

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: «Удосконалення системи охолодження легкового
автомобіля»

Виконав: студент групи Ат-23СП
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)
Андрій Іванів
(ім'я та прізвище)

Керівник: Юрій Габріель
(ім'я та прізвище)

Дубляни 2023

УДК 629.038

Іванів Андрій Ігорович «Удосконалення системи охолодження легкового автомобіля»

//Кваліфікаційна робота. – Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2023. – 56 с.

Описано будову, призначення та принцип роботи рідинної системи охолодження. Проведено розрахунок витрат пального при роботі двигуна та розрахунок системи охолодження автомобільного двигуна. Запропоновано водяний насос з електромагнітною котушкою ввімкнення його приводу. Наведено заходи з охорони праці та пораховано штучне освітлення. Пораховано економічний ефект при використанні модернізованого водяного насосу.

табл. 4; рис. 9, бібліогр. джерел 17

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
ВСТУП	5
1 СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ АВТОМОБІЛІВ	6
1.1 Призначення, будова і принцип роботи	6
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	15
2.1 Розрахунок витрат пального при роботі двигуна	15
2.2 Параметри розрахунку системи охолодження автомобільних двигунів	17
2.3 Запропонований водяний насос.....	23
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	27
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	41
4.1 Структурно-функціональний аналіз робіт та моделювання травмонебезпечних ситуацій	41
4.2 Заходи з охорони праці під час виконання технологічної операції	43
4.3 Розрахунок штучного освітлення зони технічного обслуговування.....	47
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	51
5.1 Оцінка ефективності енергозбереження.....	51
5.2 Розрахунок економічної ефективності.	53
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55

ВСТУП

Двигуни працюють належним чином лише за певних температурних умов. Коли циліндри і поршні піддаються впливу гарячих газів і перегріваються, вони стають більш схильними до зносу через згоряння мастила. Коксування мастила відбувається через накопичення вуглецю. Зазор всередині циліндра зменшується через теплове розширення поршня. Одночасно знижується вихідна потужність через погіршення наповнення циліндра [1].

Цим негативним ефектам можна запобігти, охолоджуючи гарячі компоненти двигуна. Однак переохолодження також неприпустиме. Якщо двигун переохолоджений, збільшуються втрати тепла при перетворенні в механічну енергію. Крім того, погане випаровування палива, утруднене запалювання і неповне згоряння знижують потужність і ефективність двигуна, а значне утворення сажі при неповному згорянні призводить до залипання поршневих кілець і заїдання клапанів. У переохолоджених двигунах знос також збільшується, оскільки продукти згоряння конденсуються в рідку форму, викликаючи сильну корозію гільз циліндрів, поршнів і поршневих кілець. Експлуатація важча через більшу затримку самозаймання палива: Оптимальний тепловий режим двигуна в діапазоні 85-95°C підтримується системою охолодження, яка відводить надлишкове тепло від компонентів і передає його навколишньому повітрю. Для відведення тепла від нагрітих компонентів двигуна використовується рідинна система примусового охолодження. Циркуляція охолоджувальної рідини в цій системі забезпечується відцентровим насосом, який подає охолоджувальну рідину від радіатора до сорочки охолодження блоку циліндрів.

Сучасні двигуни використовують закриту систему охолодження, ізольовану від атмосфери і з'єднану з атмосферою тільки при відкритті повітряного або парового клапана в кришці радіатора.

1 СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ АВТОМОБІЛІВ

1.1 Призначення, будова і принцип роботи

Система охолодження призначена для забезпечення правильної роботи механізму двигуна.

Температура газів у циліндрах працюючого двигуна може досягати 1800-2000 °С. Частина тепла, що виділяється (21-28% для бензинових двигунів і 29-42% для дизельних), перетворюється в корисну роботу, а частина (12-27% для бензинових і 15-25% для дизельних) відводиться охолоджувальною водою [2].

Коли двигуни перегріваються через недостатнє відведення тепла, знижується вихідна потужність і збільшується споживання палива. Це також може призвести до заклинювання поршнів, прогорання головки клапанів, згоряння мастила, розплавлення вкладишів підшипників і руйнування поверхонь шийок колінчастого валу. У карбюраторних двигунах може виникнути детонація.

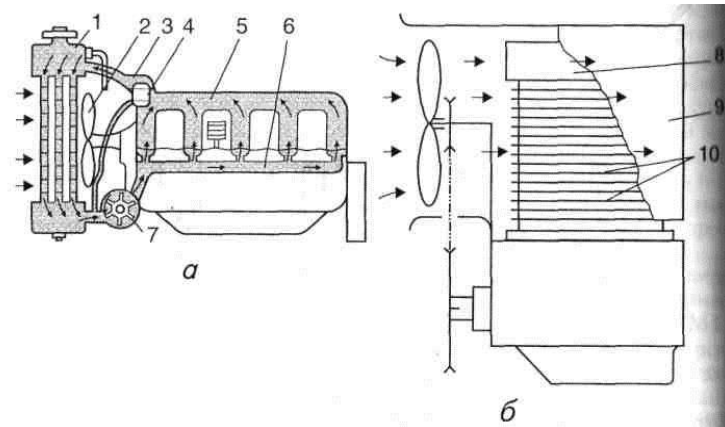
Якщо двигун переохолоджується через теплові втрати, знижується вихідна потужність і збільшуються втрати на тертя через більш густе мастило. Частина робочої суміші конденсується, видаляючи мастило зі стінок циліндрів і збільшуючи корозію на стінках циліндрів через утворення сірки і сірчистих сполук.

В автомобільних двигунах використовується наступна система охолодження (рис. 1.1)

Температура охолоджувальної рідини в головці блоку циліндрів повинна бути в межах від 80 до 95 °С. Ця температура є оптимальною, забезпечує нормальну роботу двигуна і не змінюється залежно від температури навколишнього повітря або навантаження на двигун. [3]

Рідинні системи охолодження можуть бути відкритими або закритими. Відкриті системи охолодження з'єднані безпосередньо з навколишньою атмосферою, в той час як закриті системи охолодження (рис. 1.1 а)

використовуються в сучасних двигунах і періодично з'єднуються через спеціальні клапани в радіаторі або кришці паливного бачка. У закритих системах охолодження температура кипіння охолоджувальної рідини підвищується, а випаровування зменшується [4]. Крім того, циркуляція рідини відбувається примусово.



а - рідинної; б - повітряної; 1 - радіатор; 2 - вентилятор; 3 - верхній патрубок; 4 - термостат; 5 - водяна сорочка; 6 - розподільна труба; 7 - насос; 8 - головка циліндрів; 9 - рефлектор; 10 - охолодні ребра.

Рисунок 1.1 – Принципові схеми систем охолодження двигунів:

Повітряна система охолодження (рис. 1.1 б) характеризується прямою передачею тепла в атмосферу. Необхідна інтенсивність охолодження забезпечується ребрами охолодження 10, вентиляторами 2 і відбивачами 9. Ця система проста в конструкції і використанні, а двигун швидко прогрівається після запуску і має невелику вагу. Недоліки систем повітряного охолодження: великі витрати електроенергії на роботу вентилятора, галаслива робота, нерівномірний розподіл тепла по висоті циліндра [5].

