, але призводить до утворення крапель води на стінках подає патрубка

Для визначення потрібного витрати води g_v (Кг/с), необхідного для утворення теплоносія змішаного типу із заданою температурою, було виведено вираз:

$$g_v = \frac{C_p^{возд} \cdot W_{возд} \cdot \rho_{возд} \cdot (t_{ГВС} - t_{охр.ср})}{C_p^c \cdot t_{кип} + L + C_p^{нар} \cdot (t_{ГВС} - 100)} \quad (2.18)$$

де $C_p^{нов}$ - питома масова теплоємність повітря, Дж/кг · К;

$W_{нов}$ - об'ємна витрата повітря, м³/Ч;

$\rho_{нов}$ - щільність повітря на вході в обігрівач, кг/м³;

$t_{ГПС}$ - температура ГПС на виході з обігрівача;

$t_{окр.ср}$ - температура навколишнього середовища, °С;

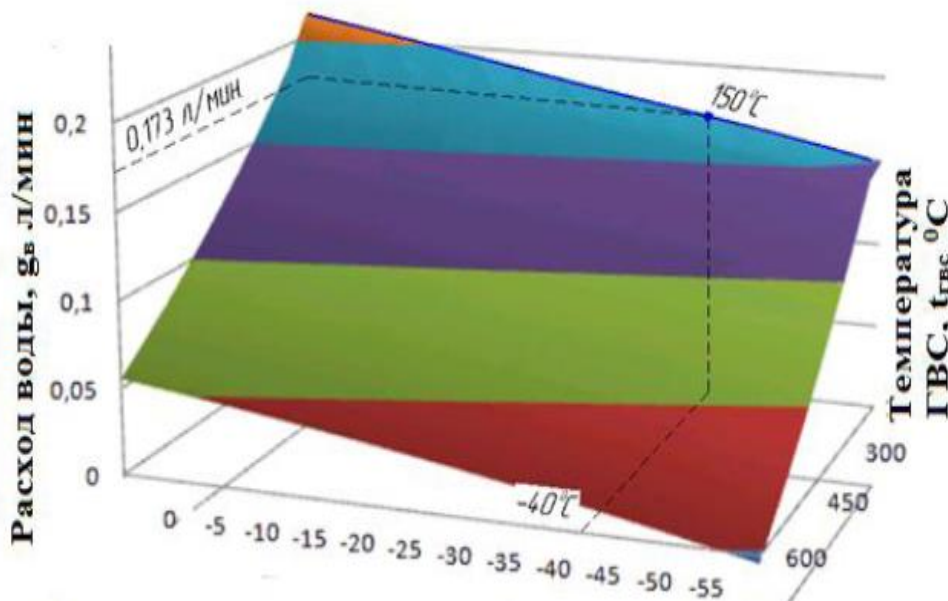
$C_p^в$ - питома масова теплоємність води, Дж/кг · К;

L – теплота пароутворення, Дж/кг;

$C_p^{нар}$ - питома масова теплоємність пара, Дж/кг · К;

$t_{кип}$ - температура кипіння, °С

Для теплової підготовки різних агрегатів прораховані, з використанням отриманих виразів, необхідні витрати води, що забезпечують необхідну температуру теплоносія при різній температурі навколишнього середовища для працюючого на максимальній потужності обігрівача (показані на рисунку 2.17).



а) Температура навколишньої середи, $t_{окр.ср}$ °С

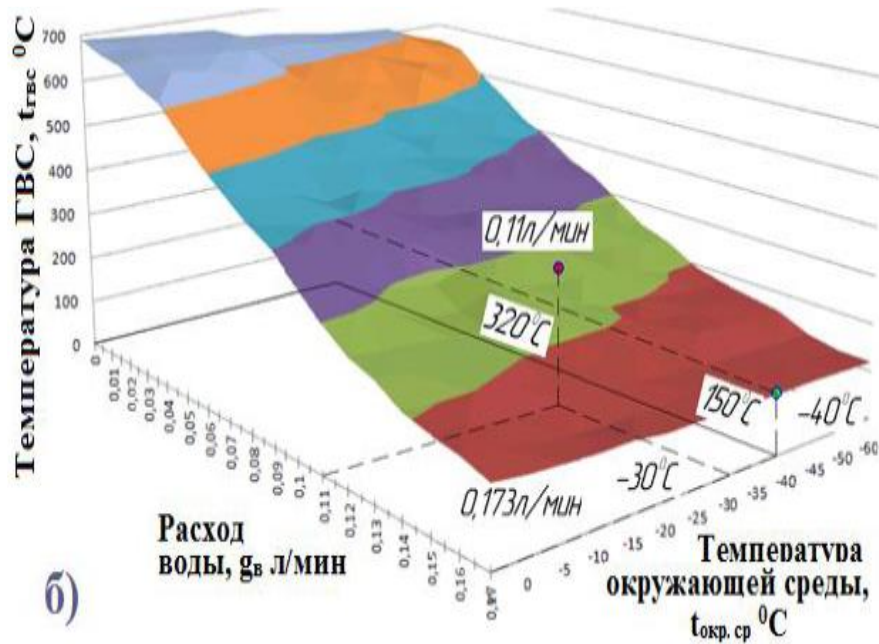


Рисунок 2.17 - Теоретичні залежності потрібної маси води для забезпечення заданої температури ГПС (а) і одержуваної температури ГПС від розходу води (б) при різній температурі навколишнього середовища.

Отримані розрахунковим шляхом дані перевірені в ході експериментальних досліджень і показали хорошу збіжність. Таким чином, отримані залежності дозволяють визначити необхідні режими роботи обігрівача і парогенератора для реалізації необхідної температури теплоносія при здійсненні теплової підготовки агрегатів МСГТ.

Висновки до розділу II

- Встановлено можливість зміни температури потоку теплоносія шляхом підмішування зовнішнього повітря і води (водяної пари) в ГПС, для досягнення необхідної температури теплоносія, рівній 150°C .
- Отримано математичні вирази описують взаємодію потоку теплоносія з об'єктом що нагрівається, виявлені теплофізичні параметри теплоносія і конструктивні особливості пристосувань що їх формують на інтенсивність його прогрівання. Обґрунтовано, що для забезпечення мінімального часу теплової підготовки агрегатів теплоносієм з низькою температурою оптимальними є швидкість потоку в зазорі «направляючий пристрій-стінка агрегату» дорівнює 5 м/с, а витрата води для утворення теплоносія змішаного типу повинен бути 0,17

л/хв при тепловій потужності підігрівача 15 кВт.

- Встановлено кількісні взаємозв'язки між фізичними властивостями теплоносія і інтенсивності передачі теплоти в процесі теплової підготовки агрегатів МСГТ. На прикладі двигуна СМД-60 трактора Т-150К доведено, що час прогріву масла до цільової температури змішаним теплоносієм з температурою 150°С відповідає сухому теплоносію з температурою 400°С. Таким чином, підтверджена можливість зниження температури ГПС для зниження ризику термічних ушкоджень без збільшення часу теплової підготовки.

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

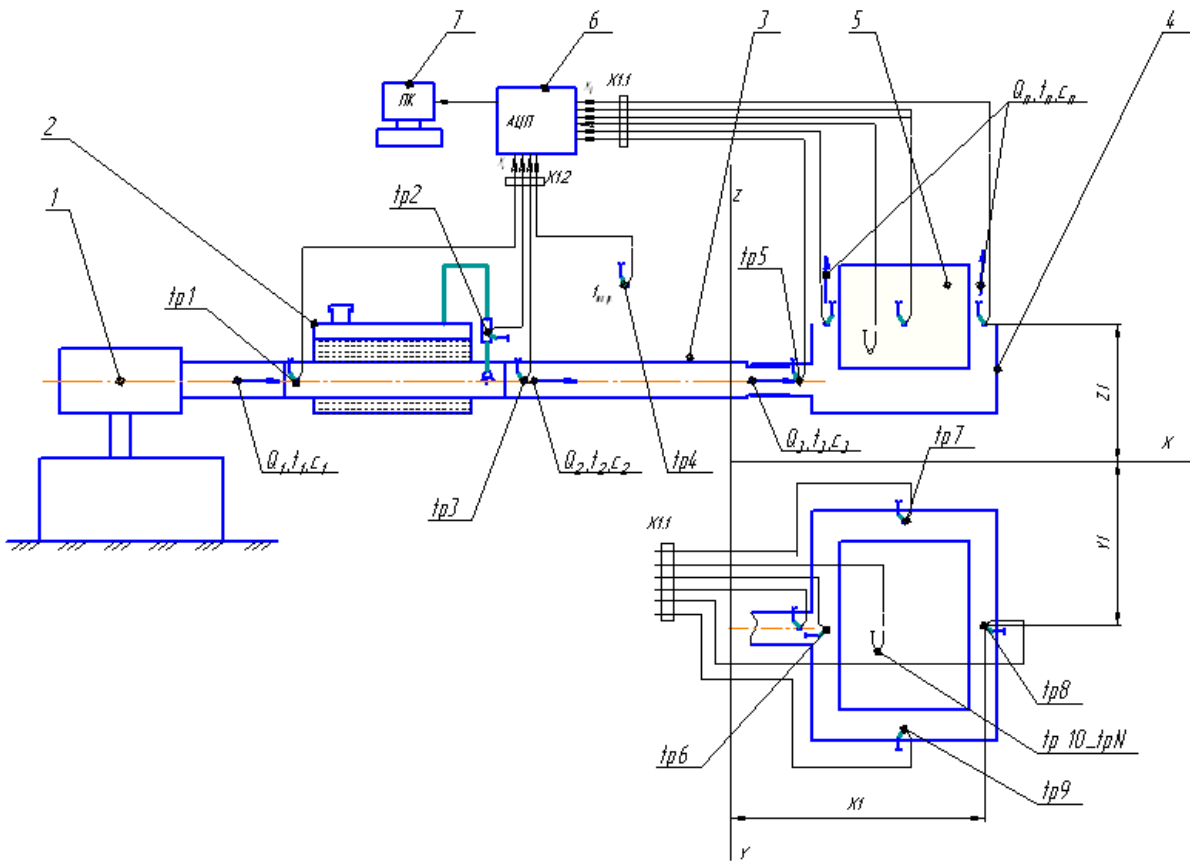
3.1 Прилади, обладнання, програмне забезпечення для збору та обробки інформації.

