

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій,
мехатроніки і робототехніки
Кафедра автомобілів і транспортних технологій**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
освітнього ступеня
магістр

Галузь знань 27 – «Транспорт»
Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

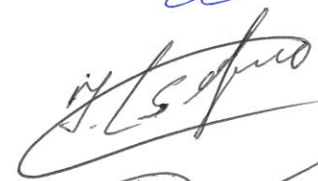
на тему: «Підвищення надійності та ефективності систем охолодження двигунів
автобусів»

Виконав: студент групи ААГ-21м



Олексій МАКОВСЬКИЙ

Керівник:



Ігор ШЕПЕЛЕНКО

Завідувач кафедри:



Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ

Рецензент:



Дмитро БЕГЕРСЬКИЙ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет: комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки

Кафедра: автомобілів і транспортних технологій

Освітній ступінь: «магістр»

Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 274 – Автомобільний транспорт»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри А і ТТ
Володимир ШУМЛЯКІВСЬКИЙ

«06» 11 2024 р.

ЗАВДАННЯ

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня магістр

Маковський Олексій Миколайович

1.Тема роботи: «Підвищення надійності та ефективності систем охолодження двигунів автобусів» затверджена наказом вищого навчального закладу від «20» жовтня 2024 року № 601-С

Керівник роботи: д.т.н., професор Ігор ШЕПЕЛЕНКО

2. Строк подання студентом завершеної роботи 16.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: державні стандарти України щодо систем охолодження двигунів транспортних засобів, європейські регламенти щодо екологічності транспортних засобів, технічні умови та інструкції виробників автобусів (параметри охолоджуючих систем), нормативи теплового навантаження на двигуни автобусів за різних умов експлуатації.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ: Актуальність теми. Об'єкт, предмет, мета та задачі дослідження. Теоретичні основи роботи систем охолодження двигунів автобусів. Методологія та практична реалізація підвищення надійності системи охолодження. Проектування пристроїв для ефективної системи охолодження двигунів автобусів. Загальні висновки по роботі. Список використаної літератури.

5. Пояснювально - роздавальний матеріал (презентація) – 16 слайдів.

Дата видачі завдання « 06 » 11 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Вступ. Формування актуальності теми. Об'єкт, предмет, мета та задачі дослідження.	17.09.2024	Виконано
2.	Теоретичні основи роботи систем охолодження двигунів автобусів	24.09.2024	Виконано
3.	Методологія та практична реалізація підвищення надійності системи охолодження	08.10.2024	Виконано
4.	Проектування пристроїв для ефективної системи охолодження двигунів автобусів	22.10.2024	Виконано
5.	Виконання загальних висновків по роботі	05.11.2024	Виконано
6.	Оформлення списку використаної літератури	19.11.2024	Виконано
7.	Оформлення пояснювальної записки	26.11.2024	Виконано
8.	Рецензування	16.12.2024	Виконано
9.	Попередній захист	17.12.2024	Виконано
10.	Захист	18.12-31.12.2024	Виконано

Студент



Олексій МАКОВСЬКИЙ

Керівник роботи



Ігор ШЕПЕЛЕНКО

АНОТАЦІЯ

Маковський О.М. Підвищення надійності та ефективності систем охолодження двигунів автобусів. – Рукопис.

Магістерська кваліфікаційна робота представлена на здобуття ступеня вищої освіти «магістр», галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». – Державний університет «Житомирська політехніка», м. Житомир, 2024 р.

Робота складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Основний текст магістерської роботи викладений на 56 сторінках, повний обсяг роботи становить 65 сторінок, включаючи 34 рисунків та 4 таблиць. Список використаних джерел нараховує 18 найменувань.

У роботі виконано огляд конструкційних особливостей систем охолодження двигунів автобусів, що забезпечують їх стабільну роботу в різних умовах експлуатації. Основними елементами систем є радіатор, насос, термостат, вентилятор і охолоджувальна рідина, ефективна взаємодія яких підтримує оптимальну температуру двигуна.

Виявлено основні причини зниження надійності систем охолодження: утворення накипу, зношування деталей, низька якість охолоджувальних рідин і недостатній технічний контроль. Запропоновано сучасні підходи до обслуговування, зокрема регулярну діагностику, промивання системи й заміну рідин.

Теоретичний аналіз теплових процесів у двигунах автобусів виявив необхідність удосконалення систем охолодження для зменшення теплових втрат і підвищення ефективності.

Впровадження інтелектуальних систем управління температурою й сучасних технологій діагностики, таких як IoT та тепловізійний контроль, дозволяє своєчасно виявляти несправності, оптимізувати витрати та запобігати аваріям. Комплексний підхід до модернізації систем охолодження підвищує ефективність, надійність і економічну ефективність експлуатації автобусів.

Ключові слова: ефективність, надійність, двигун, система охолодження, автобус, аналіз, дослідження, ресурс.

ABSTRACT

Makovsky O.M. Increasing the reliability and efficiency of bus engine cooling systems. – Manuscript.

Master's qualification work is presented for the degree of higher education "Master", field of knowledge 27 "Transport" specialty 274 "Automobile transport". – State University "Zhytomyr Polytechnic", Zhytomyr, 2024.

The work consists of an introduction, three sections, general conclusions, a list of sources used. The main text of the master's work is set out on 56 pages, the full volume of the work is 65 pages, including 34 figures and 4 tables. The list of sources used includes 18 items.

The work reviews the design features of bus engine cooling systems that ensure their stable operation in various operating conditions. The main elements of the systems are a radiator, pump, thermostat, fan and coolant, the effective interaction of which maintains the optimal engine temperature.

The main reasons for the decrease in the reliability of cooling systems were identified: scale formation, wear of parts, low quality of coolants and insufficient technical control. Modern approaches to maintenance were proposed, including regular diagnostics, flushing of the system and replacement of fluids.

Theoretical analysis of thermal processes in bus engines revealed the need to improve cooling systems to reduce heat losses and increase efficiency.

The introduction of intelligent temperature control systems and modern diagnostic technologies, such as IoT and thermal imaging, allows for timely detection of malfunctions, optimization of costs and prevention of accidents. An integrated approach to the modernization of cooling systems increases the efficiency, reliability and cost-effectiveness of bus operation.

Keywords: efficiency, reliability, engine, cooling system, bus, analysis, research, resource.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ДВИГУНІВ АВТОБУСІВ.....	9
1.1. Аналіз систем охолодження двигунів автобусів.....	9
1.2. Основні причини зниження надійності та ефективності роботи систем охолодження.....	15
1.3. Ремонт та технічне обслуговування системи охолодження автобусів.....	22
1.4. Теоретичні моделі теплових процесів у двигунах автобусів.....	26
Висновки до першого розділу.....	30
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ.....	31
2.1. Рекомендації щодо вдосконалення систем охолодження двигунів автобусів.....	31
2.2. Оцінка економічної ефективності та підвищення надійності системи охолодження двигунів автобусів.....	33
Висновки до другого розділу.....	43
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ДВИГУНІВ АВТОБУСІВ.....	45
3.1. Характеристики ефективної системи охолодження двигунів автобусів.....	45
3.2. Удосконалення системи охолодження двигуна автобуса.....	49
3.3. Модифікація конструкції системи охолодження двигуна автобуса.....	53
3.4. Оцінка витрат палива при експлуатації двигуна в умовах низьких температур.....	57
3.5. Використання сучасних технологій діагностики та моніторингу стану системи охолодження.....	59
Висновки до третього розділу.....	62
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	64

ВСТУП

Актуальність теми. Системи охолодження двигунів є важливими елементами в забезпеченні стабільної та безпечної роботи автобусів, особливо в умовах інтенсивної експлуатації. Актуальність дослідження цієї теми обумовлена кількома ключовими чинниками:

1. Підвищення енергоефективності транспорту. У зв'язку зі зростанням вимог до економії пального та зниження викидів шкідливих речовин, важливо оптимізувати роботу двигунів. Ефективна система охолодження сприяє підтримці оптимального температурного режиму, що підвищує ККД двигуна та зменшує витрати пального.

2. Забезпечення надійності транспорту. Відмова системи охолодження є однією з основних причин поломок двигунів. У автобусах, які використовуються для перевезення пасажирів, відмови можуть спричинити серйозні наслідки, такі як простої, фінансові збитки та загроза безпеці пасажирів.

3. Сучасні виклики в сфері міського транспорту. Збільшення інтенсивності транспортного руху та використання автобусів у міських умовах із частими зупинками вимагає адаптації систем охолодження до різних режимів роботи двигуна. Зокрема, в умовах високих температур навколишнього середовища системи охолодження мають бути максимально ефективними.

4. Впровадження нових технологій. Розробка сучасних технологій, таких як електронно-керовані системи охолодження, використання нових матеріалів (наприклад, для радіаторів і трубопроводів), сприяє підвищенню ефективності та надійності. Проте їх впровадження потребує подальших досліджень і адаптації до умов експлуатації.

5. Зниження експлуатаційних витрат. Надійна система охолодження дозволяє мінімізувати витрати на ремонт та технічне обслуговування двигунів, що є критично важливим для автопарків, які обслуговують пасажирські перевезення.

6. Екологічна складова. Ефективна система охолодження сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин завдяки оптимізації згоряння палива. Це відповідає сучасним екологічним стандартам та цілям сталого розвитку.

Таким чином, дослідження, спрямоване на підвищення надійності та ефективності систем охолодження двигунів автобусів, є актуальним і відповідає сучасним технічним, економічним та екологічним викликам. Його результати можуть бути застосовані для покращення експлуатаційних характеристик транспорту, зниження витрат і підвищення безпеки пасажирських перевезень.

Об’єкт дослідження - процеси, конструктивні елементи та технологічні рішення, що впливають на надійність і ефективність роботи систем охолодження двигунів автобусів в умовах різних експлуатаційних режимів.

Предмет дослідження - системи охолодження двигунів автобусів, які забезпечують стабільну роботу двигуна, підтримуючи оптимальний температурний режим під час експлуатації транспортного засобу.

Метою даного дослідження є розробка та обґрунтування технічних і технологічних рішень, спрямованих на підвищення надійності та ефективності роботи систем охолодження двигунів автобусів в умовах інтенсивної експлуатації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Виконати огляд конструкційних особливостей систем охолодження двигунів автобусів.
2. Проаналізувати основні причини зниження надійності систем охолодження.
3. Запропонувати сучасні підходи до обслуговування системи охолодження автобусів.
4. Провести теоретичний аналіз теплових процесів у двигунах автобусів та запропонувати рекомендації щодо ефективності роботи системи охолодження.
5. Запропонувати варіанти модернізації системи охолодження.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Основний текст магістерської роботи викладений на 76 сторінках, повний обсяг роботи становить 85 сторінок, включаючи 16 рисунків та 13 таблиць. Список використаних джерел нараховує 27 найменувань.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОБОТИ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ДВИГУНІВ АВТОБУСІВ

1.1. Аналіз систем охолодження двигунів автобусів

Системи охолодження двигунів є ключовим елементом забезпечення їх ефективної та надійної роботи. У сучасних автобусах ці системи постійно вдосконалюються завдяки розвитку технологій, новим матеріалам і підходам до теплового менеджменту.

Основні завдання системи охолодження:

1. Підтримка оптимальної робочої температури двигуна.
2. Запобігання перегріву і замерзанню.
3. Підвищення ефективності роботи двигуна.
4. Зниження впливу на довкілля через оптимізацію тепловідведення.

Оптимальний тепловий стан роботи двигуна є ключовою умовою його надійної та ефективної експлуатації.

Протягом робочого циклу середня температура газів у циліндрах двигуна сягає близько 800°C. Частина теплоти передається деталям, які контактують із газами, що може спричинити їх перегрівання та зниження міцності. Крім того, підвищення температури двигуна знижує в'язкість мастила, погіршує мащення робочих поверхонь і призводить до інтенсивного зношення деталей.

Перегрів двигуна негативно впливає на його роботу: можливе передчасне займання пальної суміші або її згоряння з детонацією, особливо в бензинових двигунах. Це також знижує потужність двигуна через погіршення наповнення циліндрів: розігріта пальна суміш має більший об'єм, через що частина її не вміщується у циліндрах.

Разом із тим, надмірне охолодження двигуна теж має негативні наслідки. Недостатнє випаровування палива ускладнює його займання та уповільнює горіння, що знижує потужність і ускладнює запуск двигуна. Густе, холодне

мастило погано надходить до робочих поверхонь, а конденсація палива на холодних стінках циліндрів змиває мастило, що спричиняє швидке зношення деталей.

Оптимальним тепловим режимом вважається температура основних деталей кривошипно-шатунного механізму в межах 90-110°C.

Система охолодження забезпечує підтримання цього температурного режиму завдяки регульованому відведенню тепла від найбільш нагрітих деталей двигуна з подальшою передачею його в навколишнє середовище. Однак слід враховувати, що примусове охолодження двигуна супроводжується втратами теплової енергії, які залежать від типу двигуна, його конструкції та способу охолодження.

У сучасних двигунах автобусів використовують два основних типи систем охолодження:

1. Повітряне охолодження – теплота передається безпосередньо у повітря.
2. Рідинне охолодження – теплота передається у навколишнє середовище через рідинний теплоносій.

Системи рідинного охолодження найчастіше застосовуються у двигунах сучасних тракторів, автомобілів та інших машин завдяки їхній ефективності та універсальності.

Рідинні системи охолодження двигунів

Принципову схему рідинної системи охолодження зображено на рис. 1.1.

У цій системі охолоджуюча рідина, завдяки роботі насоса (5), циркулює через сорочки охолодження блоку (7) та головки циліндрів (6), поглинаючи від них тепло. Нагріта рідина проходить через верхній патрубок, у якому розташований термостат (4), і спрямовується до радіатора (2), де тепло передається повітряному потоку, що створюється вентилятором (1). Охолоджена рідина, проходячи через радіатор, знову повертається до сорочок охолодження блоку і головки циліндрів за допомогою насоса.

Конструкція рідинної системи охолодження включає такі основні компоненти: радіатор, сорочку охолодження, патрубки, термостат, вентилятор, відцентровий насос, привод вентилятора, а також датчики й індикатори температури охолоджуючої рідини.

Слід зазначити, що більшість елементів радіатора традиційної конструкції виготовляють із латуні, яка є технологічним, але досить дорогим матеріалом. У сучасних легкових і деяких вантажних автомобілях все частіше використовують радіатори з алюмінієвих сплавів. Трубки в таких радіаторах розташовані горизонтально, що забезпечує їх легкість, підвищену теплопровідність і адаптацію до масового виробництва.

Водночас алюмінієві радіатори мають суттєвий недолік - вони складні в ремонті у разі пошкодження.

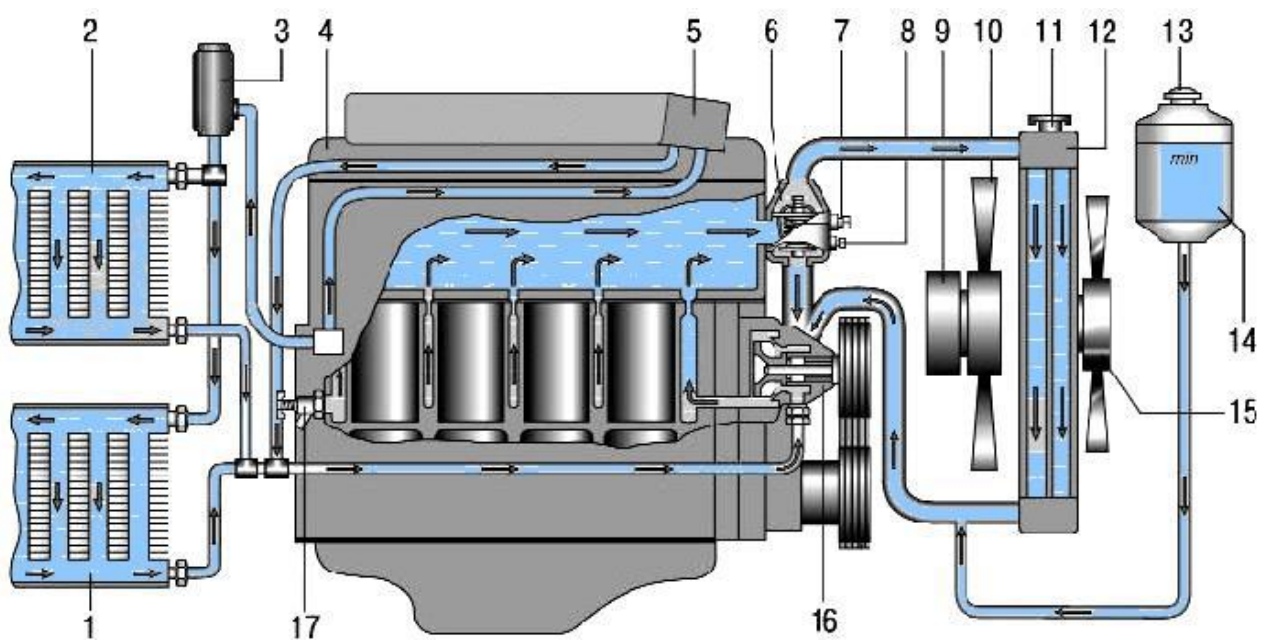


Рис. 1.1. Принципова схема системи рідинного охолодження двигуна:

- 1,2 – радіатори системи обігріву кабіни автомобіля; 3 – електронасос; 4 – двигун;
5 – дросельний патрубок; 6 – термостат; 7 – датчик температури охолоджувальної рідини; 8 – датчик сигнальної лампи перегріву охолоджувальної рідини; 9 – муфта приводу вентилятора; 10 – вентилятор; 11 – пробка радіатора; 12 – радіатор;
13 – пробка розширювального бачка; 14 – розширювальний бачок;
15 – електровентилятор; 16 – водяний насос; 17 – зливний кран блоку циліндрів

У сучасних системах охолодження для забезпечення циркуляції рідини зазвичай використовуються відцентрові насоси. Під час обертання крильчатки рідина, що надходить із всмоктувальної камери в простір між лопатями, під дією відцентрової сили переміщується до периферії нагнітальної камери, створюючи в ній підвищений тиск. Завдяки цьому рідина під тиском подається від насоса до сорочки охолодження блока циліндрів. [2]

Радіатор складається з верхнього та нижнього бачків, з'єднаних між собою системою вертикально розташованих трубок (рис. 1.2).