Принцип роботи рідинних систем охолодження (рис. 1.2). Відцентровий насос, що приводиться в дію ременем від шківів колінчастого вала, засмоктує охолоджуючу рідину з нижньої частини радіатора через патрубок і направляє її в сорочку охолодження циліндра. Охолоджуюча рідина спочатку омиває найгарячіші частини двигуна і відводить тепло, перш ніж потрапити через верхні трубки у верхній бачок радіатора. Коли вона проходить через серцевину радіатора і потрапляє в нижній резервуар, нагріта рідина охолоджується і відкачується назад до відцентрового насоса [6].

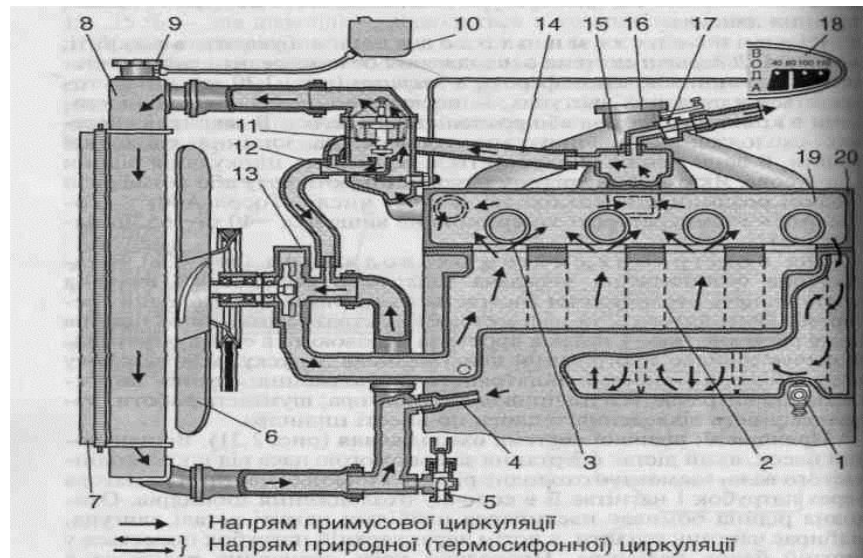


Рисунок 1.2 – Схема системи охолодження двигуна автомобілів: 1, 5-зливальні краники; 2-гільза циліндра; 3 - випускний трубопровід; 4 - відвідний шланг до опалювача; 6-вентилятор; 7-жалюзі радіатора; 8-радіатор; 9 - кришка заливної горловини; 10 - розширювальний бачок; 11-термостат; 12 - датчик показчика температури охолодної рідини; 13-відцентровий насос; 14 - відвідний шланг камери підігрівання впускного трубопроводу; 15-камера підігрівання впускного трубопроводу; 16-впускний трубопровід; 17 - кран відбирання рідини в опалювач; 18 - показчик температури охолодної рідини; 19 - сорочка головки блока циліндрів; 20 - сорочка блока циліндрів

При цьому частина нагрітої рідини надходить у впускну сорочку для підігріву повітряної суміші і, за необхідності, через спеціальні клапани спрямовується до опалювача кузова.

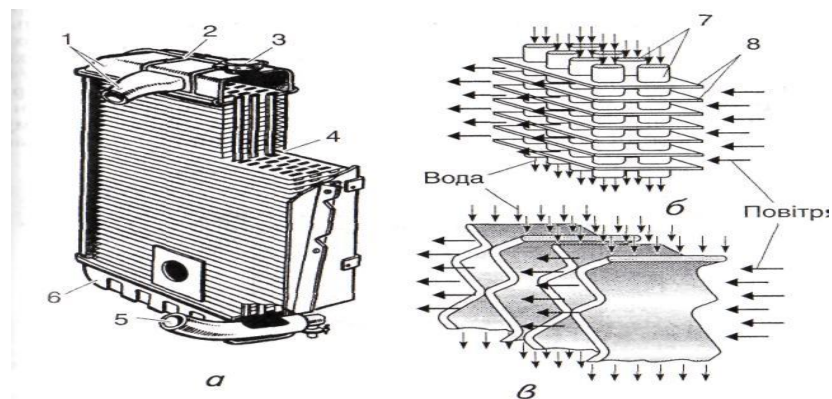


Рисунок 1.3 – Радіатор: а - будова; б - трубочаста сердцевина; в - пластинчаста сердцевина; 1 - верхній бачок з патрубком; 2 - паровідвідна трубка; 3 - заливна горловина з пробкою; 4 - сердцевина; 5 - патрубок із зливальним краником; 6 - нижній бачок; 7 - трубки; 8 - поперечні пластини

Радіатор служить для охолодження охолоджувальної рідини, яка відводить тепло від двигуна. Він складається з нижнього і верхнього латунних бачків, трубок, заливних горловин і пробок, припаяних до серцевини (рис. 1.3).

Патрубок бачка з'єднує радіатор 11 з сорочкою охолодження блоку циліндрів за допомогою гумових шлангів. Заливна горловина радіатора закрита пробкою (рис. 1.4), в яку вмонтовані випускний (паровий) клапан 7 і перепускний (повітряний) клапан 9.

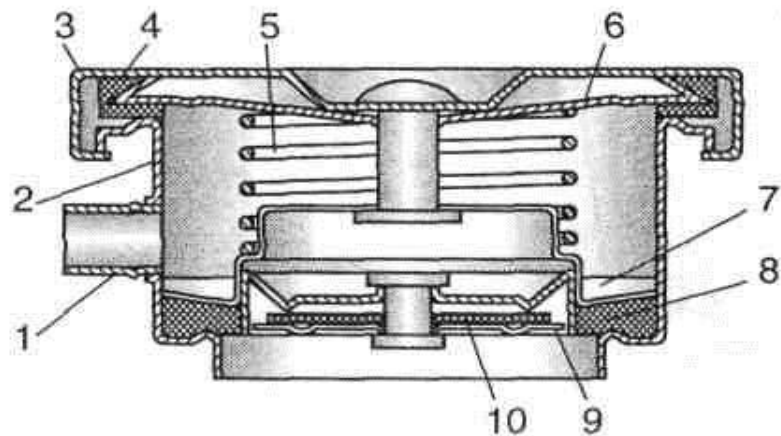


Рисунок 1.4 – Пробка радіатора: 1 - патрубок для приєднання трубки до розширювального бачка; 2 - горловина радіатора; 3 - кришка пробки; 4 - прокладка кришки; 5, 6 - пружини відповідно випускного клапана та кришки; 7, 9 - відповідно випускний і перепускний клапани; 8, 10 - прокладки відповідно випускного й перепускного клапанів

Коли тиск у системі охолодження підвищується до 0,15 МПа, відкривається випускний клапан 7.