Дослідження закономірностей процесу об'ємного розігріву масла проводились на кафедрі «Машинобудування і транспорту» УПА на експериментальній установці (рисунок 3.1), В якості тіла, що нагрівається застосовувалася ємність з водою.

Як джерело гарячої ГПС застосований генератор гарячих газів «ТермМікс 15-Д24» 1, що подає потік гарячих газів з температурою, що вимірюється в діапазоні 130 ... 700 °С в пароутворювачі 2, який подає водяну пару в потік ГПС і далі в трубопровід 3 і направляючий пристрій 4, яке має конфігурацію відповідну обігрівальному агрегату 5.

За формою обігрівального тіла (об'єкта) було виготовлено направляючий пристрій, що забезпечує як можна більш рівномірне розподілення потоку ГПС по стінках обігрівального об'єкта. Температура потоку теплоносія, крім введення води і пара в ГПС, знижувалася так само за допомогою ежекторної насадки .

З пароутворювача 2 виходить пар з температурою до 120 С, і змішується з потоком гарячої ГПС на відстані 100 ... 150 мм від форсунки подачі пари, при цьому температура потоку теплоносія знижується до 350 ... 290 С. Протягом трубопроводу 3 до входу в направляючий пристрій потік теплоносія віддає теплоту в навколишнє середовище і до моменту входу в направляючий пристрій 4 має температуру рівну 230 ... 190 С. Після обігріву агрегату 5 потік теплоносія виходить з направляючого пристрою і розсіюється в атмосфері показником ефективності теплоносія є різниця між температурою ГПС на вході в направляючий пристрій і на виході з нього.



1 - генератор гарячих газів «ТермМікс» 15-Д-24; 2 - пароутворювач; 3 - трубопровід; 4 - змінний направляючий пристрій; 5 - обігрівальний агрегат; 6 - АЦП; 7 - комп'ютер; tp1 - tp9 - термоперетворювачі установок; tp10 - tpN - термоперетворювачі, встановлені в обігрівальному агрегаті; X, Y, Z - координати робочого простору термо-перетворювача; Q, t, c - параметри потоку теплоносія (Об'ємна продуктивність, температура, концентрація водяної пари)

Рисунок 3.1 - Схема експериментальної установки

Система збору інформації призначена для реєстрації температури за допомогою термоперетворювачів 7, встановлених в жаровій трубі tp1, після ежектора і пароутворювача tp2, в обігрівальному об'єкті tp10 - tp14 і в спрямовуючі пристрої tp5 - tp9.

Контроль температури проводиться хромель - капелевими термопарами типу ТХК типу L. Підготовка і проведення експерименту включали в себе наступні операції:

- Монтаж термоелектричних перетворювачів на умовному агрегаті відповідно до рисунку 3.1;
- Заповнення ємності умовного агрегату моторним маслом 15-W-40 в обсязі бл;

– Витримування умовного агрегату в природних умовах при температурі - 30 °С протягом певного часу (як показали попередні випробування досить 1,5 ... 2 год);

– Збирання інформаційно - вимірювального комплексу на базі 16 - канального АЦП Zet Lab і персонального комп'ютера для безперервної реєстрації температури у точках виміру зі збереженням результатів вимірювань в файл для подальшої обробки.

– Розігрів нижньої частини і бічних стінок корпусу коробки передач вищезазначеним способом після вирівнювання температур масла по всьому об'єму.

Контроль температури масла в різних точках досліджуваної області проводився кабельними хромель - капелевими термопарами типу ТПЛ - 0,5 - 2 з межею вимірювання -200 ... 600° С, 2 класу точності (ГОСТ 23847 - 80), температура теплоносія під стінами піддону реєструвалася термопарами закритого типу ТХК типу L. Перед виконанням вимірювань проводилася тарировка термоелектричних перетворювачів в муфельній печі.

Для отримання більш повної інформації про протікання процесу утворення теплоносія змішаного типу термопереутворювачів повинні бути розміщені в середині прохідного перетину каналу, так як температура в середині потоку максимальна внаслідок втрат теплоти в периферійній зоні і ламінізації течії у стінок направляючого пристрою (рисунок 3.2).

Термопара №1, розташована на рівні верхнього зрізу направляючого пристрою біля стінки піддону картера двигуна з правого боку глибокої частини (проти ходу автомобіля), №4 - на рівні верхнього зрізу направляючого пристрою біля стінки обігрівального об'єкта і №7 - на рівні верхнього зрізу направляючого пристрою біля протилежної стінки нагрівального об'єкта, №2 - на нижньому рівні нагрівального об'єкта з правої частини, №5 - на рівні дна нагрівального об'єкта в сторону, №6 - на рівні дна, позаду нагрівального об'єкта.

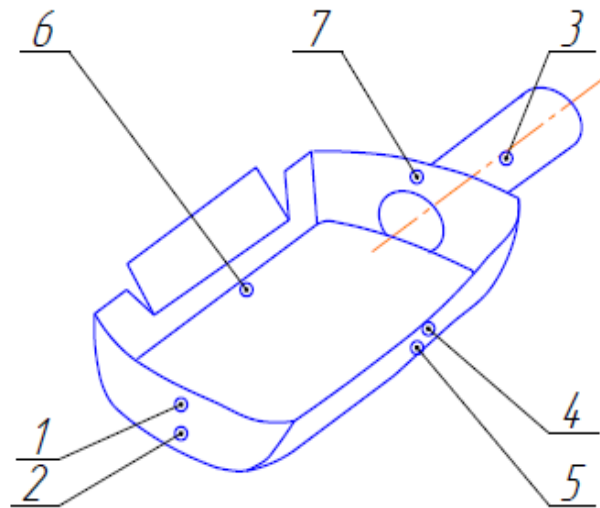


Рисунок 3.2 - Схема розміщення термопар

З термоперетворювачів $tr1 - tr10$ сигнал надходить на АЦП 6, далі оціфровлений сигнал надходить на персональний комп'ютер, де за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення проводиться запис сигналів з каналів АЦП в режимі реального часу. Зовнішній вигляд експериментальної установки, показаний на рисунку 3.3.

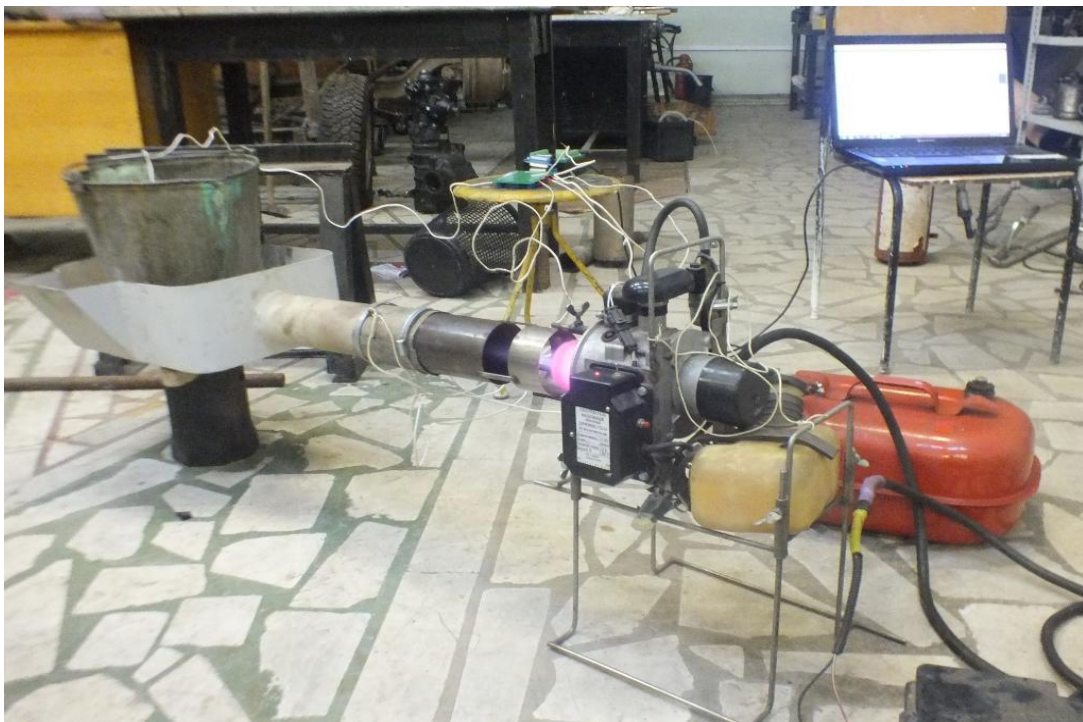


Рисунок 3.3 Інформаційно - вимірювальний комплекс для дослідження процесу теплообміну