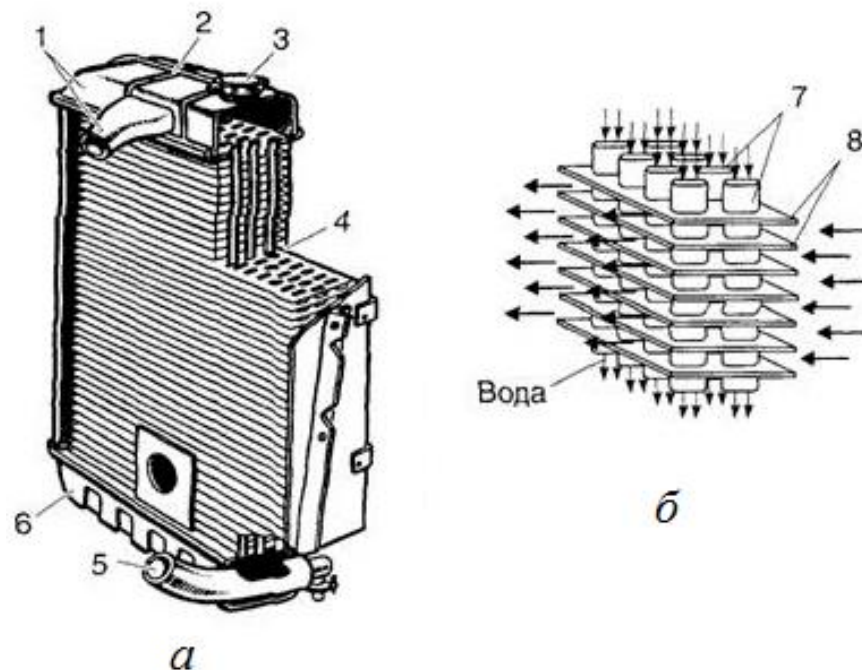


Рис. 1.2. Радіатор рідинної системи охолодження:

- а - будова; б - трубчаста серцевина: 1 - верхній бачок із патрубком;
 2 - паровідвідна трубка; 3 - заливна горловина з пробкою; 4 - серцевина;
 5 - патрубок із зливальним краником; 6 - нижній бачок;
 7 - трубки; 8 - поперечні пластини [8]

Сучасні двигуни автобусів оснащуються термостатами з електронним керуванням (рис. 1.3).

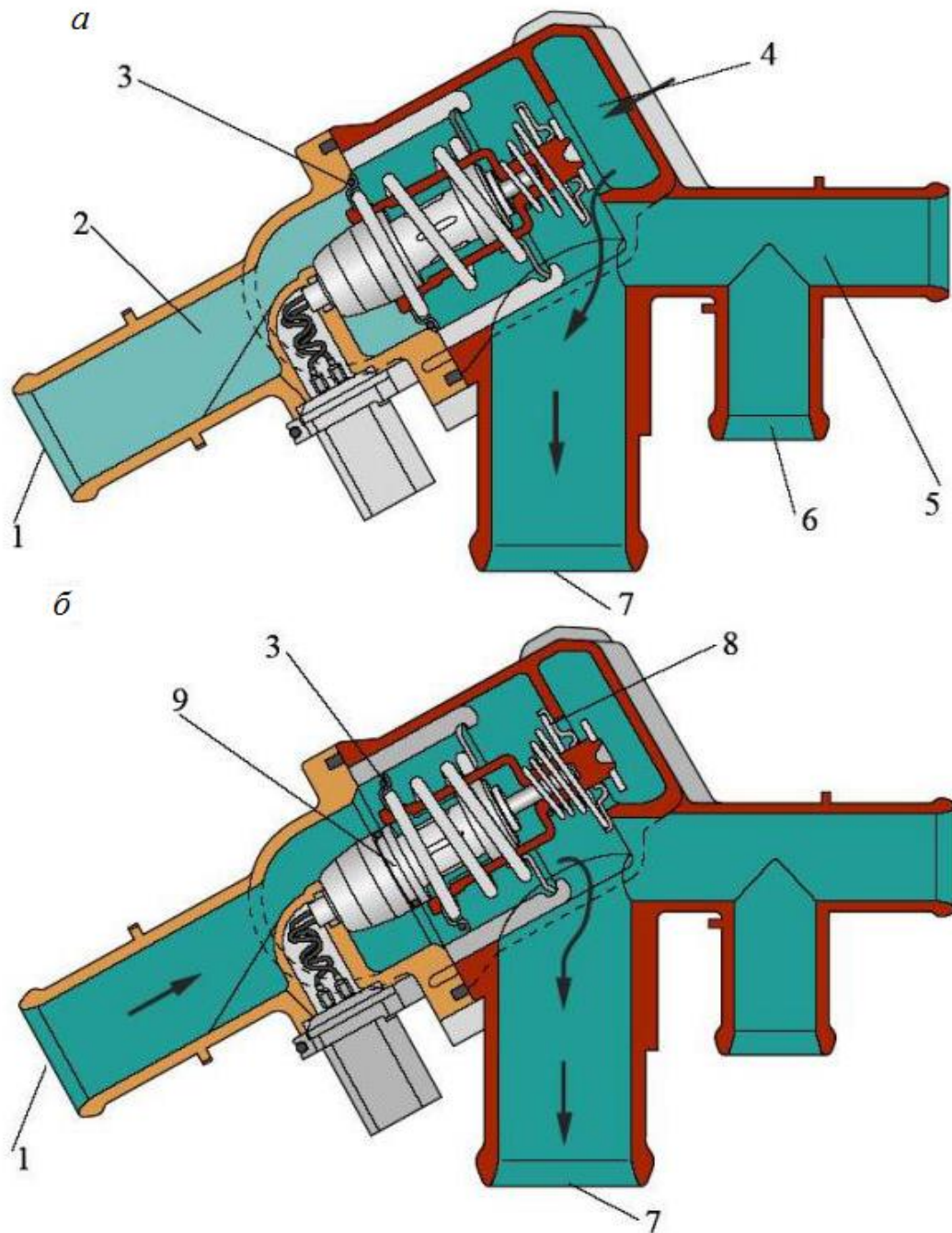


Рис.1.3. Принципова схема роботи розподільника охолоджуючої рідини з електронним термостатом: 1 - потік рідини від основного радіатора; 2 - зона відстою охолоджуючої рідини при закритій клапанній тарілці; 3 - велика клапанна тарілка; 4 – потік рідини від двигуна; 5 - потік рідини від системи опалення; 6 - потік рідини від масляного радіатора; 7 - потік рідини від рідинного насоса; 8 - мала клапанна тарілка; 9 - електронний термостат; а - циркуляція рідини по малому колу; б - циркуляція рідини по великому колу

Повітряні системи охолодження двигунів

Схематичне зображення такої системи охолодження наведено на рис. 1.4.

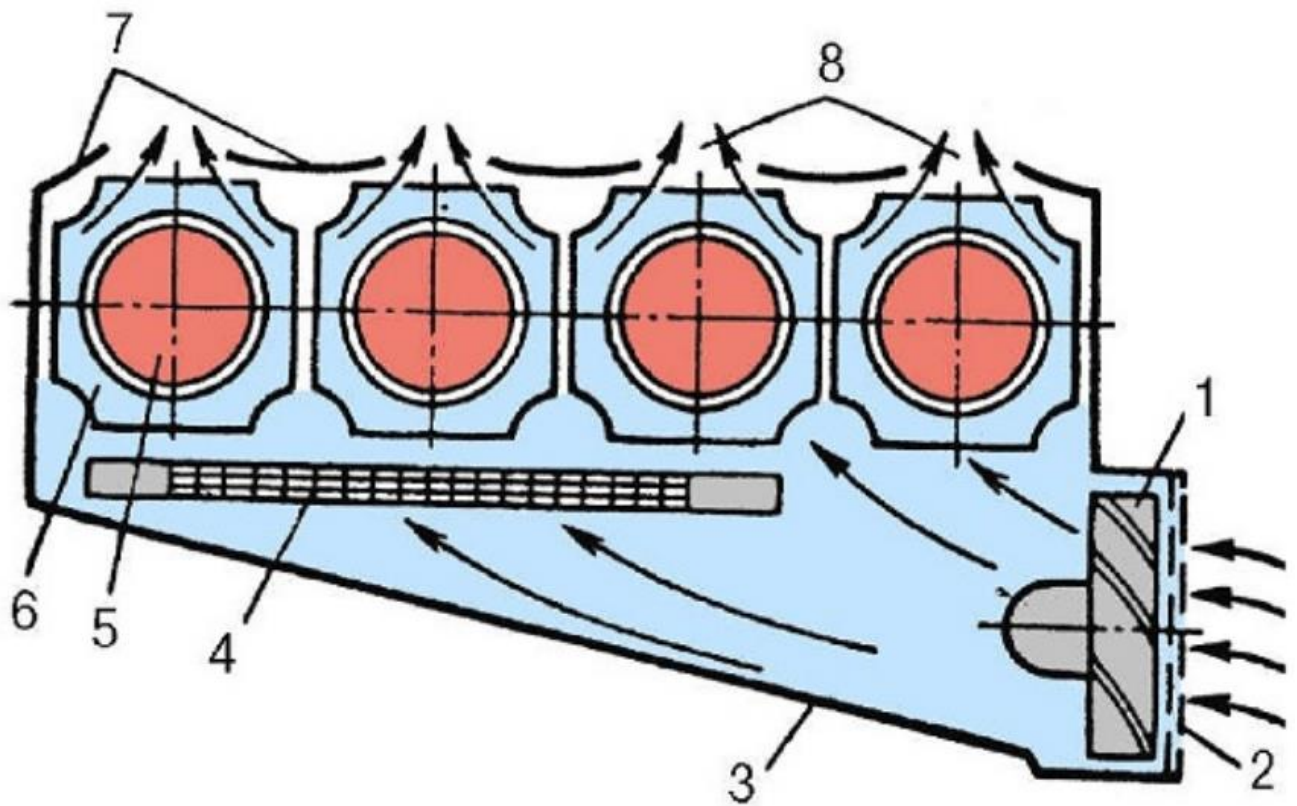


Рис.1.4. Принципова схема системи повітряного охолодження двигуна

внутрішнього згоряння: 1– вентилятор; 2- захисна сітка;

3– кожух; 4- масляний радіатор; 5– циліндр; 6- ребра циліндра;

7- щитки-дефлектори; 8– вікна

Основними компонентами системи є вентилятор та дефлектори, які спрямовують потік повітря для ефективного охолодження ребер на зовнішніх поверхнях циліндрів.

Для регулювання повітряного потоку, створюваного вентилятором, використовується напрямний апарат із лопатями. Цей апарат мінімізує завихрення потоків повітря, що подається до вентилятора, а також сприяє зниженню шуму під час роботи двигуна. Щоб зменшити вагу двигуна, ротор вентилятора та напрямний апарат зазвичай виготовляють із алюмінієвих сплавів. [2]

Привід вентилятора здійснюється за допомогою клинопасової передачі від шківів колінчастого вала.

Напрямні лопаті разом із каркасом кріпляться до остова двигуна. Вони змінюють напрямок повітряного потоку на протилежний до напрямку обертання ротора, що запобігає виникненню завихрень.

Для захисту вентилятора від потрапляння сторонніх предметів і зменшення забруднення охолоджуваних поверхонь напрямний апарат оснащений захисною сіткою.

Надмірне охолодження також негативно позначається на роботі двигуна. Робоча суміш згорає повільніше, а бензин, осідаючи на стінках циліндрів у вигляді конденсату, змиває масляну плівку. Це призводить до прискореного зносу тертьових поверхонь і може стати причиною передчасного виходу двигуна з ладу.

Для забезпечення ефективного охолодження та надійної роботи двигуна необхідно регулярно очищати ребра циліндрів і головки від забруднень і масляних відкладень.

1.2. Основні причини зниження надійності та ефективності роботи систем охолодження

Несправності в системі охолодження призводять до порушення нормальної роботи двигуна. Це завдає водієві чимало клопоту і наносить серйозної шкоди двигуну. Температура прогрітого мотора повинна бути в діапазоні 95 ... 105 °C, і це свідчить про його справність. [8]

Ознаки несправності системи охолодження двигуна:

- наявність підтікань охолоджувальної рідини;
- поява в салоні транспортного засобу (ТЗ) різкого солодкуватого запаху після того, як включається обігрівач салону;
- ТЗ погано прогрівається в холодну погоду;
- двигун ТЗ перегрівається.



Рис.1.5. Підвищена температура ДВЗ [8]

Наслідки перегріву двигуна можуть бути найсерйозніші: викривлення головки блоку циліндрів, заклинювання поршня в циліндрі, руйнування турбокомпресора. Існує багато причин, які можуть вплинути на нормальну роботу системи охолодження.

Основні причини зниження ефективності роботи системи охолодження

1. Негерметичність системи охолодження. Розширювальний бачок (рис.1.6) - це індикатор за допомогою якого можна стежити за рівнем і технічним станом охолоджувальної рідини. У справній системі охолодження витрата антифризу між плановими замінами не повинна перевищувати 200 гр. Істотне зниження рівня антифризу за короткий проміжок часу свідчить про наявність течі в системі охолодження.



Рис.1.6. Розширювальний бачок [8]

Невеликі тріщини, нещільне прилягання стиків трубопроводів та фланців чи інші причини протікання можна усунути, застосувавши спеціальні засоби «Стоп-протікання радіатора Stop Leak Radiator» і «STOP LEAK - рідкий герметик радіатора». Активними компонентами засобів є полімери, які тверднуть у місцях витікання рідини і усувають негерметичність системи охолодження.

До причин негерметичності системи охолодження можна віднести несправність клапана пробки радіатора (рис.1.7). Несправний клапан не може забезпечити підвищений тиск у системі охолодження. Через це двигун влітку може закипяти навіть працюючи на холостому ходу, а взимку може не гріти обігрівач салону.

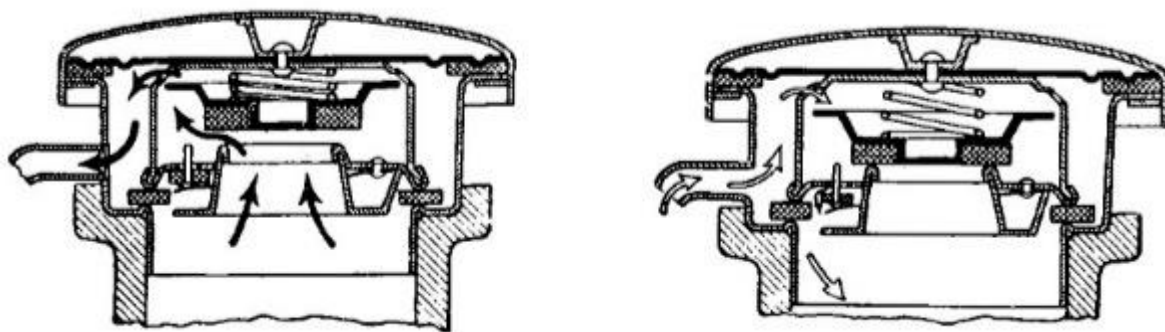


Рис.1.7. Несправність клапана пробки радіатора [8]

2. Використання неякісного антифризу. Будь-який антифриз має свій термін служби. Як правило, виробник регламентує період його експлуатації або кілометраж пробігу автомобіля. Після закінчення їхнього закінчення охолоджувальну рідину необхідно замінити. З часом антифриз втрачає свої властивості та не може забезпечити нормальний теплообмін двигуна. Передчасне потемніння антифризу - ознака його низької якості або наявності бруду у системі охолодження. Низькоякісні антифризи не можуть надійно захистити систему охолодження від утворення в ній корозії та відкладів, які в свою чергу також перешкоджають нормальному теплообміну. Характерний симптом засмічення системи охолодження: радіатор теплий тільки зверху, а низ не прогрівається.