Вода, що використовується як охолоджуюча рідина, закипає при температурі 109 °С. Якщо клапан стерильний, кипляча рідина або пара скидається в розширювальний бачок, щоб запобігти пошкодженню радіатора і з'єднань [7].

Перепускний клапан 9 відкривається при зниженні тиску в системі до 0,01 МПа внаслідок зменшення об'єму охолоджувальної рідини або конденсації парів охолоджувальної рідини під час охолодження двигуна.

При цьому рідина з розширювального бачка потрапляє в радіатор і запобігає сплюсненню трубки радіатора під дією атмосферного тиску.

Пластиковий розширювальний бачок 10 (див. рис. 1.2) містить постійний об'єм охолоджувальної рідини і служить для компенсації зміни об'єму охолоджувальної рідини в системі охолодження під час роботи двигуна.

Відцентровий водяний насос встановлений перед блоком циліндрів і змушує охолоджуючу рідину циркулювати в системі охолодження. Сталевий стакан запресований в алюмінієвий корпус 16 (рис. 1.5).

Стакан має два підшипники, в яких встановлений вал 10. Підшипники заповнені мастилом (їх не потрібно змащувати перед ремонтом). На передній кінець вала напресована втулка 11 вентилятора, а на задній кінець - чавунне робоче колесо 5.

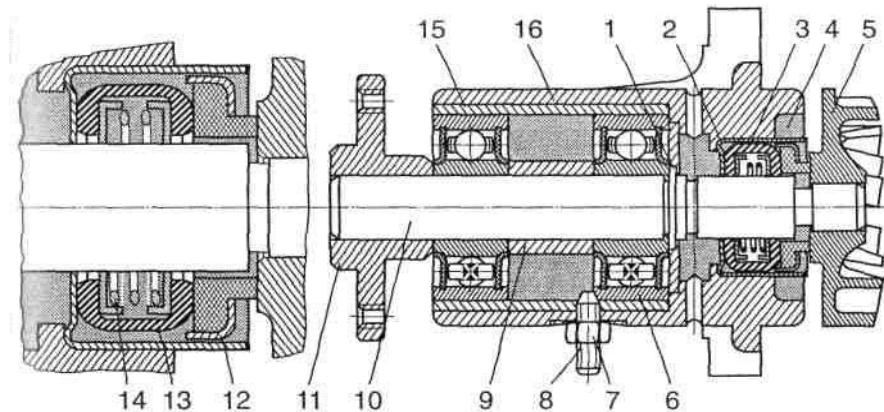


Рисунок 1.5 – Водяний насос: 1 - стопорне кільце; 2 - корпус ущільнювача; 3 - манжета; 4 - ущільнювальна шайба; 5 - крильчатка; 6 - підшипник; 7 - контргайка; 8 - стопорний гвинт підшипника; 9 - розпірна втулка; 10 - вал; 11 - маточина; 12 - корпус ущільнювальної шайби; 13 - обойма; 14 - пружина; 15 - стакан підшипників; 16 - корпус насоса

Ущільнення заднього кінця вала, що виходить з корпусу, забезпечується самоущільнювальним сальником в корпусі сальника, на поверхні якого встановлена ущільнювальна шайба 4, по якій вона ковзає на кінці робочого колеса [8]. Корпус сальника також оснащений гумовою манжетою 3 і пружиною стиснення 14, яка за допомогою латунної скоби 13 притискає кінець манжети до тіла ущільнювальної шайби 12. Для запобігання потрапляння рідини в корпус насоса (у разі виходу з ладу сальника) в корпусі передбачені зливні (контрольні) отвори, через які рідина витікає назовні. Це також

запобігає вимиванню мастила з підшипників. Шків приводу відцентрового насоса і вентилятора прикріплені болтами до маточини вентилятора 11.

Цей шків приводиться в рух трапецієподібним ременем від шківа колінчастого вала. Під час роботи двигуна робоче колесо насоса захоплює лопатями охолоджуючу воду з нижнього бачка радіатора і під дією відцентрової сили відкидає її до стінки корпусу і притискає до сорочки блоку і головки блоку циліндрів.

Термостат - це двоклапанний пристрій, призначений для прогріву двигуна після запуску і автоматичного підтримання оптимального температурного режиму двигуна під час руху автомобіля. Він встановлюється на випускному патрубку головки блоку циліндрів. [4] Термостат двигуна складається з корпусу 2 (рис. 1.6), в якому розміщені два клапани - перепускний 1 і основний 7, а також рухомий сердечник 4 [9].

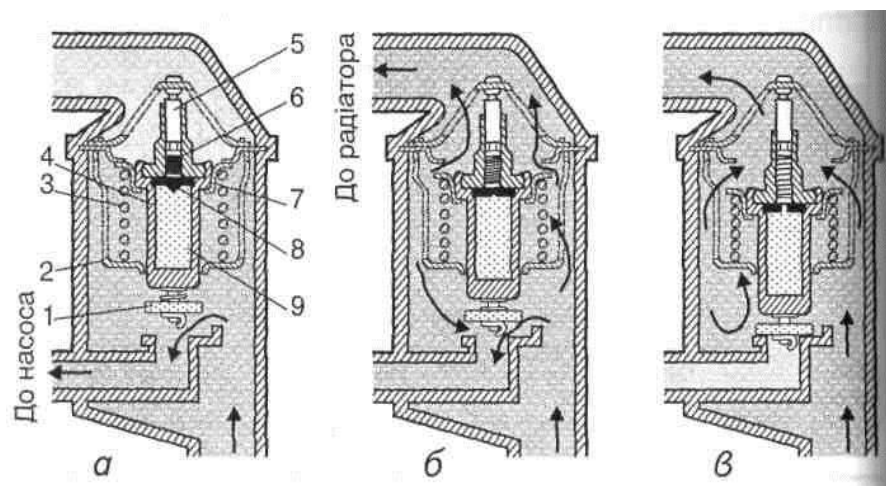


Рисунок 1.6 – Схема роботи термостата: а - циркуляція рідини по малому колу під час прогрівання холодного двигуна; б - циркуляція по малому та великому колам (початкове відкривання клапана); в - циркуляція по великому колу (повне відкриття клапана, двигун прогріто до нормальної температури)

Сердечник утримується в першому (верхньому) положенні поворотною пружиною 3. У середині сердечника знаходяться реакційні штифти 5, гумовий амортизаційний матеріал 6, гумова діафрагма 8 і церезин (кристалічний віск) 9 - термочутливий твердий матеріал з високим коефіцієнтом об'ємного розширення. Коли двигун запускається і прогрівається (рис. 1.6 а), основний

клапан 7 закривається, перепускний клапан 1 відкривається і охолоджуюча рідина циркулює по малому колу від відцентрового насоса, минаючи радіатор, до сорочки охолодження і назад до насоса через термостатичний перепускний клапан 1. Таким чином, охолоджуюча рідина циркулює тільки в сорочці охолодження і швидко нагрівається, прогріваючи двигун. Коли охолоджуюча рідина нагрівається, черевин в серцевині термостата починає плавитися, розширюється і перевертає діафрагму 8, яка передає зусилля через амортизаційний матеріал 6 на штифт 5. Штифт 5 впирається в шток і разом з клапаном переміщує сердечник 4 вниз, відкриваючи основний клапан і закриваючи байпасний [10].