Підведення теплоносія від об'ємного обігрівача Терммікс 15Д - 24 (рисунок 3.4) забезпечувався гнучким металевим рукавом типу Р1 - У - А



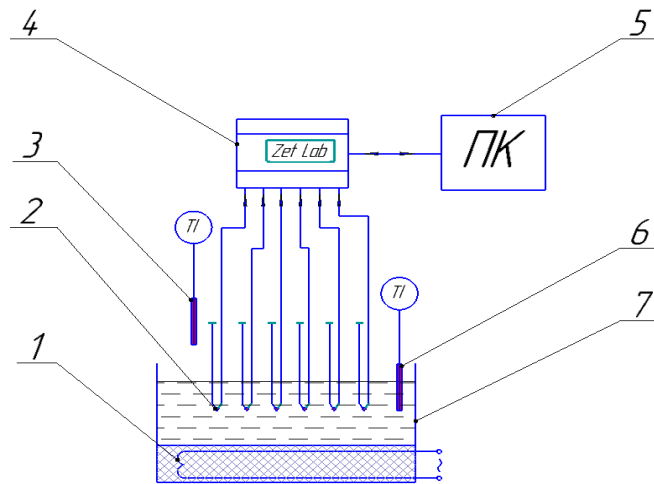
Рисунок 3.4 - Генератор гарячих газів Терммікс 15Д – 24

Основні технічні дані повітряного обігрівача Терммікс 15Д-24 наведені таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Технічна характеристика генератора гарячих газів
Терммікс 15Д-24

Параметр	Значення
Максимальна теплова потужність, кВт	15
Діапазон регульованих температур, °С	100 - 500
Споживана потужність, Вт:	
максимальна	95
мінімальна	24
Витрата палива (дизельне по ГОСТ 305 - 82), л /р:	
максимальний	1,5
мінімальний	0,35
Продуктивність по повітрю, м ³ / Ч:	
максимальна	50
мінімальна	15

Аналогічні термопари, встановлені в умовному агрегаті, таріруються в масляній ємності з електричним підігрівом. Установка для тарування показана на рисунку 3.5.



1 - нагрівач; 2 - термоперетворювач; 3,6 - термометр ртутний; 4 - АЦП Zet lab 210; 5 - комп'ютер; 7 - ємність з маслом

Рисунок 3.5 - Схема установки для тарування вимірювальної системи

Таріровочні таблиці і графіки наведені на малюнках 3.8, 3.9, дані тарировки в таблицях 3.2, 3.3.

Таблиця 3.3 Градувальна таблиця термоперетворювача ТХК типу L

$t, ^\circ\text{C}$	t, K	$e(t, 0)$
2	275	0,11
5	278	0,224624
15	288	0,624384
18	291	0,749616
20	293	0,834464
25	298	1,051344
30	303	1,275024
35	308	1,505504
40	313	1,742784
45	318	1,986864
50	323	2,237744
55	328	2,495424
60	333	2,759904
65	338	3,031184
70	343	3,309264
75	348	3,594144
80	353	3,885824
85	358	4,184304
90	363	4,489584

95	368	4,801664
100	373	5,120544

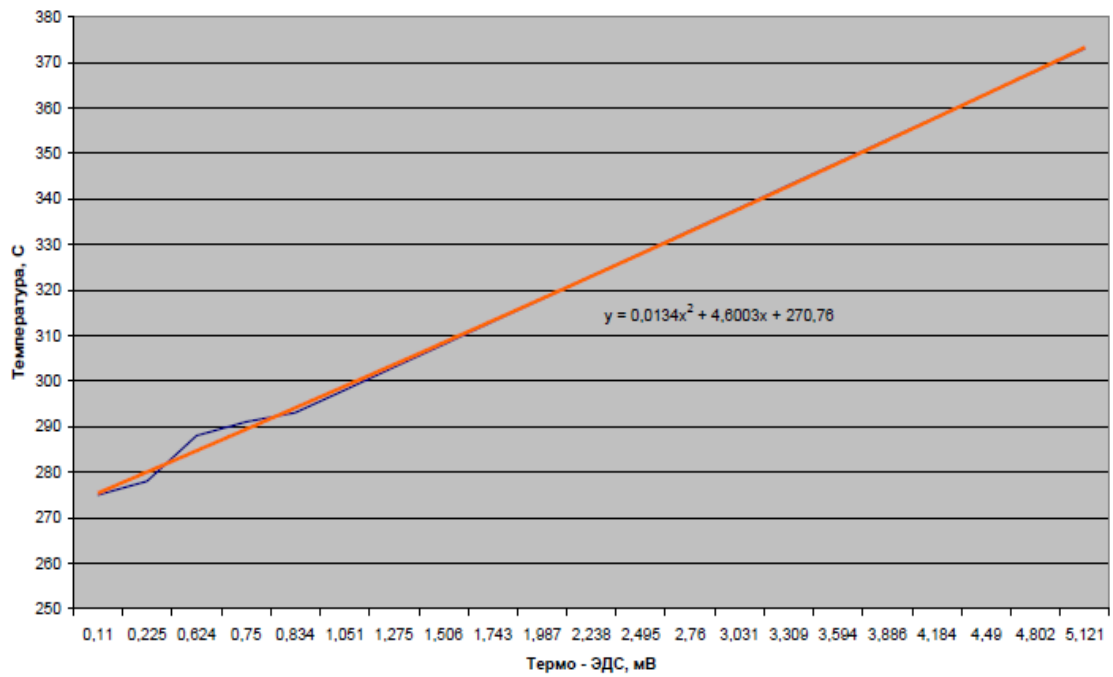


Рисунок 3.6 - Градувальна характеристика термоелектричного перетворювача ТХК типу L

Таблиця 3.3 Градувальна таблиця термоперетворювача ТПЛ 0,5 – 0,2

t,°C	t,K	e(t,0)
2	275	-0,0275
5	278	0,135664
14	287	0,646324
17	290	0,8236
20	293	1,004404
27	300	1,44
30	303	1,632564
35	308	1,961344
40	313	2,299924
45	318	2,648304
50	323	3,006484
55	328	3,374464
60	333	3,752244
65	338	4,139824
70	343	4,537204
75	348	4,944384
80	353	5,361364
85	358	5,788144
90	363	6,224724
95	368	6,671104
100	373	7,127284

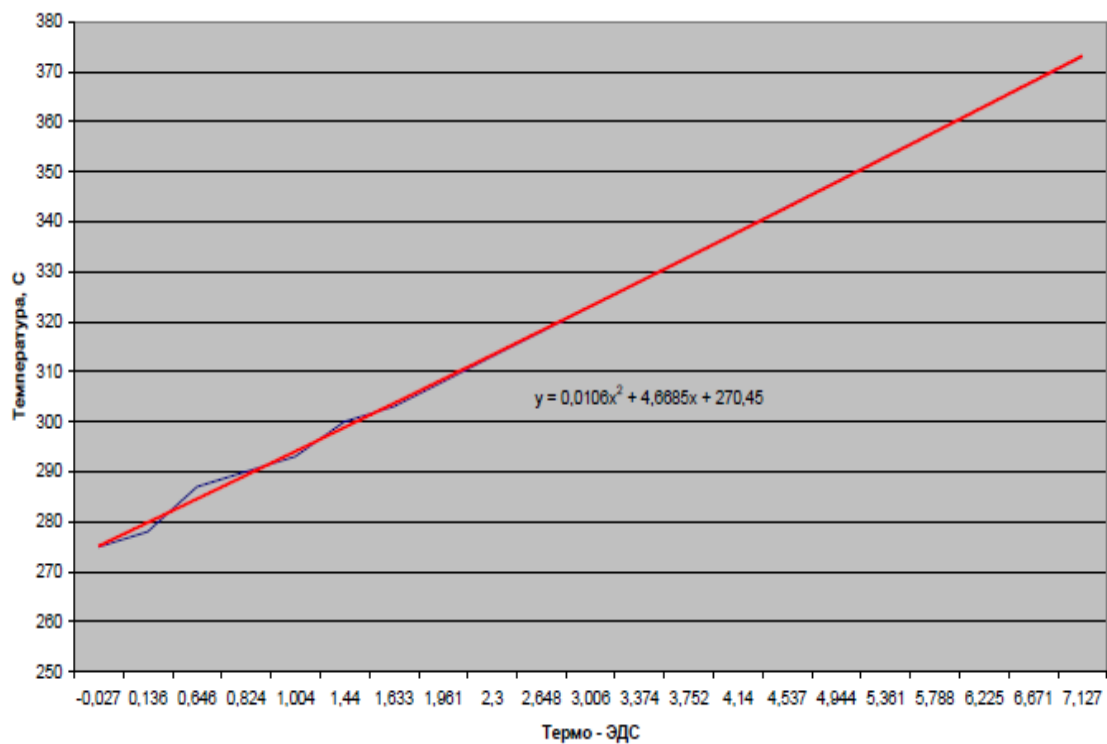


Рисунок 3.7 - Градувальна характеристика термоелектричного перетворювача ТПІЛ 0,5 – 0,2

Для експериментальних досліджень процесу об'ємного розігріву картерної масла був зібраний інформаційно-вимірювальний комплекс, загальний вигляд який представлений на рисунку 3.7.

Комплекс складається з ПЕОМ DNS M771S, модуля Zet Lab (модульна система збору та обробки даних з програмним забезпеченням) і ряду перетворювачів.