У різних групах антифризів для забезпечення експлуатаційних властивостей використовуються різні види присадок. Якщо неправильно змішати різні види антифризів, вони можуть втрачати свої експлуатаційні властивості.



Рис.1.8. Втрата експлуатаційних властивостей антифризу [8]

3. Несправність термостата. Термостат у системі охолодження виконує роль регулювальника, який визначає, по якому контуру буде рухатися охолоджувальна рідина. Коли двигун прогрівається, охолоджувальна рідина циркулює по малому контуру, міняючи радіатор. Після підвищення температури двигуна до $+ 87 \dots + 95 \text{ }^{\circ}\text{C}$, клапан термостата відкривається і охолоджувальна рідина циркулює по великому контуру.

В несправному термостаті клапан може заклинити у відкритому чи закритому положенні. Якщо клапан заклинив відкритим, то рідина постійно циркулюватиме великим контуром, при цьому прогрів двигуна займе більше часу. Під час сильних морозів двигун може взагалі не вийти на робочу температуру.

Якщо клапан заклинив закритим, то охолоджувальна рідина циркулюватиме по малому контуру, що може призвести до перегріву двигуна.

Причиною заклинювання клапана термостата може бути утворення відкладів у системі охолодження через використання в системі охолодження води або низькоякісних антифризу.

У сучасних ТЗ встановлені термостати з електронним управлінням, вигорання або окислення контактів керуючого елемента призводить до

некоректної роботи термостата. Корпуси багатьох сучасних термостатів виготовлені з пластику і схильні до розтріскування.

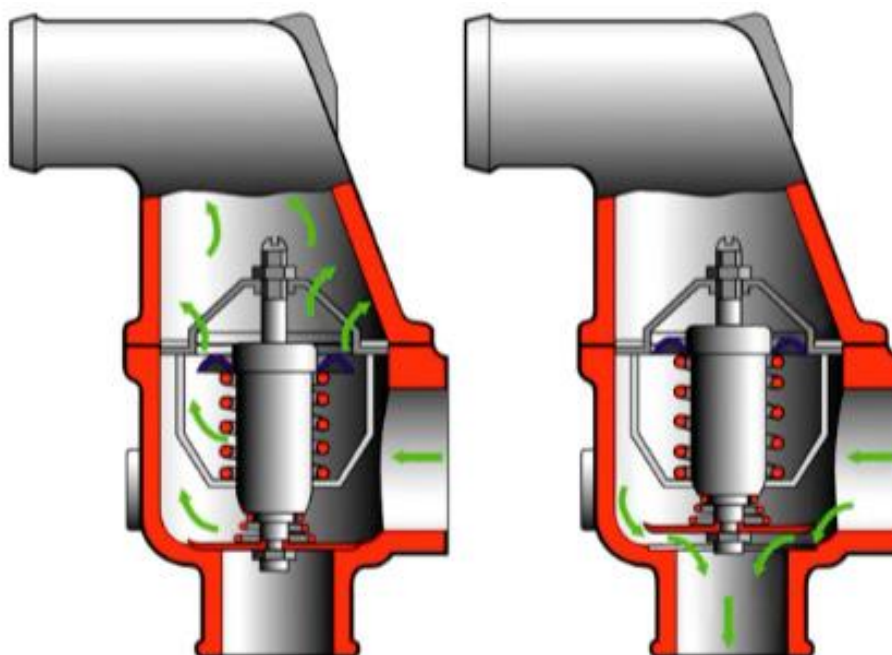


Рис.1.9. Термостати з електронним управлінням [8]

4. Несправність вентилятора охолодження. Вентилятор системи охолодження (рис.1.10) обдуває радіатор, підтримуючи необхідну робочу температуру двигуна. Некоректно працюючий вентилятор може призвести до перегріву двигуна. Основна несправність вентилятора - це нездатність розвивати необхідну кількість обертів. Причин для цього декілька, в основному вони залежать від типу приводу вентилятора.

Причина зниження продуктивності вентиляторів із ремінним приводом - пробуксовування приводного ремня через слабкий натяг або його знос. У вентиляторів з електричним приводом слабким місцем є елементи електричного кола: термодатчик, реле включання, запобіжник, електродвигун вентилятора. Також трапляються випадки обриву, замикання ланцюга живлення і окислення контактів. Якщо вентилятор оснащений гідравлічним приводом, то швидше за все, причина його несправності - зниження тиску в оливній системі.



Рис.1.10. Вентилятор системи охолодження [8]

5. Несправність водяної помпи. Водяна помпа (рис.1.11) перекачує охолоджувальну рідину всередині системи охолодження, тим самим забезпечуючи необхідний температурний режим двигуна і рівномірність його прогрівання. До основних причин виходу помпи з ладу можна віднести:

- знос, руйнування крильчатки;
- ослаблення натягу приводного ремня;
- негерметичність ущільнювальної манжети, руйнування підшипника.

Несправність помпи можна виявити під час планового технічного огляду.

Увагу слід звернути на:

- сторонні шуми з підкапотного простору;
- патьоки охолоджувальної рідини з-під корпусу помпи;
- поява в салоні автомобіля запаху антифризу;
- люфт шківів помпи;
- різке підвищення температури двигуна.

Для відновлення нормальної роботи системи охолодження, необхідно виконати ремонт водяної помпи.



Рис.1.11. Підтікання водяної помпи [8]

6. Забруднення зовнішньої поверхні радіатора. Нормальному теплообміну двигуна перешкоджають не тільки відклади всередині системи охолодження, а й бруд, який накопичується на зовнішній поверхні елементів системи охолодження. Бруд і пил активно накопичуються на поверхні радіатора особливо під час експлуатації автомобіля на поганих дорогах. У більшості автомобілів радіатор системи охолодження розташований таким чином, що проконтролювати його чистоту складно, а почистити - ще складніше. Почистити стільники радіатора від бруду струменем води не вдасться, бо даний метод неефективний. Для якісного промивання радіатора необхідно демонтувати його, а потім почистити.

Скупчення на поверхні радіатора великої кількості тополиного пуху та листя може порушити нормальний теплообмін двигуна і стати причиною його перегрівання.

Забруднення зовнішньої поверхні двигуна також перешкоджає відведенню тепла і порушує нормальний тепловий режим його роботи. Поверхня двигуна забруднюється набагато активніше, якщо на ній присутня олива.

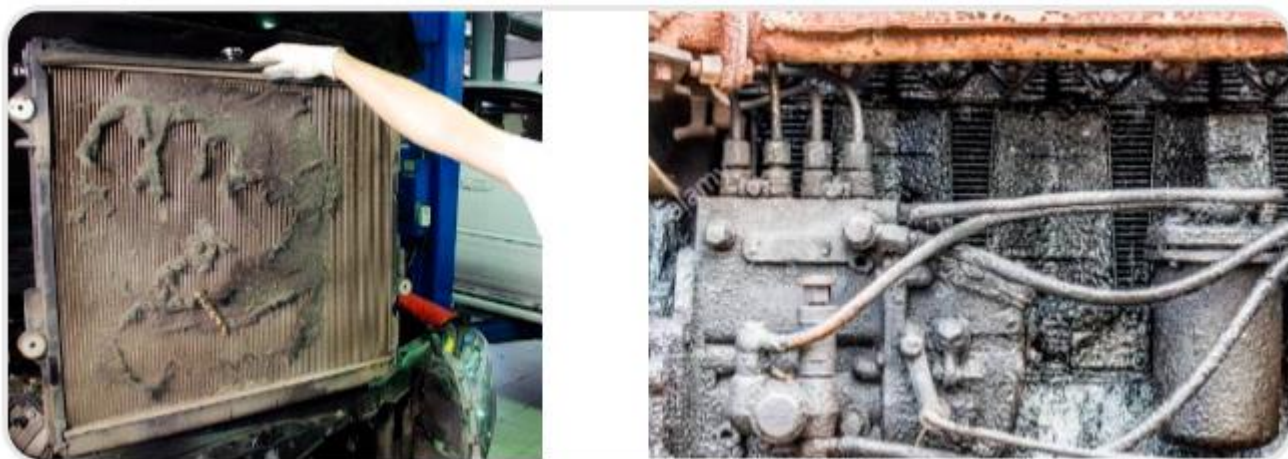


Рис.1.12. Забруднення зовнішньої поверхні радіатора та двигуна

1.3. Ремонт та технічне обслуговування системи охолодження автобусів

Щодня необхідно перевіряти натяг паса приводу рідинного насоса та генератора, а також стежити за відсутністю підтікань і контролювати рівень охолоджувальної рідини. Під час роботи двигуна та одразу після його зупинки рівень рідини може бути вищим через теплове розширення. Тому рівень охолоджувальної рідини слід перевіряти на холодному двигуні, бажано при температурі близько 20°C.

На двигунах рівень рідини в розширювальному бачку має бути на 2–3 см вище мітки «MIN». У системах охолодження двигунів використовуються Тосол-А40 та Тосол-А65, які є водними розчинами Тосолу-АМ. Ці рідини містять етиленгліколь та комплекс різних присадок.

Оскільки температура кипіння етиленгліколю майже вдвічі перевищує температуру кипіння води, під час експлуатації автомобіля випаровується в першу чергу вода. Для відновлення складу охолоджувальної рідини за умови відсутності витоків необхідно доливати дистильовану воду. Якщо ж рівень охолоджувальної рідини знизився через її витікання, слід додавати рідину тієї ж марки, що вже використовується в двигуні.

Дотримання правильного складу охолоджувальної рідини особливо важливе в зимових умовах, оскільки температура замерзання Тосолу залежить від концентрації його розчину. Нижче наведені дані про температури замерзання різних концентрацій.

Таблиця 1.1

Температура кристалізації охолоджувальної рідини, °С при співвідношеннях маси Тосола-АМ і дистильованої води в % [4]

100 і 0	80 і 20	70 і 30	65 і 35	60 і 40	56 і 44	50 і 50	40 і 60
-21,5	-45	-49	-65	-52	-40	-35,3	-24

Надмірна концентрація Тосолу, як і його недостатня кількість, призводить до підвищення температури кристалізації охолоджувальної рідини. Тому при сезонному обслуговуванні автомобіля, особливо перед зимовою експлуатацією, необхідно перевіряти густину охолоджувальної рідини за допомогою густиноміра. Для Тосолу-А40 густина повинна становити 1,075–1,085 г/см³, а для Тосолу-А65 — 1,085–1,095 г/см³. У разі невідповідності густини додають або концентрований Тосол-АМ, або дистильовану воду.

Допускати потрапляння нафтопродуктів у систему охолодження категорично заборонено, адже це викликає спінювання рідини, що призводить до перегріву двигуна і може спричинити викид охолоджувальної рідини з радіатора або розширювального бачка. Охолоджувальні рідини Тосол-А40 і Тосол-А65 мають температуру кристалізації -40°C і -60°C відповідно, а їх температура кипіння при атмосферному тиску становить близько 108°C. При низьких температурах рідина не замерзає, а утворює густу масу, що захищає радіатор і блок циліндрів від пошкоджень. Водночас ці рідини не схильні до спінювання, відкладання накипу чи випаровування, однак вони токсичні. Потрапляння Тосолу в організм людини може викликати важке отруєння, тому його не можна відсмоктувати ротом через шланг. Після роботи з Тосолом руки слід ретельно вимити з милом.

Не допускайте потрапляння рідини на пофарбовані поверхні кузова, щоб уникнути псування лакофарбового покриття. Зберігати Тосол слід у герметичних чистих ємностях із скла, пластику або заліза, але не оцинкованих.

У південних регіонах країни протягом року, а в середній смузі та на півночі в теплу пору року допускається використання чистої м'якої або дистильованої води як охолоджувальної рідини. Для цього систему охолодження спочатку промивають, зливаючи стару рідину, а потім заливають воду, запускають двигун, прогрівають його до температури 80–90°C, знову зливають воду і заливають нову. Проте використання води може сприяти утворенню накипу на внутрішніх поверхнях сорочки охолодження, тому рекомендується додавати препарат «Антинакипін». У системах охолодження з алюмінієвими радіаторами застосування води небажане через ризик окислення.

Тосол необхідно замінювати кожні 60 000 км пробігу або через два роки експлуатації. Заміна виконується наступним чином: знімають пробку заливної горловини розширювального бачка, відкривають кран обігрівача салону, викручують зливні пробки радіатора і блоку циліндрів, зливають рідину в підготовлену ємність і очищують розширювальний бачок. Далі систему промивають чистою водою, запускаючи двигун на 3–4 хвилини, після чого зливають воду і заправляють Тосол. Охолоджувальну рідину слід доливати лише Тосолом, а при її випаровуванні додають дистильовану воду.

Щоб виявити витіки в системі охолодження, потрібно виконати перевірку на герметичність за допомогою обладнання, що працює під тиском, як показано на рис.1.13.



Рис.1.13. Тестер герметичності системи охолодження

Вимірювання густини рідини можна зробити за допомогою тестера охолоджуючої рідини (рис.1.14).



Рис.1.14. Тестер охолоджуючої рідини

Вимірювання густини рідини також можна зробити за допомогою оптичного тестера під назвою рефрактометр (рис.1.15). Цей метод використовує залежність між концентрацією гліколю в рідині та показником заломлення. Краплю досліджуваної рідини поміщають на призму приладу і спостерігають в окуляр, де проходить межа між білим і синім полями. Існує дві шкали для двох типів гліколів.

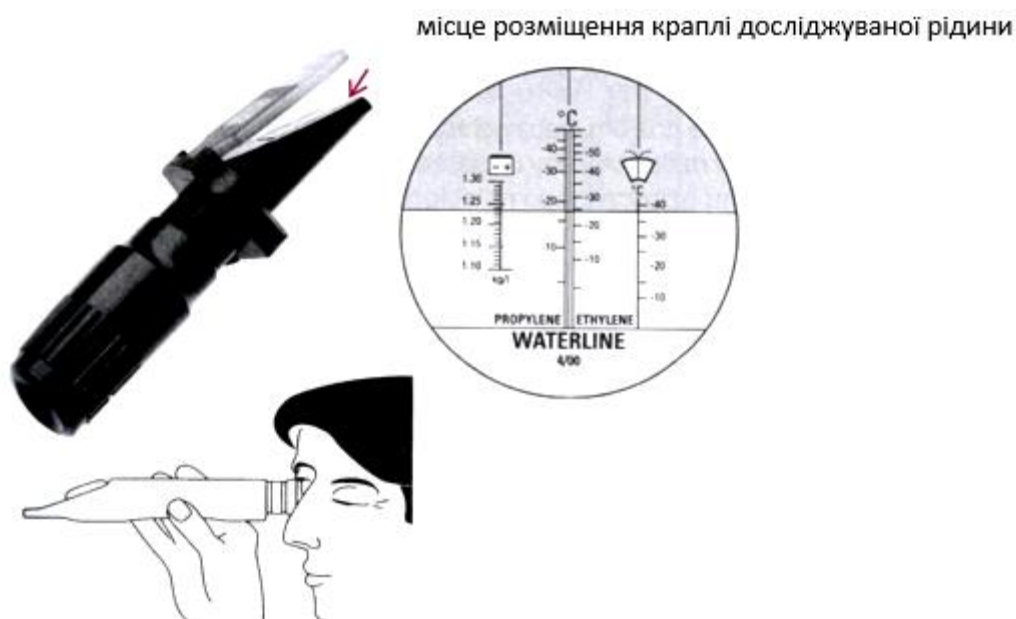


Рис.1.15. Методика вимірювання густини рідин

1.4. Теоретичні моделі теплових процесів у двигунах автобусів

В основу постановки аналізу теоретичних досліджень теплових процесів ДВЗ покладено системний підхід [10] до моделювання фізичних процесів у складних технічних системах [11] за критеріями подібності; наукові уявлення про термодинамічні процеси і цикли газотурбінних установок [12]; методи ідентифікації з використанням комп'ютерної техніки для синтезу математичних моделей хіміко-технологічних об'єктів управління; методи і моделі візуалізації розподілу температурних полів газотурбінних камер згоряння.