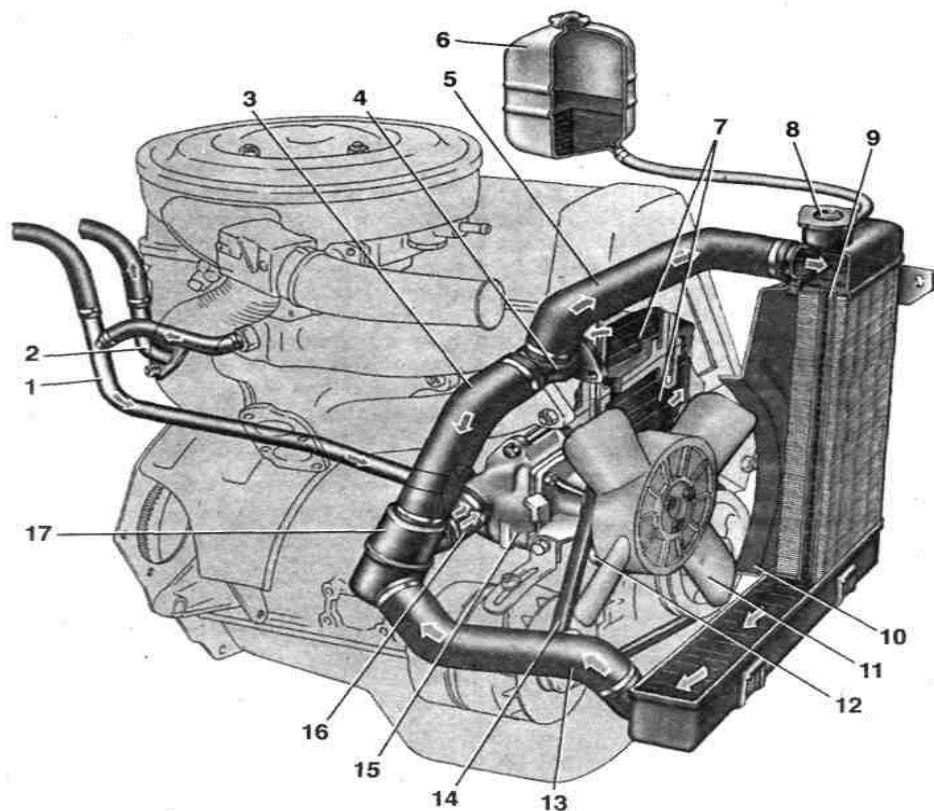


Рисунок 1.7 – Будова системи охолодження.

1 - трубка відводу рідини від радіатора нагрівника; 2 - патрубок відводу гарячої рідини з головки циліндрів у радіатор нагрівника; 3 - перепускний шланг термостата; 4 - випускний патрубок сорочки охолодження; 5,13 - шланг радіатора; 6 - розширювальний бачок; 7 - сорочка охолодження; 8 - пробка радіатора; 9 - трубка радіатора; 10-кожух вентилятора; 11 - вентилятор; 12 - шків; 14 - пас вентилятора; 15 - насос охолодної рідини; 16 - шланг подачі охолодної рідини в насос; 17 – термостат.

При цьому нагріта рідина починає надходити частково через основний клапан 7 до радіатора, а частково через перепускний клапан до насоса (рис. 1.6 б). Коли теплоносій нагрівається до 90-94°C, основний клапан повністю відкривається, а байпасний закривається. У цей момент вся рідина циркулює по великому колу в радіаторі (рис. 1.6 в).

Вентилятор охолодження - це пластиковий вентилятор з чотирма лопатями, який створює сильний потік повітря через серцевину радіатора, щоб швидше охолодити рідину в радіаторі. Лопаті вентилятора прикручені до маточини вала відцентрового насоса разом зі шківом приводу.

Жалюзі регулюють інтенсивність потоку повітря, що надходить до радіатора. Вони складаються з вертикальних пластин, шарнірно прикріплених до верхньої і нижньої частини передньої панелі радіатора. Обертання цих пластин змінює кількість повітря, що проходить через радіатор, а температура охолоджуючої рідини регулюється за допомогою важеля з місця водія. Коли важіль натиснуто до упору, жалюзі відкриваються, і повітря вільно проходить через радіатор. Коли важіль витягується, жалюзі закриваються. Це необхідно для прискорення прогріву двигуна або для роботи при низьких температурах навколишнього середовища.

Для зливу охолоджуючої рідини з системи передбачено два зливних крани. Один з них встановлений з лівого боку від впускного патрубку відцентрового насоса і закривається поворотом спеціальної штанги, що обертається вправо. Інший кран розташований з правого боку нижньої частини сорочки циліндра і закривається переміщенням штока вниз. Перемістіть важіль вгору, щоб відкрити кран.

Насос охолоджувальної рідини є відцентровим і приводиться в дію клиновим ременем 14 від шківа колінчастого вала (рис. 1.7).

Вентилятор 11 має чотирилопатеve робоче колесо, прикріплене болтами до маточини 5 шківа 8 (рис. 1.9) і приводиться в дію ременем приводу насоса.

Твердотільний терморегулятор наповнення має основний клапан 9 (рис. 1.8) і перепускний клапан 2. Основний клапан починає відкриватися при

температурі охолоджувальної рідини 77-86 °С, а хід основного клапана становить не менше 6 мм.

Радіатор вертикальний, складається з трубок і пластин, з двома рядами трубок і сталевих лужених пластин. Пробка заливної горловини 8 має впускний і випускний клапани (рис. 1.7).

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок витрат пального при роботі двигуна

Для оцінки ефективності використання пального при виконанні транспортної роботи використовують витрата пального на одиницю транспортної роботи (Q) - відношення фактичної витрати пального до виконаної транспортної роботи [11].

Питома витрата пального розраховується за формулою

$$g_e = 1000 G_T / N_e, \quad (2.1)$$

де N_e - ефективна потужність двигуна.

Висловимо N_e через рівняння балансу потужності

$$N_e = N_\psi + N_\omega + N_J + \eta_{тр} = v(P_\psi + P_\omega + P_J) / \eta_{тр} \quad (2.2)$$

Тоді

$$G_T = g_e N_e / (1000 \eta_{тр}) = g_{ev} (P_\psi + P_\omega + P_J) / \eta_{тр} \quad (2.3)$$

Годинна витрата пального впливає на величину шляхових витрат:

$$Q_L = 1000 G_T / (36v\rho_T), \quad (2.4)$$

де ρ_T - густина пального.