Модуль Zet Lab призначений для вимірювань параметрів сигналів в широкому частотному діапазоні (з частотою дискретизації до 500 кГц), що надходять з різних первинних перетворювачів. Цифровий (роз'єм X-2) і аналоговий виходи (роз'єм X-3) можуть використовуватися в ланцюгах управління різними виконавчими механізмами. Основні технічні характеристики АЦП / ЦАП Zet Lab наведені в таблиці 4.4. Базове програмне забезпечення, що поставляється з модулем Zet Lab, дозволяє приступити до процесу вимірювання та управління відразу після підключення до персонального комп'ютера. У нього входять всі необхідні програми для проведення випробувань і вимірювань. Модуль функціонує в режимі безперервного введення / виведення аналогових і цифрових сигналів в пам'ять персонального комп'ютера з можливістю цифрової обробки сигналів. Оцифрування обраних каналів відбувається послідовної комутацією ключів з використанням одного аналого-цифрового переутворювача (АЦП). Інформаційно-вимірювальний комплекс дозволяє проводити одночасне вимірювання по 16 диференціальним або по 32 каналам із загальною землею, з подальшим посиленням і перетворенням в цифровий вигляд в режимі «швидкого» або «повільного» АЦП. Збір інформації та управління модулем проводиться безпосередньо по командам з комп'ютера. Наявність спеціального пакета програм обробки сигналів дозволяє виробляти перегляд реєстрованих процесів як в режимі реального часу, так і в запису з пам'яті ЕОМ, а також виробляти статистичну обробку отриманих даних, налаштування і тарировки датчиків і перетворювачів. Перед початком і в кінці випробувань проводилася тарировка датчиків та іншої вимірювальної апаратури по загальноприйнятим

правилам. При тарировці, через певні інтервали тиску, в пам'ять комп'ютера заносилися значення вимірюваної величини. Використовуючи ці дані будувалися градууювальні характеристики.

При пошуку оптимальних параметрів направляючого пристрою в якості опції мети запропоновано як показник використовувати максимально можливу середню температуру масла в накопичувачі піддону за регламентованими стандартами (при даній температурі навколишнього середовища) час теплової підготовки

$$\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n} \rightarrow \max, \quad (3.1)$$

де t_i - температура в i -ій точці, °С; n - число термоперетворювачів.

Під середньою температурою масла в накопичувачі піддону розуміється математичне очікування температур у всіх точках накопичувача в поточний момент часу. Зазначений параметр характеризує інтенсивність і рівномірність прогріву масла в накопичувачі.

Статистична обробка експериментальних даних проводилась на персональному комп'ютері за допомогою спеціалізованої програми по обробці сигналів «Zetlab» науково-виробничого підприємства «ЗЕТ».

Таблиця 3.4 Основні технічні характеристики АЦП / ЦАП Zet Lab

Аналоговий вхід (АЦП)	
1	2
кількість входів	16 синфазних / 8 диференціальних
Сумарна частота перетворення по всіх включених каналах	до 500 кГц
Кількість розрядів АЦП	16
Максимальна вхідна напруга	± 7 В / ± 1 В
Максимальна нерівномірність АЧХ в частотному діапазоні 10 Гц ... 200 кГц	1 дБ
динамічний діапазон	84 дБ
вхідний опір	2 кОм / 1 МОм
Захист входів при включеному харчуванні	± 100 В
Захист входів при вимкненому живленні	± 30 В

міжканального проникнення	- 72 дБ
Вхідна ємність	20 пФ
Цифровий вхід	
Кількість каналів	14
FIFO-буфер	16 Кслов
Тип логіки	TTL
Логічний "0"	від 0 до 0,8 В ($I_{\text{вх}} = 400 \text{ мкА}$)
Логічна "1"	від 2,4 до 5 В ($I_{\text{вх}} = 20 \text{ мкА}$)
Цифровий вихід	
Кількість каналів	14
FIFO-буфер	16 Кслов
Тип логіки	TTL
Логічний "0"	від 0 до 0,4 В ($I_{\text{вих}} = 25 \text{ мА}$)
Логічна "1"	від 2,4 до 3,3 В ($I_{\text{вих}} = 25 \text{ мА}$)
Захист від короткого замикання	
Додаткові характеристики	
Габаритні розміри	90 x 110 x 35 мм
Вага	0,2 кг
Тип роз'єму аналогового входу / виходу	USB X2
Тип роз'єму цифрового входу / виходу	RS 232 X3

Для вимірювання надлишків води і тарировки бачка з водою застосовувалися мензурки з кварцового скла (рисунок 3.8), призначені для вимірювання об'ємів різних рідин, що представляють собою скляну посудину, виконаний у вигляді конуса, відтарирований по 2-му класу точності згідно з ГОСТ 1770-74. Мензурки мають шкалу світло-коричневого кольору, стійку до будь-яких впливів і дозволяє провести вимірювання об'єму рідини. В експерименті застосовувалися мензурки об'ємом 250мл і 50мл зважаючи на велику різницю між максимальним і мінімальним обсягами надлишків води.



Рисунок 3.8 - Мензурки 2-класу точності по ГОСТ 1770-74

3.2 Методика проведення експериментальних досліджень

Відповідно до поставлених завдань необхідно провести практичне дослідження закономірностей і процесів, пов'язаних з процесом розігріву масла в картері агрегату машини і виявлення чинників, що найбільше істотно впливають на тривалість і якість їх теплової підготовки, зокрема рівномірність розігрівання олії в картері підігрівального агрегату. Для цього була розроблена методика випробувань пропонованої системи теплової підготовки з оригінальним алгоритмом управління коштами теплової підготовки і розроблена установка.

Початкові умови експерименту змінювалися в залежності від температури навколишнього середовища - мінус 30° С ... 16° С, при точності вимірювання термометром $\pm 1^\circ$ С. Для заправки генератора ГПС застосовувалося зимове дизельне паливо без присадок, відповідне ГОСТ Р 55475- 2013 «Паливо дизельне зимове і арктичне депарафініровання. Технічні умови». Режим роботи генератора ГВС - 100% потужності.

Направляючий пристрій, що повторює форму обігрівального об'єкта, встановлювалося з зазорами 50 мм від кожної сторони картера, для забезпечення швидкості потоку ГПС в просторі, обмеженому поверхнею обігрівального об'єкта і стінками направляючого пристрою в межах 1,7 ... 2,2 м/с. Значення оптимальної швидкості потоку отримані розрахунковим шляхом. Як обігрівального об'єкта застосована тонкостінна ємність з мінеральним моторним маслом з індексом в'язкості 15-W40 об'ємом 10 л. Час обігріву в кожному циклі складає 45 хвилин.

Експеримент проводився в циклічному режимі. На початку кожного циклу обігріву температура обігрівача об'єкта наводилася у відповідність з температурою навколишнього середовища шляхом витримування на вулиці протягом не менше двох годин. Температури обігрівального об'єкта і навколишнього контролювалися за допомогою ртутних термометрів. У процесі кожного циклу експерименту обігрівальний об'єкт мав температуру, рівну мінус 30° С.

Перший цикл обігріву проводився з максимальною температурою ГПС, що дорівнює 510°C часів режиму роботи генератора ГПС 100%. Обігрів проводився протягом 45 хвилин. В цьому етапі по ртутним термометрам контролювалися температурні параметри обігрівального об'єкта, як його температура, так і швидкість нагріву, виражена в градусах Цельсія в хвилину ($^{\circ}\text{C}/\text{хв.}$). Дані, отримані від термометрів, зіставлялися заносилися в таблицю, проводився розрахунок швидкості нагріву і зіставлення з даними, отриманими від термоперетворювачів, зафіксованими персональним комп'ютером. Таким чином була проведена перевірка працездатності експериментальної установки і попередня оцінка достовірності її свідчень. Після завершення першого циклу випробувань генератор ГПС вимикався, установка з обігрівальним об'єктом охолоджувалася в перебігу двох годин.

Другий цикл обігріву проводився зі зниженням температури ГПС за допомогою ежектора. Під час охолодження на жарову трубу генератора ГПС був встановлений ежектор. Генератор ГПС запускався з від'єднаний подає патрубком (витікання ГПС відбувалося в атмосферу, в сторону від направляючого пристрою і не чинило на нього впливу) на режимі 100%. Зміною площі вікон ежектора, а так само кута нахилу напрямних щитків була встановлена температура ГПС на виході з ежектора, рівна 237°C , це дозволяє забезпечити температуру на вході в направляючий пристрій, рівну $190 \dots 200^{\circ}\text{C}$. Генератор ГПС вимикався і охолоджувався протягом однієї години і з'єднувався з подає патрубком. Після закінчення часу охолодження (двох годин), генератор ГПС запускається і проводиться цикл обігріву. Дані записуються в пам'ять комп'ютера і виводяться на монітор у вигляді графіків. Після завершення циклу обігріву, генератор ГПС вимикався, установка з обігрівальним об'єктом охолоджувалася в перебігу двох годин.