Традиційні алгоритми обміну даними будуються на спрощених CFD-моделях і постановці числових експериментів для різних варіантів геометрії розрахункової області. В роботі висунуті пропозиції щодо формування окремих доменів у розрахункових областях твердотілого середовища (конструкції камери згоряння), газоподібного середовища (із суміші компонентів CH_4 , CO , CO_2 , H_2O , NO , O_2) і на поверхні їх поділу, що сприятиме підвищенню точності розрахунків.

Для побудови геометричної моделі спрощеної конфігурації з конструкції камери згоряння виключено отвори і тракти проходу повітря робочого середовища, фаски та зварні з'єднання, труби підводу олії до підшипників тощо. Граничними умовами моделювання фізичних процесів обрано режими номінальної потужності двигунів з середніми температурами матеріал стінки жарової труби у зоні горіння на рівні 500...600 °C. Виходячи з цього, виділено домени розрахункової області (рис. 1.16). Для розрахунків застосовано моделі доменів твердого тіла з жароміцного сплаву марки ХН60ВТ та газоподібного середовища з компонентами сумішей CH_4 , CO , CO_2 , H_2O , NO , O_2 . Модель домену на поверхні поділу між ними розглядає перенос тепла та враховує шорсткість стінки твердого тіла.

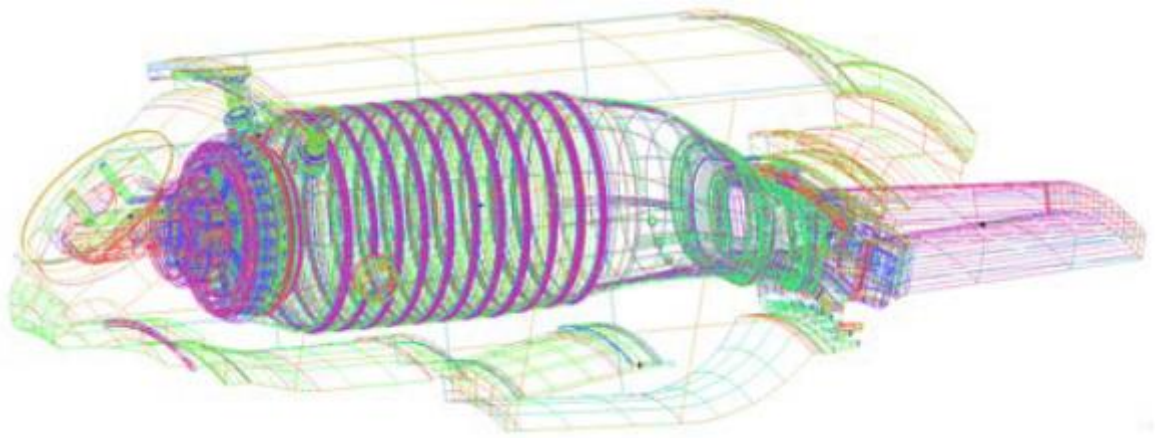


Рис.1.16. Сітчаста будова моделі розрахункової області

Дослідження полягали у фіксації значень температур газу на виході із жарової труби. За допомогою спеціальних моніторів проводились вимірювання повної температури, тиску і проєкції швидкості на вісь X, схему вимірювань наведено на рис. 1.17.

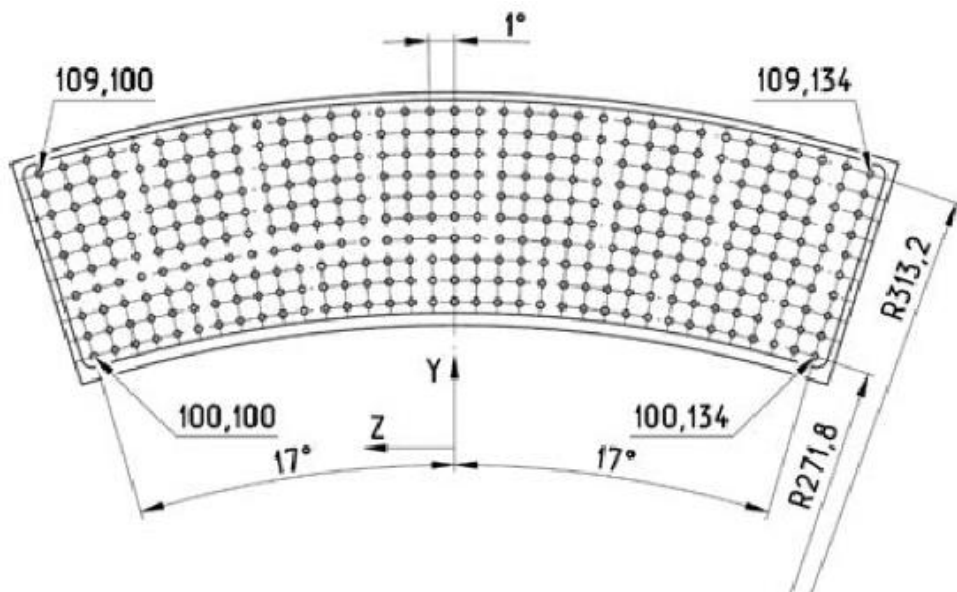


Рис.1.17. Вимірювання температури газу на виході із жарової труби [13]

Для визначення матеріалу жарової труби у контрольних точках додаткового було встановлено термопари. Результати обчислювали за авторською методикою, викладеною у роботах [13, 14], за якою також визначались еталонні значення для подальшої верифікації алгоритму (рис. 1.18). Розроблений алгоритм

виключає застосування для розрахунків миттєвих значень температур. Завдяки бміну розрахунковими і експериментальними даними процес моделювання теплового стану у більшій мірі відповідає фізичній реальності, що дає можливості підібрати раціональні конструкторські рішення. Застосування функціональної мови Common Lisp для розробки програмного застосунку забезпечує зручність роботи з багатовимірними і динамічними масивами та дає можливості компактного описання операцій обробки списків.

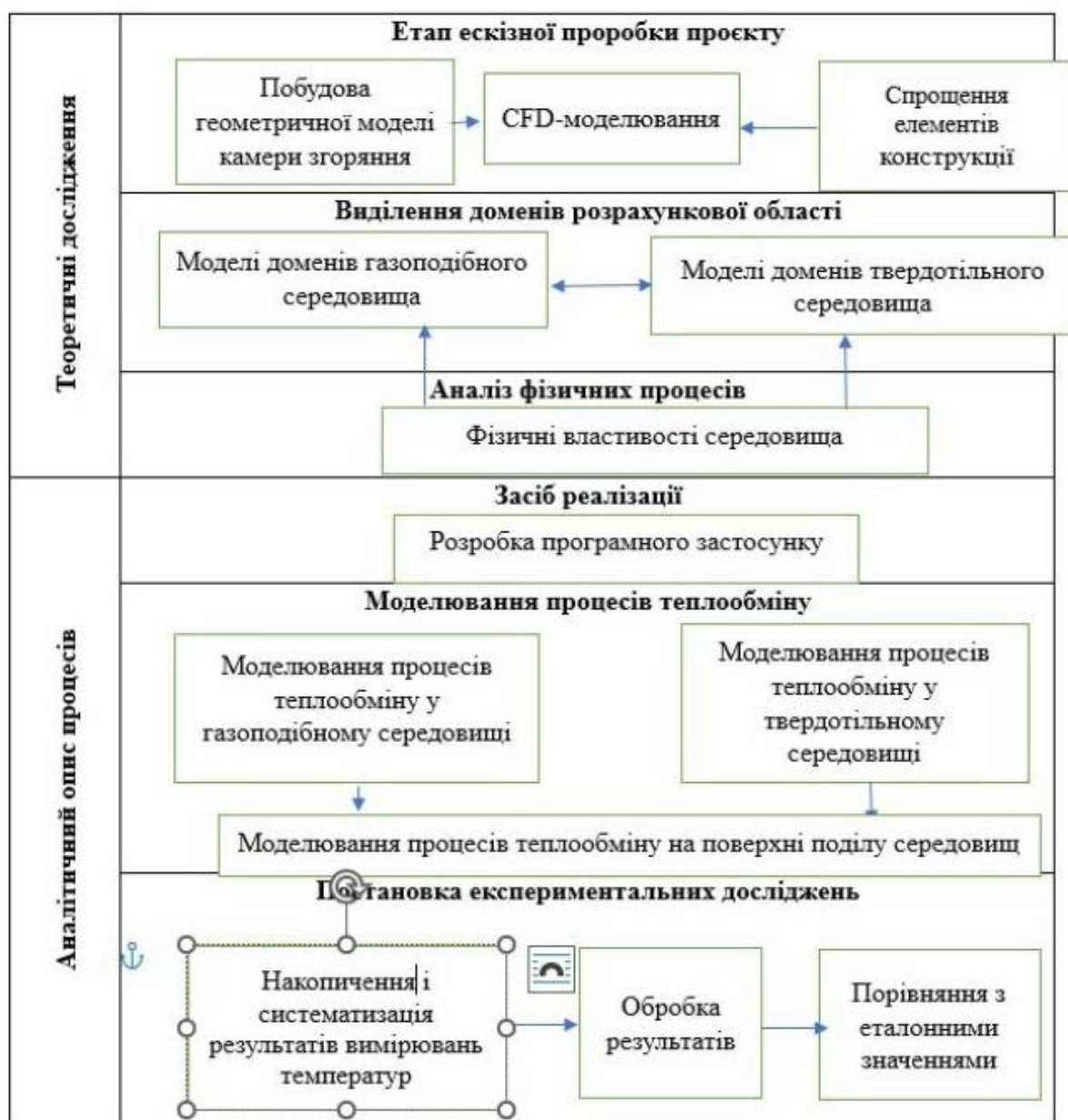


Рис. 1.18. Алгоритм обміну розрахунковими і експериментальними даними температурних параметрів у камерах згоряння газотурбінних двигунів [15]

Складений алгоритм обміну розрахунковими і експериментальними даними температурних параметрів апробовано на прикладі аналізу теплового стану жарової труби. Як приклад, за допомогою графічного редактора Gnuplot побудовано радіальні і окружні епюри відносних температур на виході з жарових труб кільцевої камери згоряння газотурбінного двигуна. На рис. 1.19 максимальні температури зображені пунктирними лініями, середні температури – сполощеними.

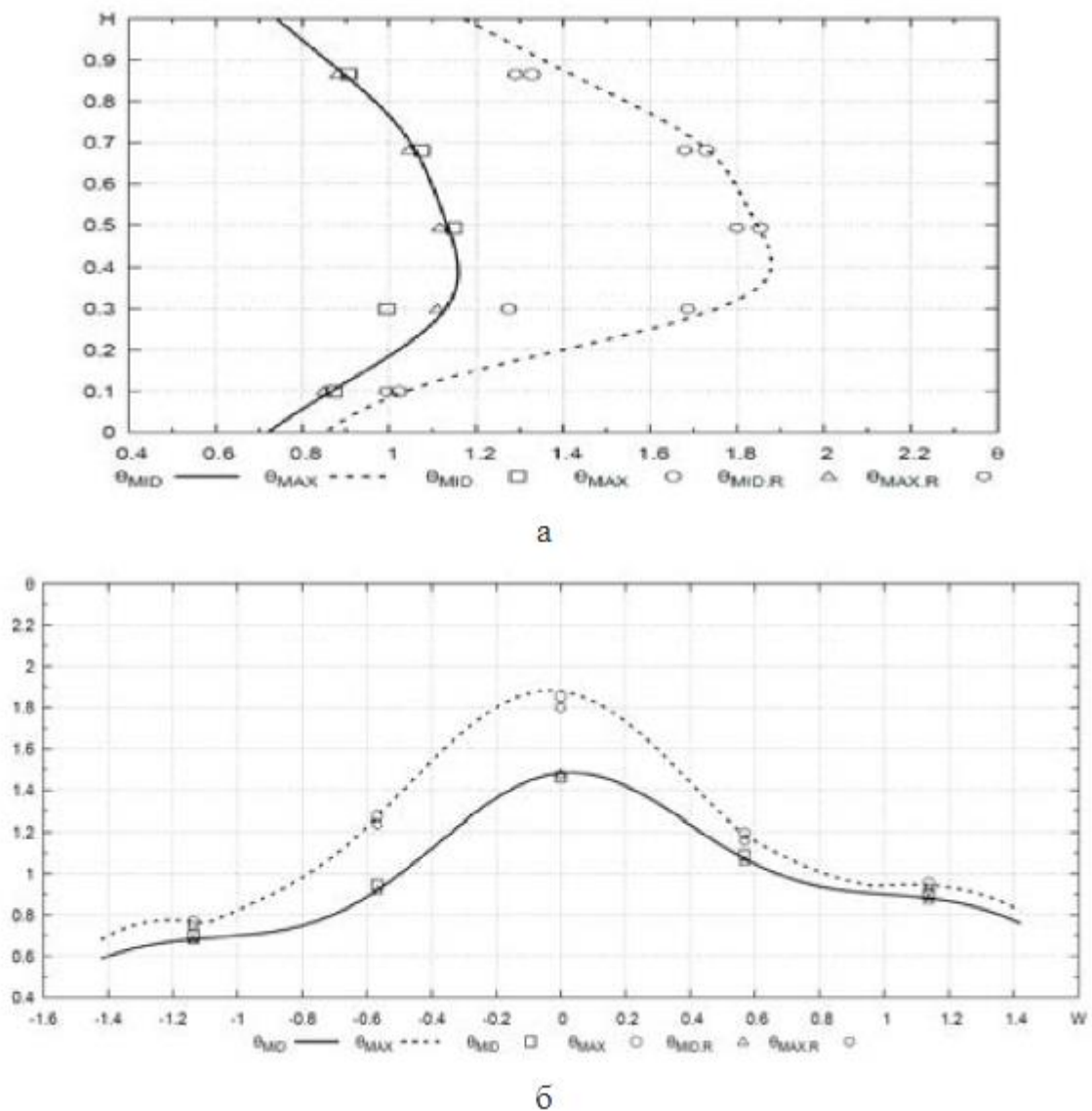


Рис. 1.19. Епюри максимальних і середніх відносних температур на виході з кільцевої камери згоряння: а – радіальна епюра; б – окружна епюра [15]

Висновки до першого розділу

Проведено огляд конструкційних особливостей систем охолодження сучасних автобусних двигунів, які забезпечують стабільну роботу двигуна в різних режимах експлуатації. Виявлено, що основними елементами систем охолодження є радіатор, насос, термостат, вентилятор та охолоджувальна рідина. Підкреслено важливість правильної взаємодії цих елементів для підтримки оптимальної температури двигуна.

Встановлено, що до зниження надійності систем охолодження призводять такі фактори, як утворення накипу, зношування деталей, низька якість охолоджувальних рідин та недостатній контроль технічного стану. Крім того, несправності, пов'язані з термостатами, витоками рідини та порушеннями герметичності, суттєво впливають на ефективність роботи системи.

Проаналізовано сучасні підходи до технічного обслуговування та ремонту систем охолодження. Особливу увагу приділено важливості регулярної діагностики, промивання системи, заміні охолоджувальної рідини та відновленню пошкоджених елементів. Наголошено, що своєчасне технічне обслуговування є ключовим фактором для забезпечення тривалої і надійної роботи системи.

Виконано теоретичний аналіз теплових процесів, що відбуваються в двигунах автобусів, з урахуванням конструктивних і експлуатаційних особливостей. Розглянуто моделі тепловіддачі та теплопередачі в елементах систем охолодження, а також їхній вплив на продуктивність і енергетичну ефективність двигуна. Зроблено висновок про необхідність удосконалення систем охолодження для зменшення теплових втрат і підвищення ефективності роботи двигунів.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЯ ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ

2.1. Рекомендації щодо вдосконалення систем охолодження двигунів автобусів

Підвищення ефективності та надійності систем охолодження двигунів автобусів з урахуванням сучасних вимог до економії палива, зменшення шкідливих викидів і поліпшення експлуатаційних характеристик.

Основні аспекти аналізу та вдосконалення систем охолодження:

1. Оцінка існуючих систем охолодження
 - Аналіз конструктивних особливостей стандартних систем охолодження автобусів.
 - Визначення основних проблем: перегрів, низька енергоефективність, нерівномірність тепловідведення.
 - Аналіз рівня відповідності екологічним стандартам.
2. Модернізація конструкції
 - Використання радіаторів із поліпшеною тепловіддачею (алюмінієві, композитні матеріали).
 - Удосконалення роботи водяних насосів, забезпечення стабільного тиску рідини.
 - Впровадження електричних вентиляторів із змінною швидкістю для оптимізації охолодження залежно від навантаження.
3. Інтелектуальні системи управління
 - Впровадження датчиків температури для моніторингу роботи двигуна в режимі реального часу.
 - Розробка алгоритмів автоматичного регулювання швидкості вентилятора та потоку рідини.
 - Інтеграція системи в загальну електронну архітектуру автобуса.