Виразивши G_T через g_e , отримаємо:

$$Q_L = g_e N_e / (36v\rho_T \eta_{тр}) = g_e (P_\psi + P_\omega + P_J) / (36\rho_T \eta_{тр}) \quad (2.5)$$

Рівняння (2.5) називається рівнянням споживання палива [12].

Розрахункові показники витрати палива наступні:

- Контрольна витрата палива;
- витрата палива під час основного їздового циклу на дорозі; - витрата палива під час основного їздового циклу на трасі; - витрата палива під час основного їздового циклу на трасі; - витрата палива під час основного їздового циклу на дорозі
- Витрата палива під час міського циклу руху по трасі;
- Витрата палива під час міського циклу руху на тестовому стенді;
- Паливні характеристики в режимі стаціонарного двигуна;
- Паливно-швидкісні характеристики на схилах.

Ці оцінки не є стандартизованими.

Витрата визначена для руху на дизельному паливі.

Відповідно до (2.5) характеристики автомобіля є наступними:

$$\begin{aligned} g_e &= 258 \text{ г*кВт/год}, \\ N_e &= 100 \text{ кВт}, \\ \rho_T &= 760 \text{ кг/м}^3 \end{aligned}$$

Приймаємо середню швидкість руху транспортного засобу $v = 40 \text{ км / год}$ (у змішаному циклі).

Для розрахунку ККД трансмісії $\eta_{\text{тр}}$ скористаємось довідковою літературою виробника, де вказано, що [13]

$$\eta_{\text{тр}} = 0,89$$

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

Сила опору дороги:

$$P_{\psi} = G(f \cos \alpha + \sin \alpha) \approx Gf \quad (2.6)$$

де G - повна маса транспортного засобу, приймаємо для нашого транспортного засобу 1300 кг або 13000 Н .

f - коефіцієнт опору коченню, що залежить від покриття дороги, перевезення вантажів здійснюється по сухій, битій, ґрунтовій дорозі f дорівнює $0,01$.

Рух приймаємо рівномірним та прямолінійним.

$$P_{\psi} = 13000 \cdot 0,01 = 130 \text{ Н}$$

Сила опору повітря

$$P_{\omega} = k_{\omega} F v^2 \quad (2.7)$$

де k_{ω} - коефіцієнт опору повітря, для автомобіля у нашому випадку становить $0,28$;

F - площа лобового опору транспортного засобу, для *Samru* становить приблизно 2 м^2 ,

$$\begin{aligned} v &= 40 \text{ км/год.} = 11,11 \text{ м/с} \\ P_{\omega} &= 0,28 \cdot 2 \cdot 11^2 = 67,76 \text{ Н} \end{aligned}$$

Сила опору інерції трансмісії

$$P_j = m J, \quad (2.8)$$

де m - маса транспортного засобу 1300 кг,

J -прискорення транспортного засобу,

$$P_j = 1100 \text{ Н.}$$

Загальна витрата пального при виконанні транспортної роботи автомобілем становитиме:

$$Q_L = 258(110 + 67,76 + 1100)/36 \cdot 760 \cdot 0,88 = 9,92 \text{ кг/год}$$

2.2 Параметри розрахунку системи охолодження автомобільних двигунів

Для розрахунку елементів системи охолодження потрібна кількість тепла (Дж/с), яку необхідно відвести від двигуна до охолоджувальної рідини.

$$Q_{ж} = q_{ж} * N_{BN}, \text{ або } Q_{ж} = Q_T * q_{ж} \quad (2.9)$$

де: $Q_{ж}$ - питома кількість теплоти, Дж/(кВт·с);

N_{BN} - ефективна потужність, кВт eN

$q_{ж}$ - коефіцієнт відносного відводу теплоти $q_{ж} = 0,32$

Q_T - кількість теплоти, введеної в циліндр, Дж/с.

$$Q_T = \frac{G_T * H_H}{3600}$$

де: G_T - годинна витрата пального, кг/год;

H_H - нижча теплота згорання пального, Дж/кг.

На статистичних даних для різних типів двигунів питома кількість теплоти $q_{ж}$ [Дж/(кВт·с)] складає: інжекторні двигуни —800... 1200.

Для орієнтовних розрахунків чотиритактних двигунів кількість теплоти (Дж/с) може бути порахована за емпіричною формулою в залежності від параметрів двигуна.[17]

$$Q_{ж} = C * i * D^{1+2m} * n^m * \alpha^{-1} \quad (2.10)$$

де: $C = 0,41 \div 0,47$ —коефіцієнт пропорційності;

i - кількість циліндрів;

D - діаметр циліндра, см;

n - частота обертання колінчастого валу, об/хв.;

α - коефіцієнт надлишку повітря;

$m = 0,6...0,7$ - показник степеня.

Основні параметри системи охолодження автомобільного двигуна

- поверхня охолодження радіатора F_p (m^2), яка омивається повітрям;
- фронтальна поверхня в радіаторі $F_{ф.р.}$ (m^2);
- глибина радіатора l (м) – відстань між передньою і задньою стінками його решітки по ходу повітря $l = 0,06...0,15$ м;

- коефіцієнт компактності радіатора φ - відношення поверхні, що охолоджує, до об'єму радіатора, $\varphi = F_p/F_{ф.р.}$ $\varphi = 600...900$ m^2/m^3 ; коефіцієнт обребнення ψ - відношення площі поверхонь, які омиваються повітрям і рідиною $\psi = 2...6$.

Кількість рідини (кг/с), циркулюючої в системі охолодження за одиницю часу визначають за формулою:

$$G_{ж} = Q_{ж}/(c_{ж} * \Delta T_{ж}) \quad (2.11)$$

де: $c_{ж}$ - теплоємність циркулюючої рідини: - для води $c_{ж} = 4,178$ Дж/(кг·К),

- для етиленгліколевих сумішей $c_{ж} = 2,093$ Дж/(кг·К);

$\Delta T_{ж} = 5... 10$ - перепад температури охолоджуючої рідини, К;

Поверхня охолодження радіатора (m^2)

$$F_p = Q_{ж}/[K(T_{ж.ср} - T_{в.ср})] \quad (2.12)$$

де: K – повний коефіцієнт теплопередачі, Вт/($m^2 \cdot \text{град}$);

$T_{ж.ср} = (T_{ж.вх} + T_{ж.вих})/2 = 352...368$ – середня температура рідини у радіаторі, К:

$T_{в.ср} = (T_{в.вх} + T_{в.вих})/2 = 322...328$ – середня температура повітря, що проходить через радіатор, К.

Повний коефіцієнт теплопередачі K залежить від багатьох факторів: конструкції радіатора (трубок, ребер, якості паяння), швидкості рідини та повітряного потоку.

$$K = \left(\frac{\psi}{\alpha_{ж}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{в}} \right)^{-1} \quad (2.13)$$

де: $\alpha_{ж}$ - коефіцієнт тепловіддачі від рідини до стінки трубки радіатора, Вт/(м²·К);

δ - товщина стінки трубки, м;

λ - коефіцієнт теплопровідності металу трубок радіатора, Вт/(мК);

$\alpha_{в}$ - коефіцієнт тепловіддачі від стінок трубок радіатора до повітря, Вт/(м² К).