Третій цикл обігріву проводився зі зниженням температури ГПС при парогенератора. Під час охолодження на жарову трубу генератора ГПС був парогенератор. Генератор ГПС запускався і підбором прохідного перетину жиклера, встановленого на форсунки парогенератора, встановлювалася витрата

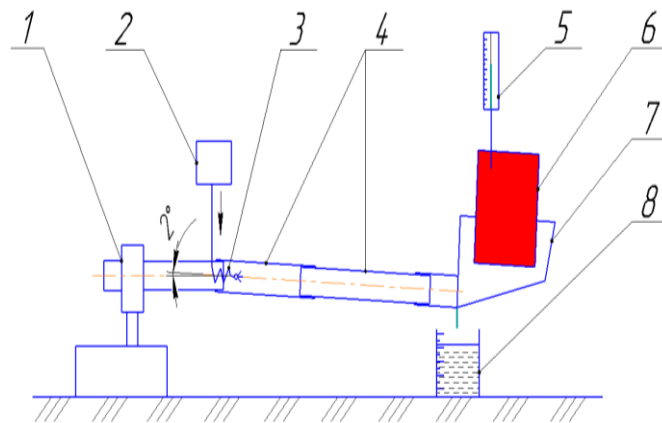
води, що дорівнює 0,15 л/хв. При цьому температура змішаного теплоносія, що утворився в результаті перемішування ГПС з водяною парою, заміряна на вході в направляючий пристрій, склала $197 \pm 5^\circ \text{C}$. В процесі обігріву в парогенератор додається вода, в міру її витрати. Після закінчення циклу обігріву (45 хвилин), генератор ГПС вимикався, а установка охолоджувалася.

Виробничі випробування. Об'єктом дослідження був трактор Т-150 з двигуном СМД-60. Початкові умови експерименту: температура навколишнього середовища - мінус 32°C , $\pm 2^\circ \text{C}$, для живлення генератора ГПС застосовувалося зимове дизельне паливо без присадок, відповідне ДСТУ 55475-2013 «Паливо дизельне зимове і арктичне депарафіноване. Технічні умови». Режим роботи генератора ГПС - 100% потужності. Використовувався направляючий пристрій, що повторює форму глибокої частини масляного піддону двигуна, встановлюється з зазорами 30 мм з кожної зі сторін, для забезпечення швидкості потоку ГПС в просторі, обмеженому поверхнею глибокої частини масляного піддону двигуна і стінками направляючого пристрою в межах 1,7 ... 2,2 м/с. Значення оптимальної швидкості потоку також отримані розрахунковим шляхом.

Для забезпечення оптимальної швидкості в просторі, обмеженому стінкою направляючого пристрою і обігрівальним об'єктом, був зменшений зазор між напрямних пристроєм і масляним піддоном. Масляний піддон двигуна СМД-60 заповнений мінеральним моторним маслом з індексом в'язкості 15-W40 об'ємом 38 л. Час обігріву в кожному циклі обмежувалося досягненням маслом цільової температури. У нашому випадку мінус $10 \pm 3^\circ \text{C}$. Експеримент проводився циклічно, час охолодження задано не менше чотирьох годин. Контроль за температурою масла в піддоні двигуна, здійснювався термопарою, розташованою в середині обсягу масляного піддону. Температурні режими обігріву, визначається на вході в патрубок, що подається: без зниження температури - 525°C , при зниженні ежектором $250 \dots 280^\circ \text{C}$, при використанні ТЗТ (витрата води 0,17 л/хв.) - 218°C , виміряна на вході в направляючий пристрій.

Методика визначення довжини патрубку і витрати води на утворення теплоносія змішаного типу. Теплоносій змішаного типу утворюється за час, який ГПС в суміші з паром і краплями води проходить по патрубку від генератора ГПС до направляючого пристрою. З огляду на те, що на різних режимах роботи обігрівача швидкість потоку ГПС в патрубку і температура змінюються, необхідно визначити мінімальну довжину патрубку, що подається, при якій буде забезпечено утворення ТЗТ, а також виявити залежність витрати води на випаровування від режиму роботи обігрівача.

Для цього інформаційно - вимірювальний комплекс (рисунок 3.9) був використаний у вигляді експериментальної установки, схема якої показано на рисунку 3.9.



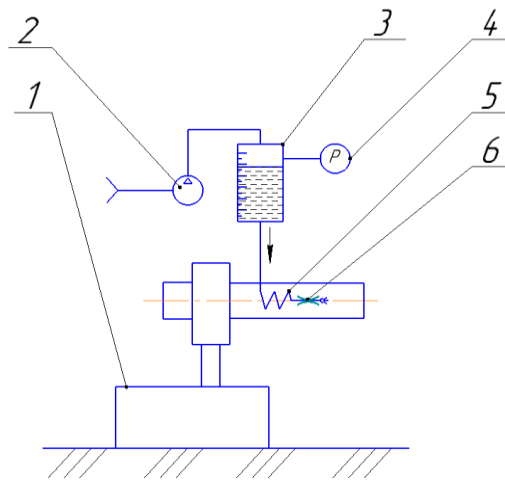
1 - обігрівач рідинний; 2 - градуйований бачок з водою; 3 - пароутворювач зі змінними жиклерами; 4 - патрубок секційний; 5 - термометр; 6 - нагрівається об'єкт; 7 - направляючий пристрій; 8 - мірна ємність

Рисунок 3.9 - Схема установки для визначення повноти випаровування води

У рідинний обігрівач із змінним режимом роботи 1 встановлено пароутворювач з розпилювачем 3, в який подається вода з градуйованого бачка 2, відтаровані за допомогою мензурки другого класу точності (по ГОСТ 1770-74). Жарова труба обігрівача з'єднана з секційною трубою 4, довжина якої змінюється. Секційний патрубок встановлений з ухилом 2° для забезпечення стікання води з патрубку і з'єднаний з направляючим пристроєм 7. У направляючому пристрої встановлений об'єкт що нагрівається 6, температура якого вимірюється термометром 5. Надлишки води, що вийшла з секційного патрубку в направляючий пристрій надходить в мірну ємність 8.

Для освіти теплоносія змішаного типу проводилася регулювання витрати води на випаровування, за допомогою заміни змінних розпилювачів, встановлених на виході пароутворювача. Витрата води замірився за допомогою установки, показаної на рисунку 3.10.

На відміну від попередньої установки, в жарову трубу рідинного обігрівача 1 встановлено пароутворювач 5, на виході якого змонтований змінний розпилювач 6. Вода на пароутворення надходить з мірної ємності 3, тиск в якій регулюється за допомогою повітряного насоса 2 і контролюється по манометру 4. Основним критерієм регулювання тиску є стійкий рух води в трубопроводі, коли з розпилювача виходить пар з дрібними краплями води.



1 - обігрівач; 2 - повітряний насос; 3 - мірна ємність з водою; 4 - манометр; 5 - парообразователь; 6 - змінний розпилювач

Рисунок 3.10 - Установка для визначення витрати води на випаровування в залежності від діаметра розпилювача.

Для перевірки можливості зниження температури ГПС, шляхом подачі води в потік гарячої ГПС, була побудована установка і проведені експерименти.

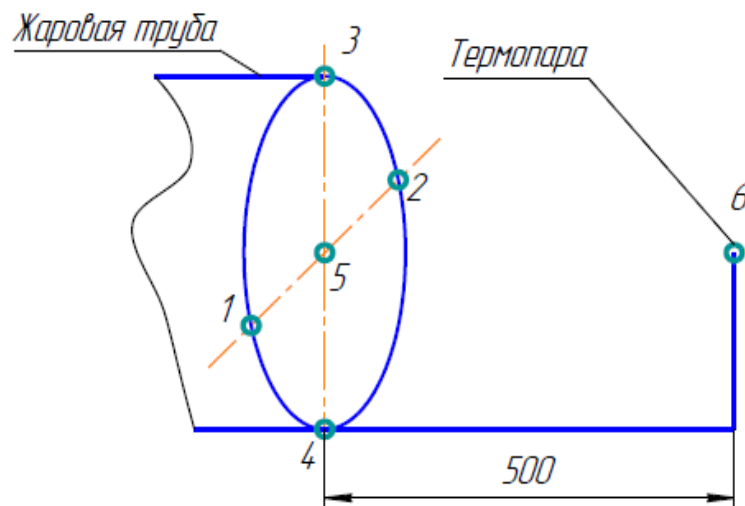


Рисунок 3.11 - Розміщення термопар вимірювальної установки

Температура потоку ГПС вимірювалася термопарами в шістьох точках: по краях зрізу (чотири точки), в центрі зрізу (одна точка) і по центру на відстані від зрізу 500 мм (одна точка). Для забезпечення плавного регулювання температури ГПС змінювали діаметр ежектора.

3.3 Визначення похибок вимірювань

Величини абсолютних і відносних помилок вимірювань визначалися за відомими методиками [85].

Відносна похибка вимірювання температури розраховувалася за формулою:

$$\Delta g_i / g_i = \sqrt{(\Delta T / T)^2 + (\Delta R / R)^2 + (\Delta M / M)^2} \cdot 100\% \quad (3.2)$$

де $\Delta T / T$ - відносна похибка, пов'язана з таріровкою вимірювальної апаратури;

$\Delta R / R$ - відносна похибка, викликана самою апаратурою;

$\Delta M / M$ - відносна похибка, пов'язана з обробкою отриманих результатів.

Відносна похибка таріровки вимірювальної апаратури складається з похибки, пов'язаної зі зміною температури вільних кінців термоелектричного перетворювача ($\Delta T_1 / T_1$) і похибки при перетворенні термопарою абсолютної те-

мператури в електричну величину ($\Delta T_2/ T_2$). Тарировка виконувалася в діапазоні температур від -200 до 600°C . При використанні лабораторних термометрів з межами вимірювань -35 до 75°C максимальне значення похибки вимірювання ΔT_1 становить $0,5^\circ \text{C}$.