4. Зменшення енерговитрат систем охолодження
 - Використання теплообмінників із високою ефективністю.
 - Використання низьков'язких охолоджуючих рідин для зниження опору потоку.
 - Впровадження теплових насосів, що забезпечують повторне використання тепла.
5. Дослідження та впровадження нових матеріалів
 - Використання наноматеріалів у виготовленні радіаторів та трубопроводів.
 - Впровадження нових охолоджуючих рідин із підвищеною теплопровідністю.

Очікувані результати від вдосконалення:

- Зменшення витрат пального за рахунок зниження енерговитрат на роботу системи охолодження.
- Зменшення викидів CO₂ завдяки покращенню роботи двигуна в оптимальному тепловому режимі.
- Збільшення довговічності компонентів двигуна завдяки рівномірному охолодженню.
- Підвищення комфорту пасажирів за рахунок зменшення рівня шуму та вібрації.

Методика впровадження рекомендацій:

1. Моделювання та тестування:
 - Розробка математичної моделі теплових процесів у системі охолодження.
 - Проведення лабораторних випробувань на макетах та реальних автобусах.
2. Оцінка економічної ефективності:
 - Розрахунок терміну окупності модернізацій.
 - Аналіз впливу вдосконалень на загальні експлуатаційні витрати.

3. Етапи реалізації:

- Розробка прототипів із новими конструкціями.
- Пілотне впровадження в міському автобусному парку.
- Аналіз результатів та масштабування на інші моделі автобусів.

Рекомендації щодо вдосконалення систем охолодження двигунів автобусів базуються на сучасних технічних рішеннях і спрямовані на підвищення ефективності, зниження експлуатаційних витрат і покращення екологічних характеристик транспорту. Впровадження цих заходів дозволить забезпечити надійну роботу автобусів у різних кліматичних умовах та продовжити їхній строк служби.

2.2. Оцінка економічної ефективності та підвищення надійності системи охолодження двигунів автобусів

Для оцінки економічної ефективності використовуються наступні ключові показники:

1. Зниження витрат на паливо:

- Вдосконалена система охолодження забезпечує роботу двигуна в оптимальному температурному режимі, що дозволяє зменшити витрати пального на 5-15 %.

Формула розрахунку економії пального:

$$\Delta C_{\text{паливо}} = V_{\text{річний}} \cdot C_{\text{паливо}} \cdot \Delta_{\text{економія}}, \quad (2.1)$$

де:

$V_{\text{річний}}$ - річний пробіг автобуса (км);

$C_{\text{паливо}}$ - середня витрата пального (л/100 км);

$\Delta_{\text{економія}}$ - очікуване зменшення витрат (%).

2. Зменшення витрат на технічне обслуговування:

- Використання інноваційних матеріалів і датчиків дозволяє знизити кількість несправностей та витрат на заміну компонентів. Очікуване зменшення витрат: 10-20 % на рік.

3. Скорочення часу простоїв:

- Надійна система зменшує кількість поломок, що сприяє збільшенню часу роботи транспорту.

- Ефективність оцінюється через коефіцієнт готовності:

$$K_{\text{готовності}} = T_{\text{робочий}} / (T_{\text{робочий}} + T_{\text{ремонт}})$$

де:

$T_{\text{робочий}}$ - загальний робочий час;

$T_{\text{ремонт}}$ - час, витрачений на ремонт.

4. Термін окупності інвестицій (ROI):

- Розраховується як:

$$ROI = (\Delta_{\text{економія}} / \text{Вартість модернізації}) \times 100\%.$$

Для прикладу, якщо економія складає \$3000 на рік, а вартість модернізації - \$10 000, то термін окупності складе приблизно 3 роки.

Основною функцією системи охолодження є забезпечення оптимального теплового режиму, за якого відбувається повне згоряння паливно-повітряної суміші під час робочого ходу двигуна. Порушення цього режиму спричиняє зниження коефіцієнта корисної дії (ККД), перевитрати палива та підвищене зношення деталей двигуна.

Щоб уникнути цих проблем і забезпечити надійність елементів системи охолодження під час експлуатації, необхідно своєчасно проводити контроль та діагностику технічного стану системи. Основними параметрами для оцінки стану системи охолодження є:

- Товщина накипу на нагрівальних поверхнях.
- Герметичність з'єднань.
- Стан серцевини радіатора, пароповітряного клапана, прокладки та головки циліндрів.

- Зношення лопатей крильчатки та стінок корпусу рідинного насоса.
- Стан шторки або жалюзі.
- Натяг паса вентилятора.

На наявність накипу вказує температура зовнішньої поверхні головки циліндрів і блоку в найбільш напружених місцях, а також підвищення температури та чаду картерної оливи. Найточніший спосіб визначення стану нагрівальних поверхонь - пряме вимірювання товщини накипу у критичних місцях, наприклад, у верхній частині гільз циліндрів. У разі відсутності точних методів виявлення накипу систему охолодження періодично промивають спеціальними розчинами.

Забруднення трубок радіатора можна виявити за зниженням різниці температур охолоджувальної рідини на вході та виході з радіатора, а також за збільшенням розрідження у нижньому патрубку, що вимірюється вакуумметром. Герметичність з'єднань оцінюється під час роботи двигуна візуально, а їх надійність перевіряється гідравлічним обпресуванням системи під тиском.

Дію пароповітряного клапана контролюють за тиском відкриття парового і повітряного клапанів при подачі стиснутого повітря. Стан прокладки та головки циліндрів перевіряють за допомогою манометра, підключеного до системи охолодження, спостерігаючи за коливанням стрілки у разі проникнення газів. Також проводять подачу стиснутого повітря до камери згоряння при непрацюючому двигуні.

Зношення крильчатки та стінок корпусу насоса проявляється підвищенням температури у верхньому баку радіатора і зниженням розрідження в нижньому патрубку при правильному натягу паса вентилятора. Стан шторки або жалюзі визначають візуально та перевіркою роботи механізмів регулювання. Робота термостата оцінюється за температурою початку і кінця відкриття клапана. Точність показань дистанційного термометра перевіряється контрольним термометром. Натяг паса вентилятора контролюють за прогином під дією визначеного зусилля.

Під час експлуатації часто виникають несправності таких елементів системи охолодження, як радіатор, рідинний насос, вентилятор, показчик температури води, термостат, а також герметичність з'єднувальних патрубків. Ці несправності можуть призводити до порушення працездатності двигуна.

Основними причинами несправностей системи охолодження є:

- недотримання правил експлуатації двигуна;
- використання неякісних комплектуючих;
- перевищення граничного терміну служби елементів системи;
- недостатньо кваліфіковане проведення технічного обслуговування та ремонту.

Технічний стан системи охолодження значною мірою визначається температурним режимом двигуна. Підвищення температури двигуна може бути спричинене погіршенням циркуляції охолоджуючої рідини або зниженням тепловіддачі від стінок рідинної рубашки чи трубок радіатора.

Надмірна витрата охолоджуючої рідини може свідчити про пошкодження системи, а також несправності клапанів чи пробки радіатора, що призводять до витоків. Схильність двигуна до перегріву, особливо при середніх і низьких навантаженнях, є ознакою погіршення циркуляції рідини в системі або наявності накипу.

У зв'язку з цим актуальним завданням є впровадження сучасних технологій діагностики компонентів системи охолодження двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) без демонтажу їх з автобуса.

Аналіз публікацій свідчить про наявність значної кількості окремих приладів для діагностики технічного стану компонентів системи охолодження. Водночас відсутні портативні комплекти, які б забезпечували комплексне визначення технічного стану всіх елементів системи охолодження. Використання таких комплектів дозволило б значно скоротити час проведення діагностики, підвищити її якість і продуктивність.

Дослідження літературних джерел також показало, що в Україні недостатньо розвинене виробництво удосконалених універсальних портативних засобів

діагностики компонентів системи охолодження без необхідності їх демонтажу. Такі засоби могли б ефективно застосовуватися як у стаціонарних, так і в польових умовах.

Розробка та впровадження комплекту засобів для діагностування складових елементів системи охолодження без їх зняття з машин

Для забезпечення працездатності двигуна протягом усього періоду експлуатації необхідно регулярно підтримувати його технічний стан за допомогою комплексу заходів. Ці заходи поділяються на дві основні групи [16]:

1. Підтримка працездатності елементів двигуна протягом максимально можливого періоду експлуатації.
2. Відновлення втрачених функцій елементів двигуна у разі їх несправності.

Особливу роль у діагностиці двигуна відіграє перевірка функціональних елементів системи охолодження за допомогою контрольно-діагностичних приладів. Більшість несправностей системи охолодження визначаються як за зовнішніми ознаками, так і за допомогою спеціальних пристроїв.

Для перевірки технічного стану агрегатів системи охолодження без їх демонтажу необхідно створювати та впроваджувати сучасні спеціалізовані прилади. Використання таких пристроїв дозволяє значно скоротити час і трудомісткість перевірок. Для оцінки технічного стану компонентів системи охолодження застосовуються сучасні методи діагностики, які включають:

- механічні,
- пневматичні,
- електричні,
- електронні засоби.

Ареометр (рис. 2.1) - прилад для визначення густини рідини, що працює на основі гідростатичного закону. Згідно з цим законом, тіло, занурене в рідину, витісняє об'єм рідини, вага якого дорівнює вазі зануреного тіла. Ареометр має

вигляд поплавка з паперовою шкалою у верхній частині, проградуєваною в одиницях густини (кг/м^3) для електроліту або у градусах Цельсія ($^{\circ}\text{C}$) для антифризу чи тосолу. Для підвищення точності використовуються набори ареометрів, що охоплюють різні діапазони густини.



Рис.2.1. Ареометр

Герметичність системи охолодження та працездатність пароповітряного клапана перевіряються за допомогою спеціального пристрою у комплекті з компресорно-вакуумною установкою моделі JGAI0302 TOPTUL (рис. 2.2).



Рис.2.2. Пристрій для перевірки герметичності системи охолодження та працездатності пароповітряного клапана

Тестер (рис. 2.3) оснащений високоточним манометром, насосом для створення надлишкового тиску в системі та індивідуальними адаптерами, призначеними для використання в автомобільних системах.



Рис.2.3. Тестер для перевірки герметичності системи охолодження

Комплект (рис.2.4) являє собою діагностичний пристрій – тестер, за допомогою якого можна визначити вміст вихлопних газів в охолоджуючій рідині системи охолодження двигуна.



Рис.2.4. Комплект для виявлення витоків у системі охолодження

Наявність вихлопних газів у системі охолодження може побічно свідчити про проблеми, пов'язані з мікротріщинами в камері згоряння або недостатньою герметичністю прокладки між блоком двигуна та головкою блоку циліндрів (ГБЦ), що зазвичай виникають внаслідок перегріву двигуна.

Прилад (рис. 2.5) призначений для виявлення витоку вихлопних газів із камери згоряння в систему охолодження бензинових і дизельних двигунів із рідинною системою охолодження.



Рис.2.5. Прилад для визначення наявності вихлопних газів у системі охолодження

Вихлопні гази, що проникають у систему охолодження, накопичуються у вигляді повітряної подушки у верхній частині радіатора. Завдяки запатентованій двокамерній конструкції тестера забезпечується високий рівень точності діагностики.

Пристрій KI-13918 (рис. 2.6) використовується для перевірки натягу приводних пасів двигунів. Він входить до складу переносних, пересувних і стаціонарних діагностичних комплектів.



Рис.2.6. Пристрій для перевірки натягу пасів KI-13918

Пристрій складається з корпусу зі шкалою прикладеного зусилля, осі, рукоятки, сектора з основною шкалою для відображення результатів вимірювання, а також сектора з допоміжною шкалою, яка позначає типорозміри пасів.

Перевірка натягу приводних пасів вентилятора і водяного насоса здійснюється за допомогою спеціального динамометричного пристрою К-403 (рис. 2.7). Планка 2 пристрою накладається на зовнішню поверхню паса так, щоб стержень 1 торкався його середньої частини. Далі на корпус пружини 4 натискають рукою із заданим зусиллям. Прогин паса у середній частині вимірюється за допомогою лінійки.

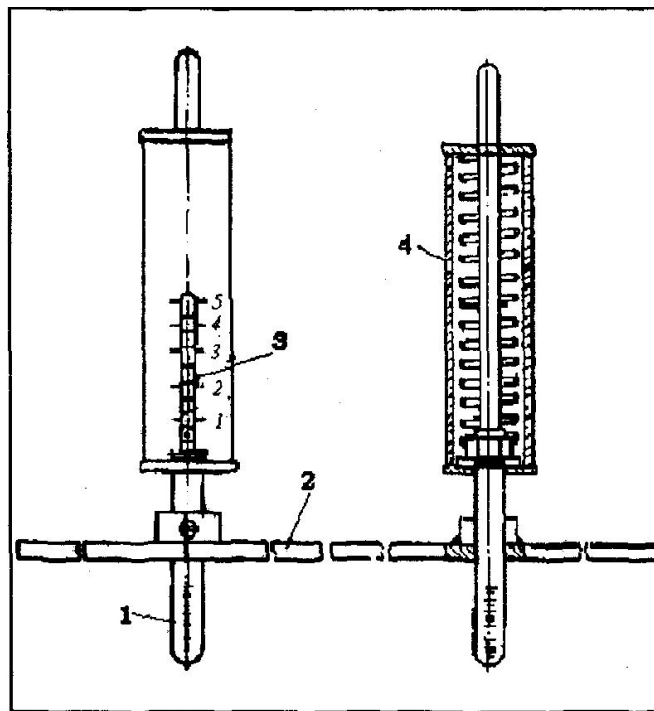


Рис.2.7. Динамометричний пристрій К-403 для перевірки натягу пасів:

1 – стержень; 2 – планка; 3 – шкала; 4 – корпус пружини

Наявність накипу в системі охолодження визначають шляхом прокручування основного двигуна за допомогою пускового двигуна протягом двох хвилин. У цей час диференціальний електротермометр КІ-5587 (рис. 2.8) із підключеними датчиками (термопарами) використовується для реєстрації температури блоку та головки блоку пускового циліндра.

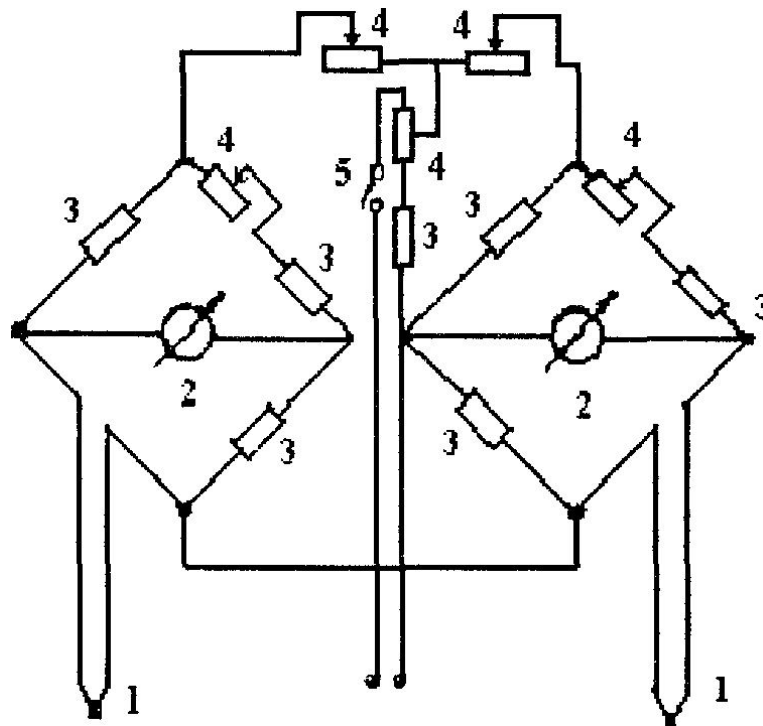


Рис.2.8. Схема диференціального електротермометра КІ-5587 для перевірки технічного стану системи охолодження радіатора: 1 - термопари (датчики); 2 - мікроамперметр; 3 - додаткові опори; 4 - реостат; 5 - вмикач

Диференціальний електротермометр КІ-5587, що входить до складу електронної діагностичної установки КІ-13949, складається з двох паралельно з'єднаних датчиків 1, які є терморезисторами двох урівноважених мостів із додатковими опорами 3 і реостатами 4, а також двох мікроамперметрів 2.