Можна приймати К [Вт/(м² К)]:

- для інжекторних двигунів 140...180;

- для дизелів 80...100.

Для тих існуючих конструкцій систем рідинного охолодження питома поверхня охолодження радіатора і питома ємність системи охолодження (л/кВт), визначається згідно формули:

$$v_{ж} = V_{ж} / N_{en}$$

де: $V_{ж}$ - повна ємність системи охолодження (л), що мають такі значення:

- для легкових автомобілів

$$f_p = 0,136 \div 0,313; V_{ж} = 0,613 \div 0,354.$$

Кількість теплоти, що відводиться від двигуна $Q_{ж}$ і передається через охолоджувальну рідину, навколишньому середовищу в радіаторі $Q_{в}$ приймають рівним. У такому випадку витрата повітря, що проходить через радіатор (м³/с)

$$G_B = Q_B / (\rho_B \cdot c_B \cdot \Delta T_B) \quad (2.14)$$

де: $Q_{в}$ - кількість теплоти, що відводиться від радіатора повітряним потоком $Q_{в} = Q_{ж}$, Дж/с;

$c_B = 1000$ - теплоємність повітря, Дж/(кг·К);

$\Delta T_B = (T_{в.вх} - T_{в.вх}) = 20...30$ - перепад температури повітря в радіаторі, К

($T_{в.вх} = 313$ К);

ρ_B - щільність повітря при середній його температурі в радіаторі, кг/м³:

$$\rho_B = p_o * 10^6 / (R_B * T_{B.cp}) \quad (2.15)$$

де:

p_o - атмосферний тиск, МПа; (2.27)

$R_B = 287$ - питома газова стала для повітря, Дж/(кг·К);

$T_{B.cp} = 322...328$ - середня температура повітряного потоку, що проходить через радіатор, К.

Теплофізичні параметри води при середній температурі:

- густина $\rho_\omega = 969,2$ кг/м³;
- питома теплоємність $c_\omega = 4,2$ кДж/(кг·К);
- коефіцієнт теплопровідності $\lambda_\omega = 0,6718$ Вт/(м·К);
- коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu_\omega = 0,355 \cdot 10^{-6}$ м²/с;
- число Прандтля $Pr_\omega = (\rho_\omega c_\omega \nu_\omega) / \lambda_\omega = 2,151$.

Середня швидкість охолоджуючої рідини, за попередніми оцінками, $\omega_\omega = 0,51$ м/с.

Повітряного потоку: $T_{в1} = 308$ К; $T_{в2} = 328$ К; $\Delta T_v = 20$ К; $T_{в.cp} = 318$ К.

Теплофізичні параметри повітря при середній температурі без врахування вологості:

- густина (при $p_o = 0,101$ Мпа) $\rho_v = 1,11$ кг/м³;
- ізобарна питома теплоємність $c_{pv} = 1,005$ кДж/(кг·К);
- коефіцієнт теплопровідності $\lambda_v = 2,79 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м·К);
- коефіцієнт кінематичної в'язкості $\nu_v = 17,455 \cdot 10^{-6}$ м²/с;
- число Прандтля $Pr_v = (\rho_v c_{pv} \nu_v) / \lambda_v = 0,6979$.

Середня швидкість повітря з врахуванням руху машини, згідно попередніх оцінок, $\omega_v = 11,11$ м/с.

Кількість теплоти, що необхідно відвести від двигуна в навколишнє середовище:

$$Q = q_{охл} N_e = 950 \cdot 75 = 71250 \frac{\text{Дж}}{\text{с}},$$

де: $q_{охл}$ - питома кількість теплоти. Для бензинових двигунів $q_{охл} = 800$ — 1200 Дж/(кВт·с). Приймаємо $q_{охл} = 950$ Дж/(кВт·с).

Масова витрата повітря через радіатор

$$G_B = Q / (c_{pB} \Delta T_B) = 71250 / (1005 \cdot 20) = 3,55 \text{ кг/с.}$$

Масова витрата води через радіатор

$$G_\omega = Q / (c_{\omega} \Delta T_\omega) = 71250 / (4200 \cdot 6) = 2,82 \text{ кг/с.}$$

Число Рейнольда для води

$$Re_\omega = \omega_\omega d_{\epsilon. \omega} \nu_\omega = 0,51 \cdot 0,00402 / (0,355 \cdot 10^{-6}) = 5775.$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку охолоджувальної рідини

$$\alpha_\omega = Nu_\omega \lambda_\omega / d_{3\omega} = 17,88 \cdot 0,6718 / 0,00402 = 2989 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К).}$$

Необхідна ефективна площа поверхні радіатора

$$F = Q / (k \Delta T) = 71250 / (201,2 \cdot 20) = 17,71 \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт компактності радіатора

$$k_{\text{кп}} = \frac{F}{B \cdot H \cdot L} = \frac{17,71}{0,76 \cdot 0,59 \cdot 0,07} = 564,11 \quad 1/\text{м.}$$

Коефіцієнт використання об'єму трубного пучка

$$k_v = \frac{Q}{V \Delta T} = \frac{71250}{0,0321 \cdot 20} = 110981 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{К).}$$

Втрати тиску повітря в радіаторі

$$\Delta p = 0,5 \xi \rho_B \omega_{B2}^2 = 0,5 \cdot 5,6 \cdot 1,11 \cdot 11,11 = 34,53 \text{ Н/м}^2.$$

Удосконалюючи систему охолодження автомобільного двигуна внутрішнього згорання проведемо попередній її розрахунок.

Проте даний розрахунок є перевірочним і ведеться в першому наближенні з тим, щоб зберегти геометричні, теплові і інші параметри основних деталей системи охолодження максимально уніфікуючи її з існуючою конструкцією у разі доопрацювання.

При розрахунку системи охолодження двигуна початковою величиною є кількість що відводиться від нього в одиницю часу тепла Q ? (ккал/год.).

Ця кількість може бути визначене з рівняння теплового балансу, або (орієнтування) на підставі експериментальних даних.

У даній роботі використовуємо другий варіант, на підставі експериментальних даних, вибираючи коефіцієнти і емпіричні дані припускаючи найбільш напружений тепловий режим роботи.

Як циркулюючу охолоджуючу рідину, приймаємо етиленгликолеву незамерзаючу суміш (антифриз).

Таким чином, кількість тепла що відводиться від двигуна в одиницю часу:

$$Q_{\omega} = q_1 N_{eN} = 860 \cdot 100 \cdot 1,36 = 99443,135 \text{ ккал/год.} \quad (2.16)$$

де $q_1 = 860$ ккал/(к.с.·год.) — кількість тепла, що відводиться від двигуна, для бензинових ДВЗ зазвичай $q_1 = 830.860$ ккал/(к.с.·год.);

$N_{eN} = 100$ кВт—найбільша потужність двигуна.