Похибка перетворення термоелектричного перетворювача визначається характеристикою аналого-цифрового перетворювача (АЦП) дозволяє вимірювати напругу з похибкою $0,0005 \text{ В}$ в межах $0 \dots 2 \text{ В}$ [19]. Так як характеристика термопари має практично лінійний вид, то при $t_{\min} = -50^\circ \text{C}$ E_{\min} складе $-2,1 \text{ В}$.

Гранична похибка тарировки

$$\Delta T/T = \sqrt{(0,0025/0,1)^2 + (0,0005/0,1)^2} \cdot 100\% = 2,55\%.$$

Похибка апаратури складається з похибки підсилювача (по паспорту $0,5\%$) і похибка АЦП:

$$\Delta R/R = \sqrt{(0,5/100)^2 + (0,005/0,1)^2} \cdot 100\% = 0,7\%.$$

Похибки обробки результатів викликаються особливостями цього процесу. Значення масиву тарировки розташовуються через кожні $0,0025 \text{ мВ}$, на проміжку від 0 до $9,0 \text{ мВ}$. Комп'ютер виконує вибірку з масиву тарировки того елемента, значення якого найближче до вимірної напруги. Таким чином, максимальна похибка обробки складе:

$$\Delta M / M = (0,0025 / 2 \cdot 0,1) 100\% = 1,25\%.$$

Загальна гранична помилка складе:

$$\Delta = \sqrt{2,55^2 + 0,7^2 + 1,25^2} \cdot 100\% = 2,9\%.$$

Ефективне значення помилки приймається рівною $1/3$ граничної:

$$\sigma = 2,9 / 3 = 0,98\%.$$

Аналогічним чином були визначені величини абсолютних і відносних похибок положення інших величин. Результати розрахунків наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 Ймовірна абсолютна і відносна помилки вимірювань

Найменування величини, яка визначається	абсолютна помилка (max)	відносна помилка, %
Температура, °С:		
вільних кінців термопари	1,20	±1,5
температура теплоносія під стінами КП	1,70	±2,0
масла	1,85	±2,0

Висновки до розділу 3

1. На основі патентів на винахід №2478824, 2480618 та патенту на корисну модель № 61359 розроблений і виготовлений інформаційно - вимірювальний комплекс, шляхом переоснащення, що дозволяє визначити вплив теплофізичних властивостей теплоносіїв різних типів на інтенсивність теплової підготовки агрегатів АТТ.
2. На основі аналізу факторів, що впливають на процес теплообміну, розроблені та апробовані: методика проведення експериментів; методика виробничих випробувань; методика визначення довжини патрубків і витрати води на утворення теплоносія змішаного типу.
3. Визначено похибки вимірювань і доведена достатня точність проведених вимірювань.
4. Результати експериментальних досліджень і рекомендації по застосуванню передпускового пристрою представлені в додатках.

РОЗДІЛ 4

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ СЕМІНАРУ НА ТЕМУ «ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ ТЕПЛОВОЇ ПІДГОТОВКИ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ В УМОВАХ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР»

Стратегічні цілі: стати кваліфікованим спеціалістом у транспортній галузі, одержати знання, уміння та навички для того щоб надалі бути затребуваним на ринку труда та праці.

Дисципліна, з якої буде розроблятися семінар: «Експлуатація та ремонт (верстатів та верстатних систем, транспортних машин)» з теми: «Шляхи удосконалення засобів теплової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур».

4.1. Постановка оперативних цілей семінару

Оперативні цілі - це проекти чи програми, які забезпечуватимуть досягнення стратегічних цілей. Вони визначають стратегічні цілі кількісно та мають терміни виконання [2].

В процесі підготовки здобувачів освіти за спеціальністю «Професійна освіта. Транспорт», здобувачі освіти проходили багато різних дисциплін за різними напрямками, одна з яких «Експлуатація та ремонт (верстатів та верстатних систем, транспортних машин)».

Цілі семінару зазначені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Цілі семінару

Дидактична мета семінару	Рівень цілі	Умови досягнення цілі	Результат у вигляді дій, які здобувачі освіти повинні продемонструвати в результаті виконання семінару, та їх характеристика	Розвиваюча мета проведення семінару.
Сформувати вміння у здобувачі освіти визначати, характеризувати, аналізувати шляхи удосконалення засобів теплової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур та надавати рекомендації щодо їх впровадження	IV рівень	Сформовані знання про автотракторні двигуни	Сформоване вміння у здобувачів освіти визначати, характеризувати, аналізувати шляхи удосконалення засобів теплової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур та надавати рекомендації щодо їх впровадження	Розвивати алгоритмічну культуру здобувачів освіти як здатність діяти за заданим алгоритмом а також вміння самостійно конструювати нові алгоритми на основі аналізу й узагальнення послідовності виконуваних операцій і дій, що ведуть до шуканого результату. Розвиток комунікативних та творчих здібностей.

4.2. Вибір типу семінару і форми його проведення

Семінар – це вид занять, який включає самостійне вивчення здобувачами освіти програмного матеріалу і обговорення на заняттях результатів пізнавальної діяльності.

Семінари бувають різних типів: семінар-бесіда, реферативний семінар (або семінар обговорення), семінар-рішення задач або проблем, між предметні семінари, семінар-конференція [3].

Враховуючи дидактичну та розвиваючу мету було обрано реферативний семінар, тому що вивчаються окремі питання теми та систематизація уявлень здобувачів освіти, вибір типу семінару та форми його проведення наведено у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Вибір типу семінару та форми його проведення

Тема семінару	Дисципліна, з якої проводиться семінар	Тип семінару та обґрунтування його обрання	Форма проведення семінару та обґрунтування її обрання
1	2	3	4
«Шляхи удосконалення засобів теплової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур».	«Експлуатація та ремонт (верстатів та верстатних систем, транспортних машин)»	Тип: Реферативний семінар. Такі семінари проводяться для поширення і систематизації уявлень здобувачів освіти по окремим питанням навчального курсу	Форма проведення: Групова. Окремі студенти виступають з доповідями і повідомленнями (обрання доповідачів відбувається заздалегідь шляхом жеребкування, так само і розподіляються теми). Решта студентів повинна уважно слухати доповіді та доповнювати їх і готуватися зайняти місце доповідача на наступному семінарі

4.3. Визначення переліку питань для обговорення та джерел інформації при підготовці до семінару.

Перелік питань, які необхідно розглянути на семінарі наведено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Питання для обговорення

Питання для обговорення	Джерела інформації
1	2
В чому полягає сутність визначення впливу низьких температур навколишнього довкілля на пуск автотракторних двигунів в межах опису шляхів удосконалення?	Андрусенко С. І. Технологічне проектування автотранспортних підприємств : навч. посіб. / Андрусенко С. І., Білецький В. О., Бортницький П. І.; за ред. проф. С. І. Андрусенка. – К. : Каравела, 2009. – 368 с. Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. В 3 кн. – Кн. 1 : Теоретичні основи. Технологія: Підручник / В.
Яка сутність процесів впорскування, сумішоутворення і горіння при низьких температурах в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів?	
Як визначаються параметрів палива, що впливають на експлуатаційні якості автотракторних двигунів в умовах низьких температур?	
Як відбувається визначення дизельних палив з низькотемпературними властивостями в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів?	
В чому особливості процесу кристалізації парафінів і методи поліпшення низькотемпературних властивостей дизельного палива в межах визначення шляхів удосконалення	

Продовження табл. 4.3

1	2
автотракторних двигунів?	Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигриниць. – К. : Вища школа, 1994. –с. – 384 с.
Як визначаються межі працездатності паливної системи при низьких температурах в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів?	Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. В 3 кн. – Кн. 2 : Організація, планування і управління : Підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигриниць. – К. : Вища школа, 1994. – 383 с.
Які існують методи розрахунку нагрівальних елементів, встановлених в паливній системі дизеля в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів?	Канарчук В. Є. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. В 3 кн. – Кн. 3 : Ремонт автотранспортних засобів : Підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигриниць. – К. : Вища шк., 1994. – 495 с

4.4. Проєктування мотиваційних технологій навчання здобувачів освіти на семінарі.

Мотивація – це вид управлінської діяльності, який забезпечує процес спонукання особи до дієвості, спрямованої на досягнення особистих цілей чи цілей організації. Мотивація - це так звані психічні явища, що стали спонуканням до виконання тієї або іншої дії, учинку, що визначають активність особистості та її спрямованість на досягнення запланованого результату [2].

Для проведення даного семінару визначаємо тип, вид та методи мотивації. Враховуючи те, що дидактична мета в нас 4 рівня, то тип мотивації обираємо – внутрішню, яка допоможе нам досягти нашої поставленої мети, тому, що направить здобувачів освіти на вивчення теми більш детально та творчо. Текст мотивації представимо в табл.4.4.