Пристрій підключається до акумуляторної батареї. У стані, коли температура охолоджуючої рідини у верхньому та нижньому бачках радіатора однакова, система перебуває в урівноваженому стані, і струм в електричному колі відсутній. При підвищенні температури в одному з бачків урівноважений стан порушується, у колі виникає струм, величина якого прямо пропорційна перепаду температур. Цей струм фіксується мікроамперметром, проградуйованим у градусах.

Для перевірки герметичності рідинної рубашки та системи охолодження використовується калібратор К-69М. На рис. 2.9 зображений пристрій, що використовується для підключення шланга калібатора до горловини радіатора.

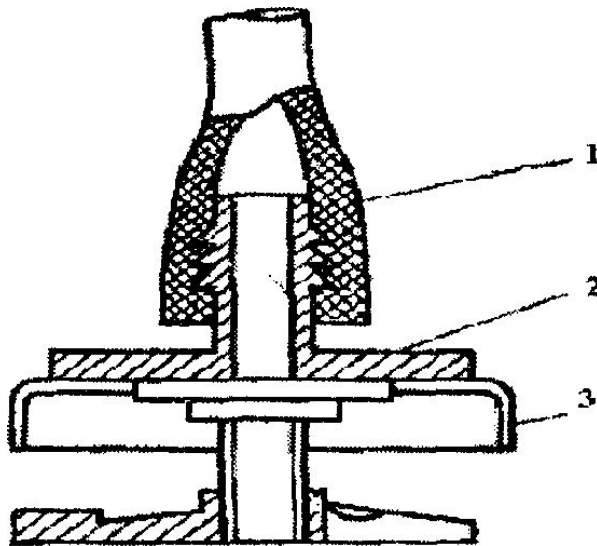


Рис.2.9. Пристрій для під'єднання шланга від калібратора до горловини радіатора:

1 - шланг від калібратора К-69М; 2 - пробка; 3 - штуцер

При просіданні гільз, порушенні герметичності стиків головки з блоком, тріщинах у головці або блоці, а також у разі несправності ущільнювального кільця гільзи, охолоджуюча рідина може потрапляти в циліндри або картер. Це проявляється зміною кольору вихлопних газів, появою оливних плям на поверхні води в радіаторі або виявляється шляхом відбору проби оливи через зливний отвір піддона.

Для технологічних регулювань використовують портативні комплекти приладів для діагностики системи охолодження двигунів машин. Метою діагностування є визначення технічного стану системи, її надійності, виявлення потреби в ремонті складових частин, а також контроль якості виконаного ремонту.

Висновки до другого розділу

У розділі запропоновано низку рекомендацій для покращення ефективності роботи систем охолодження двигунів автобусів, зокрема:

1. Використання нових матеріалів з підвищеною теплопровідністю для виготовлення елементів радіаторів та теплообмінників.

2. Оптимізація геометричних параметрів трубок і ребер радіаторів з метою підвищення ефективності теплопередачі.

3. Впровадження системи автоматичного регулювання роботи вентиляторів залежно від температурного режиму двигуна.

4. Застосування більш ефективних охолоджуючих рідин із покращеними антикорозійними властивостями.

Встановлено, що модернізація системи охолодження забезпечує:

1. Зниження витрат палива завдяки оптимізації роботи двигуна в умовах сталого теплового режиму.

2. Підвищення довговічності окремих елементів двигуна, що зменшує частоту ремонтів.

3. Зниження ризику аварійного виходу з ладу систем охолодження під час експлуатації.

Таким чином, впровадження запропонованих заходів дозволить суттєво підвищити ефективність і надійність систем охолодження двигунів автобусів, зменшити витрати на їх обслуговування та покращити загальну економічну ефективність експлуатації транспортних засобів.

РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ДВИГУНІВ АВТОБУСІВ

3.1. Характеристики ефективної системи охолодження двигунів автобусів

Переохолодження двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) автобусів за температури нижче 9°C призводить до негативних наслідків: погіршення якості картерного масла та підвищення корозійної активності палива [3].

Експлуатація транспортних засобів (ТЗ) у регіонах із суворими кліматичними умовами супроводжується інтенсивним охолодженням механізмів і агрегатів, що створює низку специфічних труднощів.

У зимовий період продуктивність ТЗ знижується, адже значна частина часу витрачається на запуск і прогрів двигуна, особливо за умов відкритого зберігання транспорту. Як наслідок, навіть технічно справні автомобілі розпочинають роботу із запізненням на 1–1,5 години. Низькі температури сприяють переохолодженню агрегатів, що ускладнює запуск двигунів, знижує надійність автомобілів, погіршує економічні показники, підвищує витрати палива та ускладнює технічне обслуговування й керування транспортними засобами.

Проблеми з запуском двигунів виникають через труднощі забезпечення необхідної частоти обертання колінчастого вала, погіршення умов сумішоутворення та займання паливної суміші. Для впевненого запуску двигуна частота обертання колінчастого вала повинна досягати або перевищувати мінімальне значення, яке забезпечує процес формування паливно-повітряної суміші в карбюраторі. Це значення суттєво залежить від температури навколишнього середовища.

Зниження температури масла призводить до значного зростання його в'язкості, що збільшує опір обертанню колінчастого вала і зменшує швидкість його обертання. Як результат, погіршуються умови займання паливної суміші, ускладнюючи процес запуску двигуна.

Зниження температури електроліту акумуляторної батареї суттєво зменшує її енергетичні можливості, що в свою чергу знижує швидкість обертання колінчастого вала та ускладнює займання паливної суміші.

При запуску двигуна в умовах низьких температур паливо випаровується значно гірше, адже процес випаровування є ендотермічним і потребує поглинання тепла. За даними деяких дослідників, знос двигуна під час холодного запуску може становити 50–70% від загального зносу за весь період експлуатації. Найбільш уразливими до зносу при низьких температурах є агрегати трансмісії, зокрема коробка передач і ведучі мости.

Зниження надійності машин у зимовий період зумовлене низкою факторів, які призводять до:

- збільшення частоти відмов під час запуску двигуна;
- скорочення довговічності вузлів і деталей;
- ускладнення процесів ремонту й обслуговування.

Експлуатація автомобілів при низьких температурах супроводжується збільшенням витрати палива, що пояснюється:

- підвищеним опором в агрегатах трансмісії через загущення мастильних матеріалів;
- неповним згорянням палива через погіршення його випаровування і розпилення;
- необхідністю додаткових витрат палива для прогріву двигуна;
- збільшенням опору коченню коліс на зимових дорогах.

Особливо значні витрати палива виникають через потребу прогрівати двигун, трансмісійні агрегати та шини після тривалого простою на відкритому майданчику в умовах низьких температур. Оцінюючи вплив кліматичних факторів на експлуатацію тракторів у зимовий період, важливо враховувати й екологічний аспект.

Ефективність і надійність роботи водія значною мірою залежать від умов у кабіні. Оптимальним мікрокліматом вважається температура повітря 18–20°C, вологість 40–60%, швидкість руху повітря 0,1–0,2 м/с. Низькі температури

повітря призводять до охолодження організму, що підвищує ризик інфекційних захворювань. Робота в умовах дискомфортного мікроклімату викликає стомлення, що збільшує ймовірність помилкових дій і може призвести до аварійних ситуацій.

Зниження температури охолоджуючої рідини на кожні 70–80°C спричиняє:

- зменшення ефективної потужності двигуна на 0,6–2%;
- зростання питомої витрати палива на 1,4–5%;
- збільшення зносу поршневих кілець на 6%.

Дизельні двигуни в зимовий період зазвичай працюють із навантаженням близько 50% від їхньої номінальної потужності, що особливо помітно впливає на зниження їхньої паливної економічності. Вплив низьких температур на інші характеристики дизельних двигунів наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Порівняння показників двигунів при переохолодженні [7]

Марка двигуна	MAN D08			Volvo D11/D13			Scania DC09		
Вартість вживаного двигуна C_d , грн.	115 000			330 000			220 000		
Температура в системі охолодження, °C	60	50	40	60	50	40	60	50	40
Погіршення паливної економічності: в % до номінальної ефективної витрати в кг/од.	11,7	18,6	23,4	12,1	18,2	24,2	12,7	19,1	25,5
	0,98	1,46	1,95	1,90	2,85	3,80	0,91	1,36	1,81
Втрати палива за 1000 км пробігу в середньому: кг. грн. (C_T)	1756 144870,0			3420 282150,0			1632 134640,0		
Величина C_T/C_d	0,19			0,47			0,35		

Існують відомі засоби та пристрої для забезпечення нормального теплового режиму двигунів внутрішнього згоряння з рідинним охолодженням та змішаною циркуляцією охолоджувальної рідини, які можна класифікувати на три групи:

1. Засоби, що регулюють об'єм повітря, яке проходить через рідинний радіатор. Проте ці засоби характеризуються низькою ефективністю та наявністю суттєвих недоліків.

2. Термостати, які змінюють обсяг охолоджувальної рідини, що протікає через радіатор, охолоджуваній повітрям. Вони ефективні лише за умов незначного переохолодження двигуна та позитивних температур навколишнього середовища.

3. Пристрої для регулювання теплового стану двигуна, зокрема теплообмінники. В таких пристроях рідина із системи охолодження двигуна, за потреби, нагрівається теплом відпрацьованих газів.

Теплообмінники підключаються послідовно до малого кола циркуляції в системах охолодження двигуна. Регулювання потоку охолоджувальної рідини через теплообмінники здійснюється за допомогою термостатів. Відпрацьовані гази двигуна внутрішнього згоряння постійно обігрівають теплообмінники, забезпечуючи швидкий нагрів рідини в малому колі циркуляції.

Це призводить до деякого підвищення температури рідини в термосифонній зоні циркуляції, однак прискорений прогрів усієї рідини в цій зоні залишається складним завданням.

Найперспективнішою є змішана система охолодження автомобільного двигуна, яка передбачає організований масо- і теплообмін між зонами (від нижньої мертвої точки до верхньої мертвої точки поршня) сорочки охолодження та блоку циліндрів під час виходу двигуна на робочий тепловий режим [8], (рис. 3.1).

Сорочка охолодження автомобільного двигуна поділяється на дві зони:

1. Зона I – примусової циркуляції рідини.
2. Зона II – термосифонної циркуляції, що використовує воду, антифриз, тосол тощо.

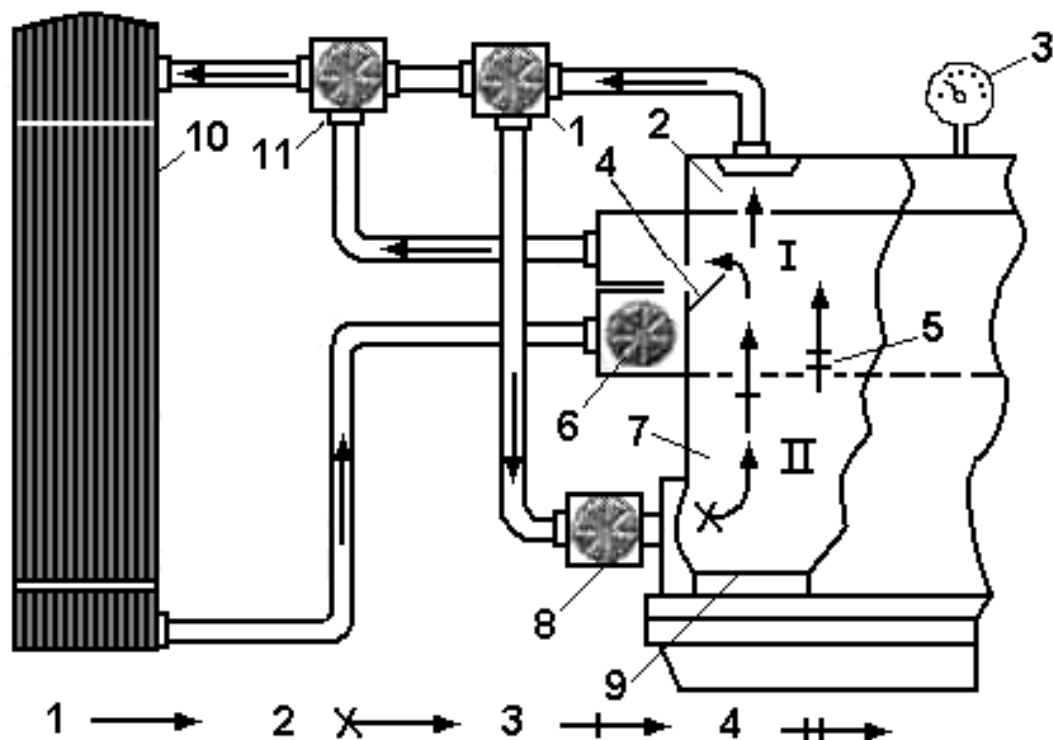


Рис.3.1. Система охолодження двигуна внутрішнього згорання автобуса

3.2. Удосконалення системи охолодження двигуна автобуса

Аналізуючи дані про розроблені конструкції систем охолодження двигунів, зокрема систему, зображену на рис. 2.1, слід зазначити, що їх основними недоліками є або складнощі регулювання температури в холодну пору року, або забезпечення нормального температурного режиму, що потребує додаткових операцій із розбирання та складання.

Користувачі постійно шукають рішення для підігріву двигуна перед запуском, застосовуючи різноманітні технічні засоби.

Електричні підігрівачі на ДВЗ автобусів здатні підтримувати під капотом ТЗ комфортну температуру близько 20 °С навіть у найсуворіші морози, вперше почали використовувати в країнах Північної Європи та Скандинавії. Згодом вони з'явилися і в Україні, де їхні переваги були швидко оцінені користувачами.

До найпростіших підігрівачів належать пристрої, що працюють від зовнішнього джерела живлення, зазвичай електричного (рис. 3.2) [8].

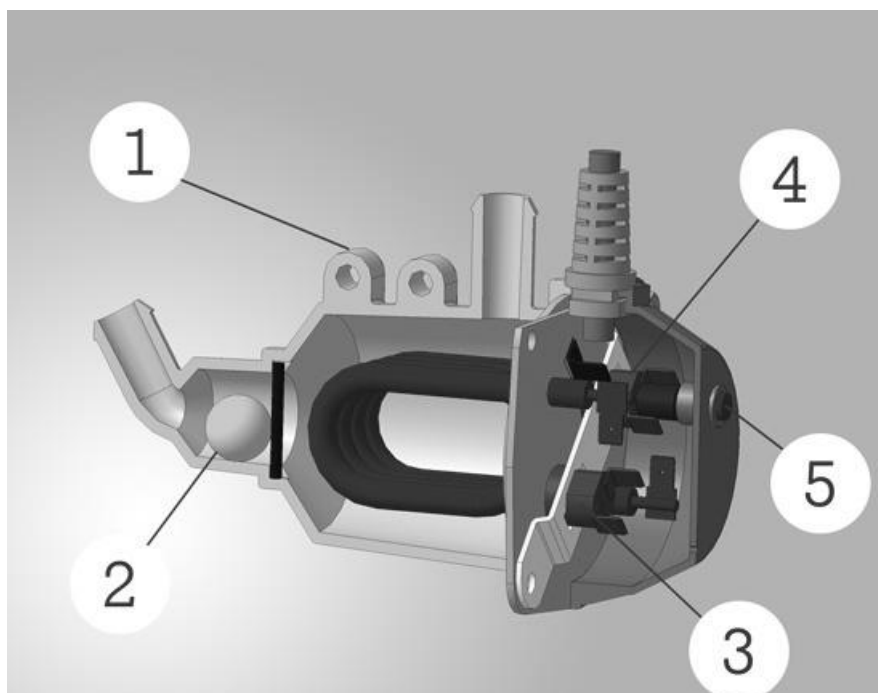


Рис.3.2. Електричний пусковий підігрівач

1. Горизонтальний тип підігрівачів виключає ризик потрапляння охолоджувальної рідини в електричну частину пристрою.
2. Кульковий клапан забезпечує спрямованість циркуляції охолоджувальної рідини, запобігає перегріву електричного нагрівача та підвищує ефективність підігріву при різних варіантах монтажу.
3. Терморегулятор автоматично вмикає та вимикає пристрій у визначених температурних межах, захищаючи від перегріву та знижуючи витрати електроенергії.
4. Аварійний термовимикач відключає підігрівач у разі недостатньої кількості охолоджувальної рідини або її відсутності, а також у випадку несправності терморегулятора.
5. Кнопка перезапуску термовимикача дозволяє повторно вмикати пристрій після спрацювання аварійного захисту, підвищуючи безпечність і зручність експлуатації.