Знаходимо кількість рідини (кгс/год), циркулюючої в системі охолодження за одиницю часу

$$G_{\omega} = \frac{Q_{\omega}}{[c_{\omega}(t_{\omega}^{\dot{}} - t_{\omega}^{\ddot{}})]} = \frac{99443,135}{[0,5 * 5]} = 39777,254 \text{ кг/год}$$

де $c_{\omega} = 0,5$ ккал/(кг·°С) —теплоємність циркулюючої рідини;

$t_{\omega}^{\dot{}} - t_{\omega}^{\ddot{}} = 5^{\circ}\text{C}$ - різниця температур що входить і виходять з радіатора.

Величину поверхні охолодження радіатора в першому наближенні (м^2) з достатньою точністю визначимо по простій формулі і порівняємо з тією, що існує ($F_D = 22,1 \text{ м}^2$):

$$F_p = f_p N N_{eN} = 0,17 \cdot 100 \cdot 1,36 = 23,12 \text{ м}^2 \quad (2.17)$$

де $f_p N = 0,17 \text{ м}^2/\text{к.с.}$ — питома поверхня охолодження радіатора,

$f_p N = 0,1 \dots 0,23 \text{ м}^2/\text{к.с.}$ для інжекторних двигунів.

Як видно з розрахунків $F_p = 23,12 \text{ м}^2$ та $F_D = 22,10 \text{ м}^2$, відносна різниця 2%.

Ємність системи охолодження залишимо колишньою, тобто $V = 8 \text{ л}$.

Еталонна кількість повітря, що проходить через радіатор охолодження:

$$G_L = 205 \cdot N_{eN} = 205 \cdot 100 \cdot 1,36 = 27800 \frac{\text{кг}}{\text{год.}} \quad (2.18)$$

Розрахункова продуктивність насоса:

$$G_{\text{в.н.}} = G / I_{\text{в. н.}} = 27800 / 0,85 = 32705,88 \text{ кг/год.} \quad (2.19)$$

де $I_{\text{в.н.}}=0,85$ — коефіцієнт, що враховує можливість прориву рідини між крильчаткою та корпусом насоса.

Потужність споживана водяним насосом:

$$N_{\text{в.н.}} \approx \left(\frac{G_{\text{в.н.}} \cdot H}{75 * 3600 \eta_h \eta_{\text{мех}}} \right) * 0,7355 = \left(\frac{32705,88 * 7}{75 * 3600 * 0,65 * 0,8} \right) * 0,7355 = \\ = 1,266 \text{ кВт} \quad (2.20)$$

де $H=7$ м вод. ст.—створюваний насосом тиск;

$\eta_h=0,65$ —гідравлічний ККД;

$\eta_{\text{мех}}=0,8$ —механічний ККД водяного насоса.

Враховуючи, що параметри системи охолодження, що розраховані та реальніє однакові, доцільно є застосувати запропоновану систему відключення водяного насосу для пришвидшення прогріву двигуна та покращення паливної економічності.

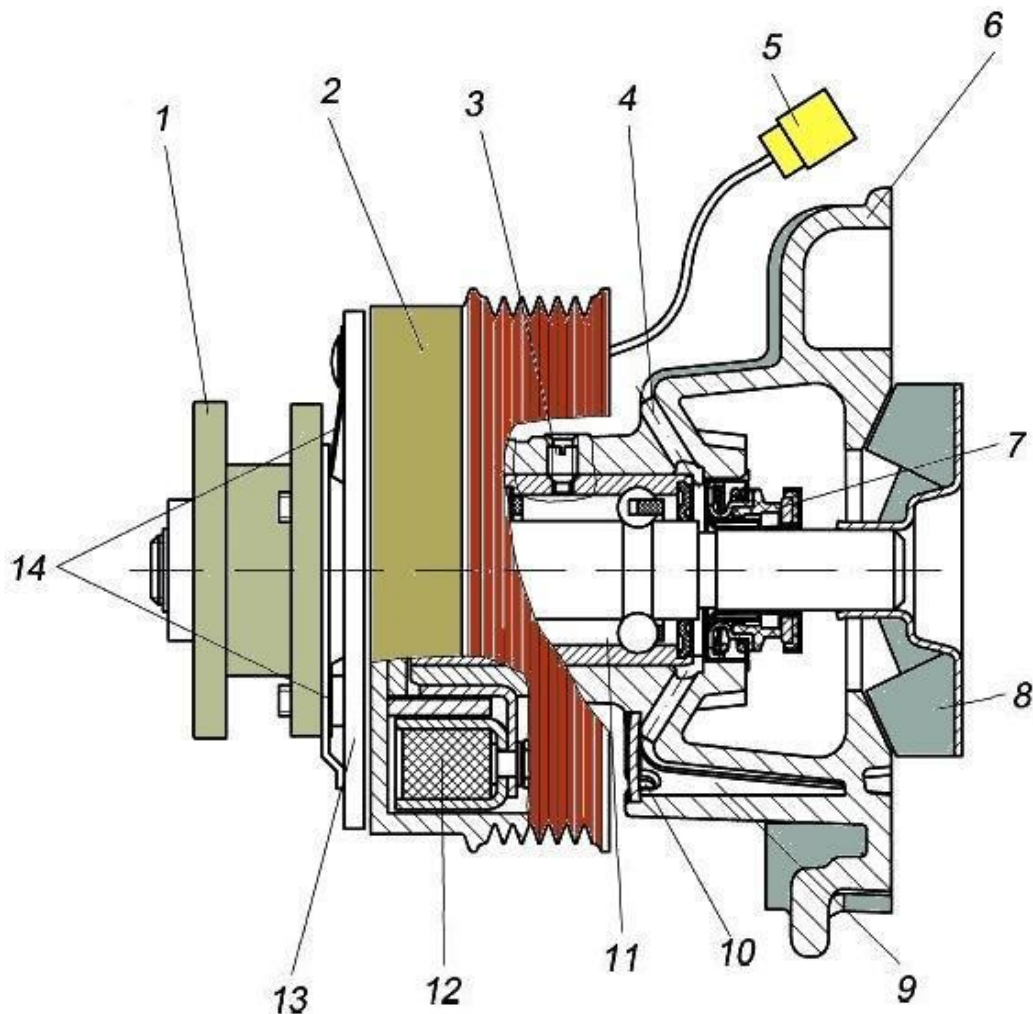
2.3 Запропонований водяний насос

Водяний насос - відцентровий, з приводом від вентилятора, з електромагнітною муфтою, встановлений на ланцюговій кришці і подає охолоджуючу рідину в блок циліндрів.

Герметичність насоса забезпечується самоущільнювальним торцевим ущільненням 7, яке запресоване в корпус водяного насоса 6 і вал підшипника 11.

Охолоджуюча рідина, проникаючи через ущільнення, не потрапляє в підшипник, а стікає через отвір в зливну порожнину 9, яка закривається пробкою.

Рідина в зливній порожнині поступово випаровується через отвори 10 і 4 під час роботи двигуна. Пара, що проникає через ущільнення, випаровується в атмосферу через отвір 4.