Таблиця 4.4 – Обрання методів мотивації навчальної діяльності

Вид і методи мотивації	Вступна мотивація	Підтримуюча (поточна) мотивація
Внутрішня мотивація	<p>Експлуатація автотракторної техніки, оснащеної дизельними двигунами, в зимовий період пов'язана з великою витратою палива і теплової енергії. Це обумовлено тим, що при негативних температурах навколишнього середовища в дизельному паливі утворюються кристали вуглеводнів парафінового ряду, які накопичуються в вузьких місцях штуцерів і паливо проводів, забиваючи фільтри грубої і тонкого очищення. При цьому збільшується їх опір, що призводить, як правило, до розриву паперового елемента і роботі дизеля на неочищеному паливі. В результаті відбувається швидкий вихід з ладу паливного насоса і форсунок, багато в чому визначають працездатність дизеля. Крім того, при негативних температурах утрудняється пуск холодного дизеля. Для руйнування кристалічних структур вуглеводнів перед пуском двигуна в зимових умовах використовують підігрів палива. Розрахунки показують, що при температурі атмосферного повітря -20 0С, на підготовку до пуску дизельного двигуна середньої потужності витрачається близько 1100 МДж теплової енергії. Така кількість тепла виділяється при повному згорянні 2,5 кг дизельного палива. при високих цінах на паливно-мастильні матеріали розробка питань економії паливних і енергетичних ресурсів має першорядне значення для всіх суб'єктів господарювання. Температура навколишнього повітря істотно впливає на перебіг фізичних процесів, пов'язаних з кристалізацією парафінистих вуглеводнів, конденсацією і розчиненням води в паливі, потужності, енергетичні та екологічні характеристики двигуна, надійність і довговічність роботи паливної апаратури і двигуна в цілому. Тому, дослідження в області обґрунтування критеріїв і розробці простих, дешевих і довговічних приладів для пуску і прогріву дизельних двигунів в зимовий період експлуатації мають важливе практичне значення [4].</p>	<p>Ми з вами заслухали декілька доповідей з теми семінару. Отже, продовжуємо працювати та заслухаємо ще кілька доповідей. Не забувайте, що сьогодні за роботу на семінарі всі отримають бали, але їх кількість буде залежати від того, як Ви працюєте. Тож не відволікайтесь і продовжуємо!</p>

4.5. Аналіз базових умов навчання

Базовий матеріал – це всі ті відомості, що за змістом зв'язані з даною темою і знання яких здобувачем освіти робить для нього новий матеріал доступним.

В таблиці 4.5 наведемо аналіз базових умов навчання з теми семінару.

Таблиця 4.5. – Аналіз базового матеріалу і способи актуалізації базових знань

Перелік базових понять, законів, способів дій	Назва дисциплін і тем, в яких формуються опорні знання і дії	Способи (методи, форми, засоби) перевірки рівня сформованості базових знань і способів дій	Способи актуалізації або поповнення базових знань і способів дій
1	2	3	4
Автотракторні двигуни, їх характеристики, будова, конструкція та призначення	Експлуатація та ремонт (верстатів та верстатних систем, транспортних машин)	Усне фронтальне опитування, за допомогою питань: 1. Які деталі входять до поршневої групи двигуна? 2. З яких матеріалів виготовляють поршні автотракторних двигунів? 3. З яких матеріалів виготовляють поршневі пальці автотракторних двигунів? 4. З яких матеріалів виготовляють поршневі кільця автотракторних двигунів?	Стисле нагадування основних положень базового матеріалу

4.6. Проектування основної частини реферативного семінару.

При розробці дидактичного проекту семінару слід:

- визначити навчальний матеріал, що підлягає закріпленню, та сформулювати питання для обговорення;
- розробити змістовні матеріали з кожного питання: перелік основних понять, показників та закономірностей, які повинні бути обговорені та закріплені на семінарі;
- навести перелік тем доповідей, а також визначити мету та тривалість кожної доповіді наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6. – Характеристика доповідей на семінарі

№ доповіді	Тема доповіді	Мета доповіді	Тривалість доповіді	Тривалість обговорення доповіді
1	2	3	4	5
1	Визначення впливу низьких температур навколишнього довкілля на пуск автотракторних двигунів в межах опису шляхів удосконалення	Ознайомити слухачів з особливостями технології визначення впливу низьких температур навколишнього довкілля на пуск автотракторних двигунів в	8-12 хв.	5-6 хв.

Продовження табл. 4.6

1	2	3	4	5
		межах опису шляхів удосконалення		
2	Сутність процесів впорскування, сумішоутворення і горіння при низьких температурах в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	Описати та пояснити сутність процесів впорскування, сумішоутворення і горіння при низьких температурах в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	8-12 хв.	5-6 хв.
3	Визначення параметрів палива, що впливають на експлуатаційні якості автотракторних двигунів в умовах низьких температур	Визначити сутність методики розрахунку параметрів палива, що впливають на експлуатаційні якості автотракторних двигунів в умовах низьких температур	8-12 хв.	5-6 хв.
4	Визначення дизельних палив з низькотемпературними властивостями в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	Охарактеризувати методику визначення дизельних палив з низькотемпературними властивостями в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	8-12 хв.	5-6 хв.
5	Процес кристалізації парафінів і методи поліпшення низькотемпературних властивостей дизельного палива в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	Визначити та проаналізувати особливість процесу кристалізації парафінів і методи поліпшення низькотемпературних властивостей дизельного палива в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	8-12 хв.	5-6 хв.
6	Визначення меж працездатності паливної системи при низьких температурах в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	Опис сутності визначення меж працездатності паливної системи при низьких температурах в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	8-12 хв.	5-6 хв.
7	Методи розрахунку нагрівальних елементів, встановлених в паливній системі дизеля в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	Опис методів розрахунку нагрівальних елементів, встановлених в паливній системі дизеля в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	8-12 хв.	5-6 хв.

Далі необхідно зазначити перелік джерел інформації для доповідей, який знаходиться в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7. – Джерела інформації для підготовки доповідей

Теми доповідей	Джерела інформації
Визначення впливу низьких температур навколишнього довкілля на пуск автотракторних двигунів в межах опису шляхів удосконалення	Наведені у таблиці 4.3
Сутність процесів впорскування, сумішоутворення і горіння при низьких температурах в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	
Визначення параметрів палива, що впливають на експлуатаційні якості автотракторних двигунів в умовах низьких температур	
Визначення дизельних палив з низькотемпературними властивостями в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	
Процес кристалізації парафінів і методи поліпшення низькотемпературних властивостей дизельного палива в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	
Визначення меж працездатності паливної системи при низьких температурах в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	
Методи розрахунку нагрівальних елементів, встановлених в паливній системі дизеля в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	

Далі розробляємо змістовну характеристику кожної доповіді і методику її проведення, яка представимо в таблиці 4.8.

Таблиця 4.8. – Змістовна характеристика доповідей

Тема доповіді	Частини доповіді	Основні питання доповіді	Метод викладу змісту	Методика забезпечення наочності	Прийоми активізації слухачів
1	2	3	4	5	6
Доповідь №1 Тема «Визначення впливу низьких температур навколишнього довкілля на пуск автотракторних двигунів в межах опису шляхів удосконалення»	Вступна частина	Характеристика технології визначення впливу низьких температур навколишнього довкілля на пуск автотракторних двигунів в межах опису шляхів удосконалення	Монологічний метод	Демонстрація ілюстрацій	Розповідь
	Основна частина				
	Заключна частина	Висновки			

Продовження табл. 4.8

1	2	3	4	5	6
Доповідь №2 Тема: «Сутність процесів впорскування, сумішоутворення і горіння при низьких температурах в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів»	Вступна частина	Аналіз сутності процесів впорскування, сумішоутворення і горіння при низьких температурах в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	Монологічний метод	Демонстрація презентаційних слайдів	Виступ з проблемою
	Основна частина				
	Заключна частина	Висновки			
Доповідь №3 Тема: «Визначення параметрів палива, що впливають на експлуатаційні якості автотракторних двигунів в умовах низьких температур»	Вступна частина	Опис методики визначення параметрів палива, що впливають на експлуатаційні якості автотракторних двигунів в умовах низьких температур	Монологічний метод	Демонстрація ілюстрацій	Розповідь
	Основна частина				
	Заклучна частина	Висновки			
Доповідь №4 Тема: «Визначення дизельних палив з низькотемпературними властивостями в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів»	Вступна частина	Характеристика методики визначення дизельних палив з низькотемпературними властивостями в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	Монологічний метод	Демонстрація ілюстрацій	Розповідь
	Основна частина				
	Заклучна частина	Висновки			
Доповідь №5 Тема: «Процес кристалізації парафінів і методи поліпшення низькотемпературних властивостей дизельного палива в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів»	Вступна частина	Опис процесу кристалізації парафінів і методи поліпшення низькотемпературних властивостей дизельного палива в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	Монологічний метод	Демонстрація ілюстрацій	Розповідь
	Основна частина				
	Заклучна частина	Висновки			
Доповідь №6 Тема: «Визначення меж працездатності паливної системи при низьких температурах в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів»	Вступна частина	Характеристика методики визначення меж працездатності паливної системи при низьких температурах в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	Монологічний виклад інформації	Демонстрація презентаційних слайдів	Паузи на важливих моментах, тезисні висновки
	Основна частина				

Продовження табл. 4.8

1	2	3	4	5	6
	Заключна частина	Висновки			
Доповідь №7 Тема: «Методи розрахунку нагрівальних елементів, встановлених в паливній системі дизеля в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів»	Вступна частина	Опис методів розрахунку нагрівальних елементів, встановлених в паливній системі дизеля в межах визначення шляхів удосконалення автотракторних двигунів	Монологічний виклад інформації	Демонстрація презентаційних слайдів	Паузи на важливих моментах, наведення прикладів з професійної діяльності досвідчених науковців та фахівців в цьому питанні
	Основна частина				
	Заключна частина	Висновки			

Критерії оцінювання здобувачів освіти наведені в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Оцінка участі здобувачів освіти в семінарі та доповідей

Критерії оцінки участі в семінарі	Кількість балів	Критерії оцінки доповіді	Кількість балів
Виступ з доповіддю	0-5	Повнота висвітлення теми доповіді	0-6
Опанування	0-5	Логічність викладу	0-5
Виступ в обговоренні доповіді	0-5	Наочність викладу	0-5
Культура мови	0-4	Володіння аудиторією	0-4

Максимум оцінки надається за рахунок участі та вкладу кожного здобувача освіти в підготовку та представленні доповіді.