Другий тип пристроїв, відомий як автономний підігрівач, використовує енергію безпосередньо від автомобіля.

Автолюбители часто знаходять небезпечні способи запуску двигуна в мороз, наприклад, нагрівання картера паяльною лампою чи додавання газу в паливо. Деякі встановлюють електричні підігрівачі власноруч, але це прив'язує автомобіль до розетки. У продажу вже є передпускові підігрівачі, які спрощують запуск двигуна в зимовий період, особливо в регіонах, де зима триває понад шість місяців.

Перші пристрої цього типу були схожі на звичайні кип'ятильники. Їх встановлювали під капотом, а роз'єми з посиленою ізоляцією виводили на бампер для підключення до розетки.

Сучасні передпускові електричні підігрівачі оснащуються додатковими функціями, такими як вентилятор, пристрій для зарядки акумулятора, таймери або дистанційне керування, що дозволяє власникам уникати контакту з холодом.

Однак такі пристрої коштують значно дорожче, ніж кип'ятильник, який став їх прототипом. Найпопулярнішими в Україні, як і в Європі, є підігрівачі марки Defa виробництва Норвегії.

Електричний передпусковий підігрівач зазвичай представляє собою спіраль, вбудовану в блок циліндрів на місці заглушки системи охолодження. Спіраль підтримує оптимальну температуру рідини, що дозволяє:

- Зменшити зношення двигуна завдяки скороченню часу прогріву.
- Знизити витрати палива.
- Зменшити рівень викидів у навколишнє середовище.
- Економити час при кожному запуску, скоротивши очікування прогріву на 10 хвилин і більше.

Основний недолік електричних підігрівачів – високий рівень енергоспоживання, до 10 кВт за ніч.

Для зниження витрат фірма Defa комплектує пристрої таймерами, які дозволяють налаштовувати температуру і автоматизувати увімкнення/вимкнення, що робить їх експлуатацію економічнішою.

Альтернативою електричному підігрівачу є автономний передпусковий підігрівач двигуна, який може бути інтегрований як у систему електроживлення

автомобіля, так і в систему охолодження. Цей тип пристрою однаково ефективний для бензинових і дизельних двигунів, при цьому автовласник не залежить від підключення до електромережі (рис. 3.3) [7].

Автономний підігрівач складається з компактної камери, в якій утворюється паливно-повітряна суміш, що запалюється за допомогою спеціального крапельного штиря. У стінках камери циркулює охолоджуюча рідина, яка нагрівається і за допомогою насоса подається у малий контур системи охолодження. Це забезпечує прогрів двигуна, відтавання скла та обігрів салону.

Оскільки автономний підігрівач не є частиною конструкції автомобіля, його можна легко встановити в будь-якому зручному місці. Джерелом енергії для роботи пристрою служить паливо з бака автомобіля.

Конструктивно автономний підігрівач є невеликим двигуном внутрішнього згоряння, який підігріває антифриз і прокачує його по системі охолодження. Він працює на бензині, дизельному паливі або газі, що робить його універсальним і зручним для різних типів транспортних засобів.

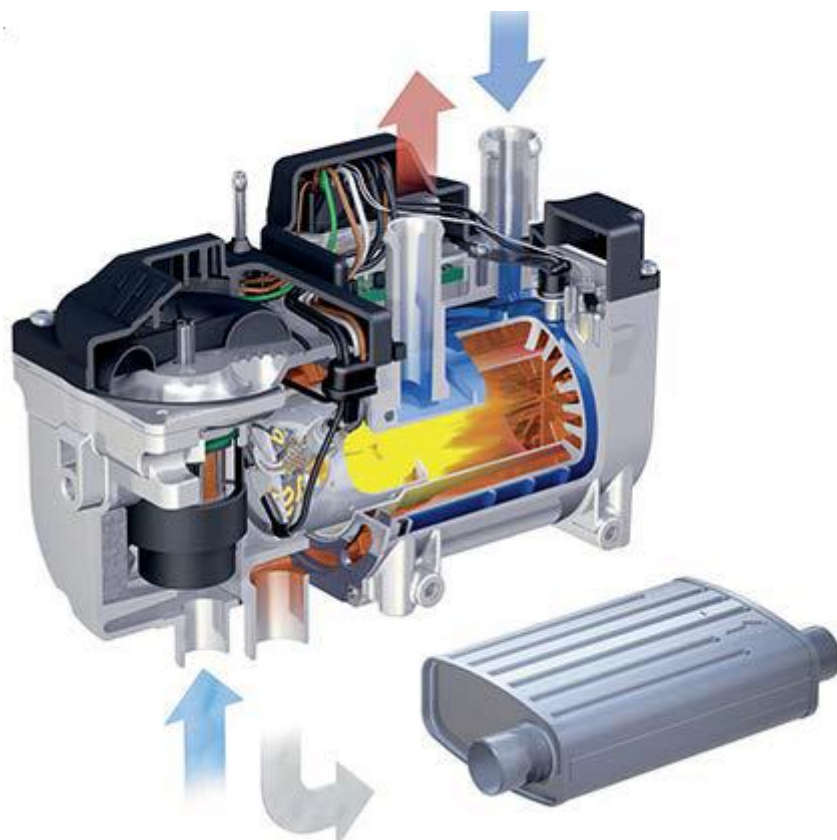


Рис. 3.3. Загальний вигляд та принцип роботи автономного підігрівача

3.3. Модифікація конструкції системи охолодження двигуна автобуса

З урахуванням конструктивних особливостей двигуна (наприклад, міського автобуса БАЗ А079 двигун ТАТА-697 ТС65 Еуро-3) пропонується система охолодження, оснащена підігрівачем та автоматичним регулюванням температурного режиму, що забезпечує ефективну роботу протягом усього року (рис. 3.4).

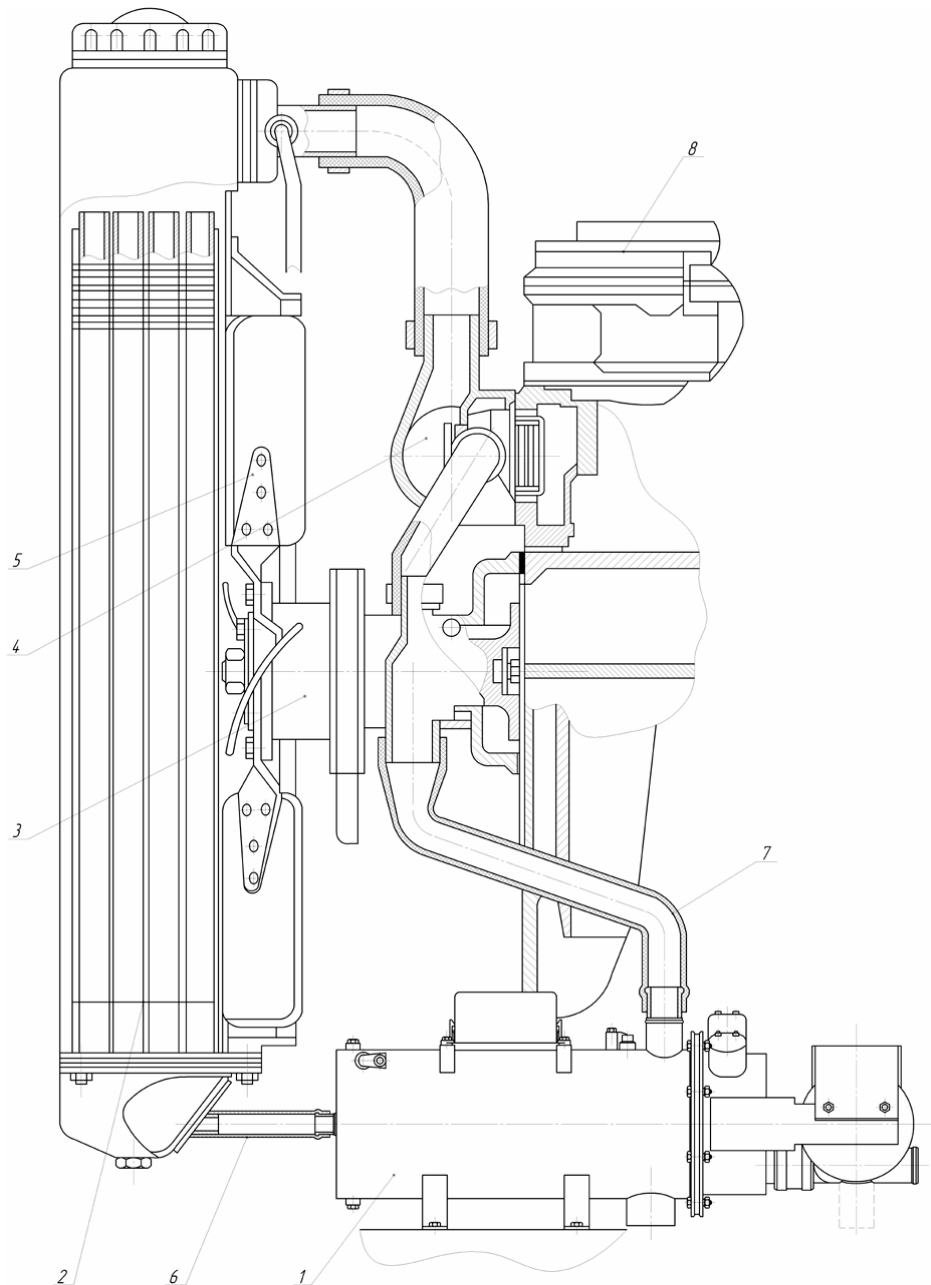


Рис.3.4. Удосконалена система охолодження автобусного двигуна:

- 1 - підігрівач; 2 - радіатор; 3 – водяний насос; 4 – термостат; 5 – вентилятор;
6 - патрубок підвідний; 7 - відвідний патрубок; 8 - двигун

Зміни системи охолодження забезпечується шляхом установки підігрівача типу «Арістон» (рис. 3.5) у велике коло циркуляції охолоджуючої рідини (таблиця 3.2).

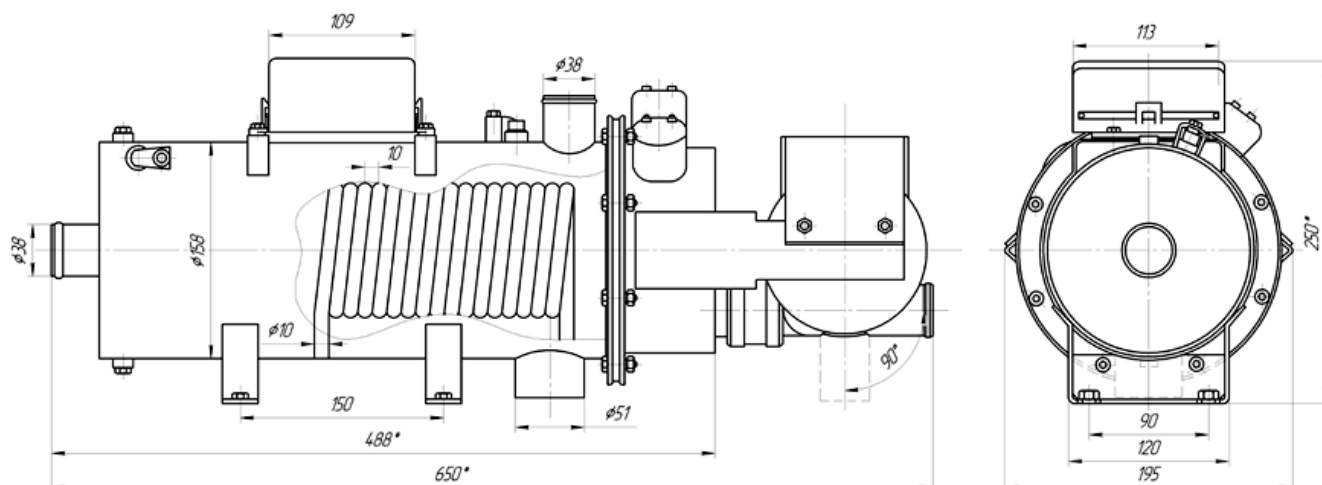


Рис.3.5. Прототип удосконаленого підігрівача автобусного двигуна

Таблиця 3.2

Характеристика підігрівача

Характеристики	Повний режим	Частковий режим
Тепловий потік, кВт	12,000	5,000
Споживання електроенергії (під час роботи) кВт	75	50
Витрата палива, л.	1,4	0,6

Система підігрівача, призначена для передпускового прогріву двигунів із рідинним охолодженням, автоматичного підтримання їх теплового режиму, обігріву салону (кабіни) транспортного засобу та усунення обмерзання скла, працює незалежно від роботи двигуна.

Підігрівач встановлюється у контур рідинної системи охолодження двигуна і підключається до електромережі та паливної системи. Корпус пристрою виготовлений із нержавіючої сталі, що забезпечує високу стійкість до корозії, дозволяючи використовувати низькоякісні охолоджувальні рідини.

Технічні особливості пристрою:

- автоматична система керування;

- подвійне призначення: для попереднього прогріву двигуна та обігріву салону;

- функція постійної діагностики роботи;
- відображення інформації про несправності на дисплеї;
- можливість налаштування двох окремих програм увімкнення підігрівача;
- опція підігріву масляного картера вихлопними газами.

Характеристики:

- Напруга живлення: 24 В.
- Габарити: 387 × 206 × 231 мм.
- Вага: 9 кг.

Підігрівач оснащений автоматичною системою управління, яка забезпечує зручність і ефективність використання (рис. 3.6).

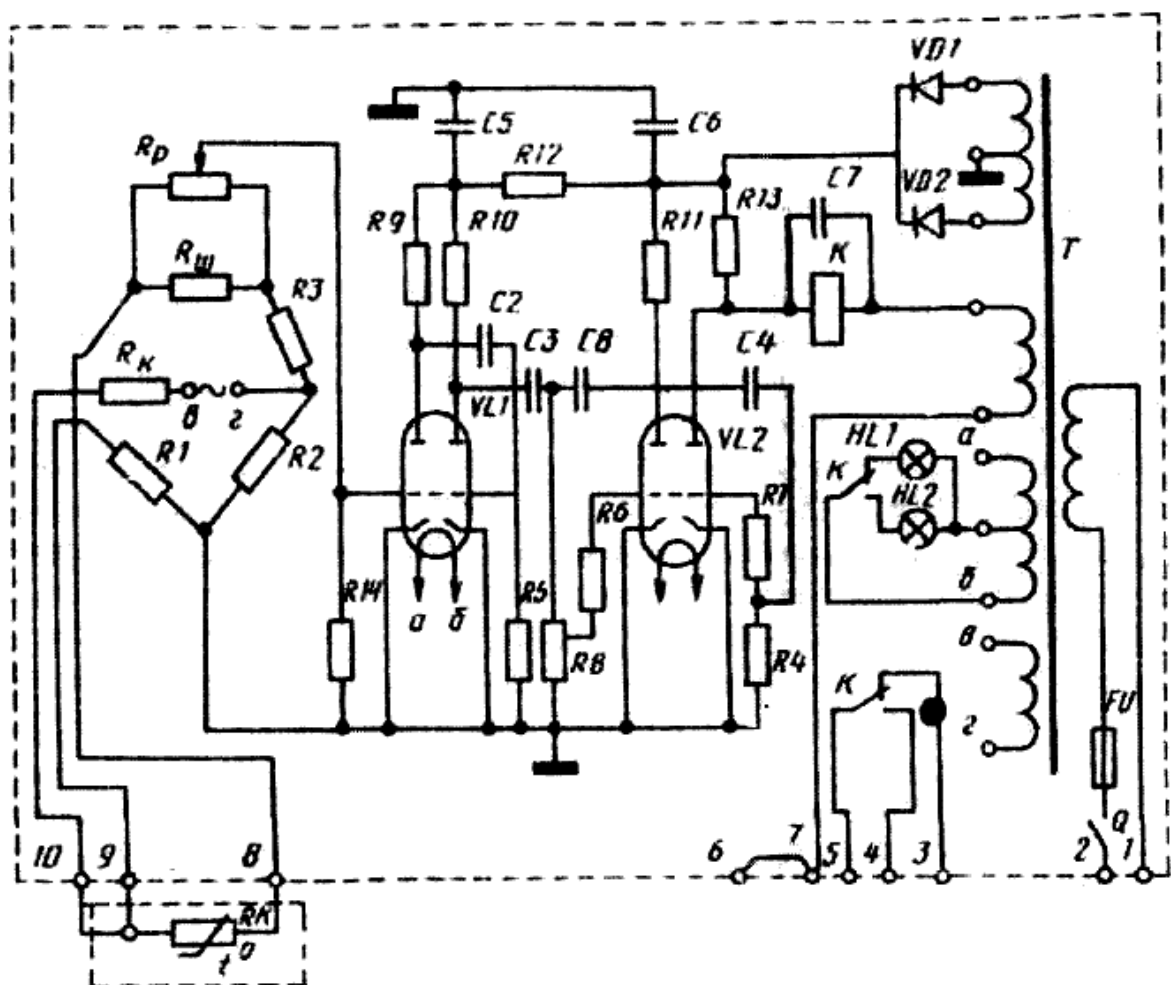


Рис.3.6. Принципова електрична схема регулятора температури ЕРА-М

Регулятор температури ЕРА-М – це пристрій, призначений для вимірювання та регулювання температури, що використовує термоперетворювачі опору як датчики. Терморегулятор складається з трьох основних компонентів: вимірювальної мостової схеми, фазочутливого підсилювача та блоку живлення [1].

Вимірювальна схема є одинарним мостом опорів, в одному з плечей якого розташований термоперетворювач опору (R_K). Міст автоматично врівноважується, якщо пристрій використовується як регулятор або сигналізатор температури, або вручну, за допомогою реохорди, у разі вимірювання температури.

Коли температура у місці встановлення термоперетворювача опору менша за встановлену на шкалі датчика (реохорда), рівновага моста порушується, і в його вимірювальній діагоналі виникає напруга розбалансу. Це напруження подається на вхід підсилювача, який складається з лампи VL_1 та половини лампи VL_2 .

Четвертий каскад підсилювача є фазочутливим і побудований на другій половині лампи VL_2 , живлячись змінним струмом від окремої обмотки трансформатора Т. В анодному ланцюгу фазочутливого каскаду знаходиться обмотка вихідного реле К.

Якщо фаза напруги розбалансу моста збігається з фазою напруги живлення у відповідний напівперіод, через лампу проходить струм, достатній для активації вихідного реле К. Контакти реле включають виконавчий механізм (наприклад, електромагнітний пускач), який подає енергію на об'єкт регулювання до досягнення заданої температури.

Коли температура об'єкта досягає встановленого значення, міст врівноважується, напруга розбалансу змінює фазу, а струм у анодному ланцюгу зменшується до рівня, за якого реле К відключає виконавчий механізм. Зелена лампа "менше" гасне, а червона лампа "більше" вмикається.

Фазочутливий каскад налаштований так, що лампа відкривається лише у той напівперіод, фаза якого збігається з сигналом, що виникає при температурі об'єкта нижче заданої на шкалі.

Терморегулятори комплектуються мідними термоперетворювачами опору. У разі недостатньої температури охолоджувальної рідини в системі, електрична схема підігрівача, інтегрована в основну схему двигуна, активує нагрівальні елементи. Ці елементи нагрівають рідину до робочої температури в межах 85–93 °С, а перевищення цього діапазону контролюється автоматичним відключенням підігрівача за схемою, наведеною на рис. 2.3.

3.4. Оцінка витрат палива при експлуатації двигуна в умовах низьких температур

Для оцінки ефективності використання палива під час виконання транспортної роботи застосовують показник питомої витрати палива на одиницю транспортної роботи (Q). Він визначається як співвідношення фактичної витрати палива до обсягу виконаної транспортної роботи.

Питома витрата палива обчислюється за формулою:

$$g_e = 1000 G_m / N_e, \quad (3.1)$$

де N_e - ефективна потужність двигуна.

Висловимо N_e через рівняння балансу потужності

$$N_e = N_\psi + N_\omega + N_J + \eta_{тр} = v(P_\psi + P_\omega + P_J) / \eta_{тр} \quad (3.2)$$

Тоді:

$$G_m = g_e N_e / (1000 \eta_m) = g_e v (P_\psi + P_\omega + P_J) / \eta_{mp} \quad (3.3)$$

Годинна витрата палива впливає на величину шляхових витрат:

$$Q_L = 1000 G_m / (36 v \rho_t), \quad (3.4)$$

де ρ_t - щільність палива.

Виразивши G_t через g_e , отримаємо:

$$Q_L = g_e N_e / (36 v \rho_t \eta_{mp}) = g_e (P_\psi + P_\omega + P_J) / (36 \rho_t \eta_{mp}) \quad (3.5)$$

Формула (3.5) називається рівнянням витрати палива.

Згідно ДСТУ 20306-85 оціночними показниками паливної економичності є:

- контрольна витрата палива (КВП);
- витрата палива в магістральному їздовому циклі на дорозі (ВПЗМЦ);
- витрата палива в міському їздовому циклі на дорозі (ВПМЦ);
- витрата палива в міському циклі на стенді (ВПМЦС);
- паливна характеристика усталеного режиму двигуна (ПХ);
- паливно-швидкісна характеристика на горбистій дорозі (ПШХ).

Дані оціночні показники не нормують.

При роботі на дизельному паливі витрата визначається.

За рівняння 2.5 характеристик автомобіля маємо:

$$g_e = 258 \text{ гкВт/год},$$

$$N_e = 59 \text{ кВт},$$

$$\rho_T = 850 \text{ кг/м}^3.$$

Приймаємо середню швидкість руху транспортного засобу $v = 35 \text{ км / год}$.

Для розрахунку ККД трансмісії $\eta_{\text{тр}}$ скористаємося формулою 3.6:

$$\eta_{\text{тр}} = \eta_1 \eta_{n1} \cdot \eta_2 \eta_{n2} \cdot \eta_x \quad (3.6)$$

де η_1, η_2 - ККД циліндричних і конічних шестерень трансмісії,

n_1, n_2 - число пар шестерень відповідно,

η_x - ккд дорівнює 0,96.

З технічних характеристик трансмісії БАЗ А079 знаходимо при русі транспортної машини на останній транспортної швидкості n_1 - 5, n_2 - 2, η_1 - 0,84, η_2 - 0,82. [7]

$$\eta_{\text{тр}} = 0,845 \cdot 0,822 \cdot 0,96 = 0,88$$

Для визначення загальної витрати палива необхідно обчислити значення сил опору коченню ($P_{\psi} + P_{\omega} + p_j$).

Сила опору дороги:

$$P_{\psi} = G(f \cos \alpha + \sin \alpha) \approx G(f + 1) \quad (3.7)$$

де G - повна маса транспортного засобу, приймаємо для транспортного засобу з причепом G рівне 7900 кг або 79000 Н.

f - коефіцієнт опору коченню, що залежить від покриття дороги, перевезення вантажів здійснюється по сухій, битій, ґрунтовій дорозі f дорівнює 0,03.

Рух приймаємо рівномірним, прямолінійним.

$$P_{\psi} = 7900 \cdot (0,03 + 1) = 8,137 \text{ кН}$$

Сила опору повітря

$$P_{\omega} = k_{\omega} \cdot F \cdot v^2 \quad (3.8)$$

де k_{ω} - коефіцієнт опору повітря, для автопоїздів приймається близько 0,9;

F - площа лобового опору транспортного засобу, для автобуса БАЗ А079 становить приблизно $5,69 \text{ м}^2$,

$$v = 35 \text{ км / год.} = 9,7 \text{ м/с,}$$

$$P_{\omega} = 0,9 \cdot 5,69 \cdot 9,7 = 4,84 \text{ кН.}$$

Сила опору інерції трансмісії

$$P_j = m \cdot J, \quad (3.9)$$

де m - маса транспортного засобу 5540 кг,

J -прискорення транспортного засобу/

$$P_j = 6,79 \text{ кН.}$$

Загальна витрата палива при виконанні транспортної роботи автомобилем складе:

$$Q_L = 258(8,137 + 4,84 + 6,79) / 36 \cdot 850 \cdot 0,88 = 21,8 \text{ кг / год}$$

З урахуванням наявних досліджень роботи двигуна на всіх режимах навантаження визначаємо:

$$Q_L = 19,7$$

3.5. Використання сучасних технологій діагностики та моніторингу стану системи охолодження

Сучасні системи охолодження відіграють ключову роль у забезпеченні ефективності та довговічності обладнання. Використання сучасних технологій

діагностики та моніторингу дозволяє попереджати збої, оптимізувати роботу системи та знижувати експлуатаційні витрати [18].

Технології діагностики систем охолодження:

1. Тепловізійна діагностика:
 - Використовується для виявлення зон перегріву та нерівномірного розподілу температур.
 - Переваги:
 - Безконтактний метод.
 - Оперативність аналізу.
 - Приклади використання:
 - Обстеження радіаторів, трубопроводів, насосів та вентиляторів.
2. Вібраційна діагностика
 - Застосовується для аналізу стану насосів, вентиляторів та компресорів.
 - Виявляє:
 - Дефекти підшипників.
 - Дисбаланс або неправильне вирівнювання деталей.
 - Метод заснований на аналізі спектра вібрацій.
3. Акустична діагностика:
 - Дозволяє виявляти витоки рідини та дефекти в трубопроводах.
 - Використання ультразвукових детекторів полегшує виявлення прихованих дефектів.
4. Аналіз рідини охолодження:
 - Моніторинг хімічного складу охолоджуючої рідини для запобігання корозії та утворення відкладень.
 - Регулярний аналіз дозволяє попереджати зниження ефективності теплообміну.

Системи моніторингу стану охолодження:

1. Сенсорні системи:
 - Використання датчиків температури, тиску та витрати рідини.
 - Постійний збір даних у режимі реального часу.
 - Інтеграція з системами автоматичного управління.
2. Інтернет речей (IoT):
 - Інтеграція систем охолодження в IoT-платформи.
 - Здійснення віддаленого моніторингу та управління.
 - Використання прогнозуючої аналітики для попередження збоїв.
3. Системи візуалізації та аналітики:
 - Використання програмного забезпечення для моделювання роботи системи.
 - Побудова графіків і звітів для виявлення трендів і потенційних проблем.

Переваги сучасних технологій:

- Прогнозування поломок – запобігання аварійним ситуаціям шляхом раннього виявлення дефектів.
- Оптимізація витрат – зниження енергоспоживання та витрат на ремонт.
- Підвищення ефективності – забезпечення стабільної роботи обладнання.
- Екологічна безпека – мінімізація витоків рідин і зменшення шкідливого впливу на довкілля.

Сучасні технології діагностики та моніторингу стану систем охолодження відкривають нові можливості для підвищення надійності та ефективності роботи обладнання. Інтеграція таких технологій у промислові системи є необхідною умовою для забезпечення конкурентоспроможності підприємств у сучасних умовах [18].

Висновки до третього розділу

Аналіз існуючих систем охолодження показав, що ефективна система охолодження повинна забезпечувати стабільний тепловий режим двигуна за будь-яких експлуатаційних умов. Основними характеристиками таких систем є надійність, енергоефективність, стійкість до перепадів температури та можливість адаптації до різних кліматичних умов.

Удосконалення системи охолодження включає впровадження сучасних теплообмінників, підвищення продуктивності циркуляційного насоса та оптимізацію роботи вентилятора. Використання більш ефективних матеріалів у конструкції сприяє зменшенню втрат енергії та підвищенню терміну служби системи.

Запропоновано модифікації, які включають інтеграцію інтелектуальних систем управління температурним режимом, що дозволяє автоматично регулювати параметри системи в залежності від умов експлуатації. Це сприяє не тільки підвищенню ефективності, але й зменшенню навантаження на двигун, що позитивно впливає на його ресурс.

Використання інноваційних технологій діагностики, таких як тепловізійний контроль, системи IoT для моніторингу та прогнозування стану елементів системи охолодження ДВЗ автобуса, дозволяє забезпечити своєчасне виявлення несправностей, скоротити витрати на обслуговування та уникнути аварійних ситуацій.

Таким чином, комплексний підхід до вдосконалення системи охолодження двигунів автобусів, включаючи модернізацію конструкції, оптимізацію експлуатаційних параметрів і впровадження сучасних технологій моніторингу, забезпечує підвищення ефективності роботи системи, економію ресурсів та збільшення загальної надійності роботи транспорту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі виконано огляд конструкційних особливостей систем охолодження двигунів автобусів, що забезпечують їх стабільну роботу в різних умовах експлуатації. Основними елементами систем є радіатор, насос, термостат, вентилятор і охолоджувальна рідина, ефективна взаємодія яких підтримує оптимальну температуру двигуна.

Виявлено основні причини зниження надійності систем охолодження: утворення накипу, зношування деталей, низька якість охолоджувальних рідин і недостатній технічний контроль. Запропоновано сучасні підходи до обслуговування, зокрема регулярну діагностику, промивання системи й заміну рідин.

Теоретичний аналіз теплових процесів у двигунах автобусів виявив необхідність удосконалення систем охолодження для зменшення теплових втрат і підвищення ефективності. Сформульовано рекомендації:

1. Використання матеріалів із високою теплопровідністю.
2. Оптимізація геометрії радіаторів.
3. Автоматизація регулювання вентиляторів.
4. Застосування ефективних охолоджуючих рідин.

Модернізація системи охолодження забезпечує:

- зниження витрат палива;
- підвищення довговічності компонентів;
- зменшення ризику аварійних несправностей.

Впровадження інтелектуальних систем управління температурою й сучасних технологій діагностики, таких як IoT та тепловізійний контроль, дозволяє своєчасно виявляти несправності, оптимізувати витрати та запобігати аваріям. Комплексний підхід до модернізації систем охолодження підвищує ефективність, надійність і економічну ефективність експлуатації автобусів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білоконь Я.Ю. Трактори та автомобілі: Підручник / Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча. – К.: Урожай, 2002. – 231 с.
2. Боровських Ю.І., Буральов Ю.В., Морозов К.А. Будова автомобілів: навчальний посібник / Ю.І. Боровських, Ю.В. Буральов, К.А. Морозов. - К.: Вища школа, 2001. - 304 с.
3. Канарчук В.Е. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту тракторів і автомобілів. 3 кн. Кн. 1. Теоретичні основи. Технологія: Підручник. - К.: Вища шк., 1999.- 342 с.
4. Канарчук В.Е. та ін. Основи технічного обслуговування і ремонту тракторів і автомобілів. 3 кн. Кн. 2. Організація і планування й управління: Підручник. - К.: Вища шк.. 1999.- 383 с.
5. Кисликов В.Ф., Лущик В.В.Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. - 6-те вид. - К.: Либідь, 2006. - 400 с.
6. Правила надання послуг з технічного обслуговування і ремонту автотракторних засобів. - К.: Мінтранс України, 2003. - 24 с.
7. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів. Навчальний посібник для вузів. К.: Арістей, 2005. - 280 с. - ISBN 966-8458-45-1.
8. https://xado.com/problems-nestabilnaya-rabota-sistemi-ohlazhdeniya?srsId=AfmBOOrl5Y6fXWZZsQdmyXGM9B_hAJ5fOXNBpkT4-KcmrmO5rTVpEsVL
9. <https://profosvita.online/courses/course-v1:Profosvita+CS-K015SFPL>
10. Варенко В. Методи системного аналізу в аналітиці. Вісник Книжкової палати. 2019. 10. С. 43–47.
11. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О. Теорія технічних систем: навч. посіб. Київ, ЦП «КОМПРИНТ». 2017. 291 с.
12. Охріменко М. Г., Жуковська О. А., Купка О. О. Методи розв'язування некоректно поставлених задач: навч. посіб. Київ, Цент учбової літератури. 2008. 166 с.
13. Казмиренко Ю., Михелєв, І., Матвєєв М. Методи і моделі візуалізації розподілу температурних полів газо-турбінних камер згоряння з використанням

середовища Common Lisp. Інформаційні технології та суспільство. 2022. 2 (4). С.36–41.

14. Казимиренко, Ю., Михелєв, І., Матвєєв, М. Систематизація та візуалізація експериментальних випробувань газотурбінних камер згоряння з використанням середовища Common Lisp. Інформаційні технології та суспільство, 2023. 1 (7). С. 15–22.

15. Сторчак І. М., Іванов О. П. Аналіз механізмів та ефективності спеціалізованих мов функціонального програмування. Наука і прогрес транспорту. Вісник Дніпровського національного університету залізничного транспорту. 2019. 6 (84). С. 117–129.

16. Агулов І.І. та ін. Довідник по технічному обслуговуванню автотранспортних засобів / І.І. Агулов, Л.Ф. Вознюк, О.В. Левчій. – К. : Урожай, 1999. – 256 с.

17. Технологічні карти діагностування і технічного обслуговування автомобілів. Практичний посібник /О.В. Козаченко, В.М. Блезнюк, С.П. Сорокін та ін. За ред. О.В. Козаченка. – Харків, ТОВ «ЕДЕНА», 2010. – 240 с.

18.НЛТУУ. Будова систем рідинного і повітряного охолодження двигунів. URL: <https://nltuu.com.ua/archives/136> (дата звернення 10.10.2020).