Загальна кількість балів перераховується за коефіцієнтом з розрахунку кількості занять та максимум за вивчення дисципліни – 100 балів.

Сценарій проведення реферативного семінару на тему: «Шляхи удосконалення засобів теплової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур» наведено в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10. – Сценарій проведення реферативного семінару

Етап проведення семінару	Дії викладача	Дії здобувачів освіти
1	2	3
Організація початку заняття	Викладач вітається зі здобувачами освіти, налаштовує їх на робочий лад, перевіряє присутніх на занятті	Здобувачі освіти готуються до заняття, слухають уважно викладача
Повідомлення теми, цілі, увідна мотивація навчальної діяльності	Тема нашого сьогоднішнього заняття: «Шляхи удосконалення засобів теплової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур», мета заняття: Сформувати уміння у здобувачі освіти визначати, характеризувати, аналізувати шляхи удосконалення засобів теплової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур та надавати рекомендації щодо їх впровадження. Мотивує на вивчення теми.	Здобувачі освіти записують тему заняття, сприймають мету заняття, усвідомлюють важливість і актуальність теми.
Аналіз сформованості та актуалізація опорних знань	Проведення усного фронтального опитування. Стисле нагадування основних моментів базового матеріалу	Здобувачі освіти слухають викладача, відповідають на питання. Слухають стисле нагадування базових понять
Повідомлення про тематику доповідей і організацію опанування та обговорення.	На сьогоднішньому занятті, ми з вами заслухаємо доповіді стосовно шляхів удосконалення засобів теплової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур, після кожного виступу буде можливість обговорити основні положення доповіді та прийти до певних висновків. Ті, хто будуть активно приймати участь в обговоренні доповідей, отримають додаткові бали на занятті, та певний досвід в рамках даної теми. Також під час виступу, всі інші повинні конспектувати основні положення.	Здобувачі освіти слухають викладача. Здобувачі освіти з доповідями готуються до виступу.
Заслуховування та обговорення доповідей.	Заслуховування доповідей здобувачів освіти на обрані теми. Після кожної доповіді у здобувачів освіти є 5-6 хв. для того, щоб обговорити виступ, задати питання, які виникали під час доповіді. Обговорення.	Слухають уважно доповідачів, конспектують основні положення. Обговорюють доповідь та задають питання. Висловлюють свої думки

Продовження табл. 4.10

1	2	3
Оцінка доповідей та участі здобувачів освіти в їх обговоренні.	Ми прослухали всі доповіді, які були на сьогодні підготовлені. Всі дуже гарно підготувалися та виступили та отримають добрі оцінки, здобувачі освіти які приймали участь в обговоренні також отримають додаткові бали.	Слухають уважно викладача
Підведення підсумків семінару.	На сьогоднішньому занятті ми з вами добре попрацювали, дізнались про шляхи удосконалення засобів теплової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур, що стане Вам у пригоді у подальшому навчанні Вашій професії та у майбутній професійній діяльності.	Слухають викладача

Висновки до 4 розділу

В цьому розділі було розроблено методичні вказівки до проведення семінару на тему «Шляхи удосконалення засобів теплової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур» для фахівців транспортної галузі. Ці методичні вказівки допоможуть оволодіти знаннями, уміннями та навичками з даної теми. Були сформульовані оперативні цілі семінару, обраний тип та форма проведення семінару, визначений перелік питань для обговорення, сформульована мотивація для зацікавленості здобувачів освіти у вивченні теми, проаналізовані базові умови навчання з теми, обрані та проаналізовані джерела інформації для підготовки до семінару, описані критерії оцінювання доповідей здобувачів освіти на семінарі та розроблений сценарій проведення семінарського заняття з теми.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Визначено, описано, теоретично обґрунтовано та проаналізувано процес професійної підготовки фахівців транспортної галузі, розроблено методичні вказівки до проведення семінару з теми «Шляхи удосконалення засобів теплової підготовки автотракторних двигунів в умовах низьких температур».

2. Отримано математичні вираження, що описують взаємодію потоку теплоносія з нагрівальним об'єктом, виявлені теплофізичні параметри теплоносія й конструктивні особливості їхніх формуючих пристосувань на інтенсивність його прогріву. Обґрунтовано, що для забезпечення мінімального часу теплової підготовки агрегатів теплоносієм з низькою температурою оптимальними є швидкість потоку в зазорі «напрямний пристрій-стінка агрегату» рівна 5 м/с, а витрата води для утворення теплоносія змішаного типу повинна бути 0,17 л/хв при тепловій потужності підігрівача 15 кВт.

3. Установлено кількісні взаємозв'язки між фізичними властивостями теплоносія та інтенсивністю передачі теплоти в процесі теплової підготовки агрегатів МСГТ. На прикладі двигуна СМД-60 трактора Т-150К доведено, що час прогріву масла до цільової температури змішаним теплоносієм з температурою 150⁰С відповідає сухому теплоносію з температурою 400⁰С. Таким чином, підтверджена можливість зниження температури ГПС для зниження ризику термічних ушкоджень без збільшення часу теплової підготовки.

4. Обґрунтовано конструктивні й режимні параметри засобів теплової підготовки, що забезпечують зниження температури ГПС до 150⁰С. Так, установка парогенератора на обігрівач із тепловою потужністю 15 кВт дозволяє подачею води в обсязі 0,12 л/хв. знизити температуру ГПС із 485⁰С до 217⁰С при цьому інтенсивність прогріву виросла з 2,43⁰С/хв. до 2,53⁰С /хв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Головенкін В. П. Інженерна педагогіка [Електронний ресурс] : підруч. / В. П. Головенкін. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. Режим доступу: http://psy.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/02/Injenerna_pedagogika.pdf

2. Коваленко О. Е., Брюханова Н. О., Корольова Н.В. Методика професійного навчання: дидактичне проектування: Підручник для студентів інженерно-педагогічних спеціальностей. – Харків: УПА, 2019. – 204 с.

3. Коваленко О. Е., Брюханова Н. О., Корольова Н.В. Методика професійного навчання: основні технології навчання: Підручник для студентів інженерно-педагогічних спеціальностей. – Харків: УПА, 2019. – 174 с.

4. Лебедик Л.В., Стрельников В.Ю., Стрельников М.В. Сучасні технології навчання і методики викладання дисциплін: Навчально-методичний посібник для слухачів курсів підвищення кваліфікації педагогічних працівників закладів середньої, професійної (професійно-технічної), фахової передвищої та вищої освіти / Л. В. Лебедик, В. Ю. Стрельников, М. В. Стрельников. – Полтава : АСМІ, 2020. – 303 с.

5. Методика професійної освіти : навч. посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 015 «Професійна освіта» галузі знань 01 «Освіта / Педагогіка» / Д. О. Чернишев, К. І. Почка, Г. Л. Корчова, Ю. С. Красильник, М. В. Руденко. – Київ : Компринт, 2024. – 224 с.

6. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи для здобувачів освіти другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальністю 015 Професійна освіта (за спеціалізацією) / Укр. інж.-пед. акад.; упоряд.: О. Е. Коваленко, Н. О. Брюханова, Н.В. Божко, Н.В. Корольова – Харків: УПА, 2024. – 82 с.

7. Освітньо-професійна програма «Професійна освіта (Машинобудування)» першого (бакалаврського) рівня. Затверджена вченою радою Української інженерно-педагогічної академії від 28.06.2024 року №13.

8. Освітньо-професійна програма «Професійна освіта (Машинобудування)» другого (магістерського) рівня. Затверджена вченою радою Української інженерно-педагогічної академії від 28.06.2024 року №13.

9. Семенова А.В. Професійна педагогіка: Підручник. / Авт. : О.В. Грабовський, Л.В. Коломієць, О.С. Савельєва, А.В. Семенова, В.Ф. Яні; за заг. ред. А.В. Семенової. – Одеса: Бондаренко М.О., 2020. – 575 с.

10. Сайт дистанційної освіти Університету – Режим доступу: <https://moodle.karazin.ua>

11. EdEra – студія онлайн-освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ed-era.com/>

12. Український освітній онлайн-портал для вчителів «На Урок» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/>

13. «Освіторія Медіа» – онлайн медія про освіта та виховання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://osvitoria.media/>

14. Освіта.UA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://osvita.ua>

15. Всеосвіта – освітня платформа для професійного зростання педагогічних працівників та підвищення їх педагогічної майстерності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseosvita.ua/>

16. Дихтиевский О.В., Юревич И.Ф., Мартыненко О.Г. Тепловые аккумуляторы: Препринт № 27 / Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова. - Минск, 1989. - 55 с.

17. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

18. Бурак В.С. Тепловой аккумулятор на фазовом переходе для автомобильного транспорта: Автореф. ... канд. техн. наук /ИТМО. - Беларусь, Минск, 2001. - 22 с.

19. Ишков А.М. Исследование эксплуатационных свойств автомобилей в условиях холодного климата (на примере хладноломкости некоторых деталей ходовой части): Автореферат дис. канд. техн. наук. - 1982. - 18 с.