- 1- Ступийя валу насосу; 2 – шків; 3 – фіксатор підшипника; отвір для випарування рідини; 5 – електричний роз’єм; 6 – корпус насосу; 7 – ущільнення; 8 – крильчатка; 9 – дренаж; 10 – контрольний отвір; 11 – підшипник; 12 – котушка електромагніту; 13 – ведений диск; 14 – пластинчасті пружини.

Рисунок 2.1 – Запропонований водяний насос з електромагнітною муфтою.

Отвори 4 і 10 повинні бути чистими під час роботи, а також під час технічного обслуговування 2, щоб запобігти передчасному виходу з ладу підшипника.

Постійне витікання з контрольного отвору 10 в дренажній камері вказує на те, що ущільнення негерметичне і водяний насос слід замінити. Переміщенню підшипника 11 всередині корпусу водяного насоса перешкоджає фіксатор 3, який вкручується і закріплюється болтами до кінця.

Два захисних герметичних підшипника заповнені мастилом на заводі-виробнику і не потребують повторного змащування під час експлуатації.

На підшипниковий вал встановлюється робоче колесо 8 зі штампованої сталі. На передньому торці корпусу водяного насоса в тримачі закріплена котушка електромагнітної муфти 12. На підшипниковому валу водяного насоса на шарикопідшипниках встановлена маточина 1.

Електромагнітна маточина 1 разом з натяжним диском 13 за відсутності натягу від'єднується від шківів 2

При подачі живлення від електромагніту зчеплення відомий диск 13 притягується до шківів 2 під дією пластинчастої пружини 14 і починає обертатися разом з маточиною, шківом і роликком підшипника водяного насоса. Коли електромагніт зчеплення знеструмлений, пластинчаста пружина 14 відтягує диск 13 від шківів 2, від'єднуючи маточину від шківів.

Електромагніт зчеплення підключається до бортової мережі автомобіля через роз'єм 5.

Основні параметри електромагнітної муфти: напруга живлення - 10,8,15 В; споживана потужність - менше 50 Вт.; передаваний крутний момент при нарузі 12 В - до 50 Нм (2 кгс м); мінімально допустима напруга живлення - 10 В.

Зазор між приводним диском і шківом $0,2 \div 0,5$ мм. Водяні насоси з електромагнітною муфтою не підлягають ремонту. У разі виходу з ладу водяного насоса або електромагнітної муфти необхідно замінити весь агрегат.

Підшипники утримуються на місці фіксаторами і закріплені болтами, щоб запобігти їх переміщенню в корпусі водяного насоса; підшипники з двома захисними ущільненнями змащені на заводі і не потребують повторного змащування під час експлуатації. На підшипникові вали встановлені робочі колеса зі штампованої сталі.

Котушка електромагнітної муфти закріплена на передньому торці корпусу водяного насоса на кронштейні.

Принцип дії запропонованого водяного насосу полягає у тому, що при відсутності електричної напруги немає кінематичного зв'язку між шківом та валом водяного насоса, а отже відсутня циркуляція охолоджуючої рідини. Як

тільки ми подаємо напругу на котушку електромагніту, ведений диск за рахунок магнітного поля притягується до шківів і внаслідок дії сил тертя починає передаватись крутний момент від шківів до валу водяного насоса, що спричиняє появу циркуляції охолоджуючої рідини.

Очевидно, що використання такої системи повинно бути забезпечене використанням блоку керування увімкненням електромагнітної муфти, а отже увімкненням водяного насоса. Нами запропоновано наступний алгоритм роботи нашого насоса: при температурі охолоджуючої рідини нижче 80°C привід водяного насоса є вимкненим, при температурах двигуна більше 80°C подається напруга на електромагнітну котушку водяного насоса, що спричиняє появу циркуляції охолоджуючої рідини. Вимкнення водяного насоса під час руху можливе після того, як температура двигуна стане нижчою 60°C . При появі несправності (обрив котушки електромагніту, відсутність сигналу із сенсора температури, сильне нагрівання двигуна) слід передбачити наявність контрольної лампи несправності системи охолодження.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Випробування автомобіля проводились на відрізку дороги довжиною 3 км, під час якого контролювались наступні параметри: миттєва швидкість за системою позиціонування GPS, середня витрата палива, середня споживана потужність на привід автомобіля та температура двигуна (табл. 3.1).

Під час вибігу автомобіля дотримано наступних умов:

- повністю охолоджений двигун до температури навколишнього середовища (16...17 °С);
- постійний привод помпи системи охолодження двигуна;
- автоматичне вимкнення приводу помпи системи охолодження двигуна;
- стала швидкість та оберти двигуна на довжині вибігу автомобіля.

Для отримання показників роботи двигуна для заданих умов випробування використано діагностичний сканер ELM-327 та програму TorquePro. Програма дозволяє записувати дані з ЕБК в режимі реального часу та під час руху автомобіля, завдяки чому можна оцінити вплив роботи системи охолодження на техніко-економічні характеристики автомобіля.

Для проведення експериментальних досліджень використовувався автомобіль Toyota Camry 2,4. Відключення приводу водяного насосу відбувалось за допомогою встановлення ремня приводу додаткового обладнання меншої довжини, в обхід водяного насосу, що забезпечувало його вимкнення. При цьому строго контролювалась температура двигуна, оскільки датчик температури розташований в головці блоку циліндрів.

Таблиця 3.1 – Результати випробування автомобіля з вимкненим приводом помпи системи охолодження двигуна

Швидкість за системою позиціонування GPS (км/год)	Середня витрата палива (л/100км)	Середня споживана потужність (кВт)	Температура двигуна (°С)
0,000	7,392	0,415	16,786
0,000	7,392	0,416	16,823
0,000	7,392	0,418	16,823
0,000	7,392	0,420	19,324

0,000	7,392	0,422	19,324
0,000	7,392	0,423	22,657
0,000	7,392	0,425	22,657
0,000	7,392	0,427	22,657
0,000	7,392	0,429	23,334
0,000	7,392	0,431	23,334
2,401	7,392	0,432	27,561
2,401	7,392	0,434	27,561
2,401	7,392	0,436	29,106
2,401	9,346	0,622	29,106
2,401	9,346	3,750	31,039
2,856	9,345	1,497	31,039
2,856	9,345	5,560	33,117
2,856	9,344	6,623	33,117
2,856	9,343	6,623	36,240
2,856	9,342	3,349	36,240
3,612	9,341	1,645	36,240
3,612	9,339	3,597	39,553
3,612	9,338	3,597	39,553
3,612	9,337	1,786	39,553
4,145	9,335	3,927	39,553
4,145	9,334	2,071	39,553
4,145	9,332	2,084	39,553
5,039	9,330	4,295	41,461
5,753	9,329	4,596	41,461
6,478	9,327	2,420	41,461
7,231	9,325	5,022	41,461
8,000	9,323	5,513	41,461
8,771	9,322	8,593	41,934
9,530	9,318	8,593	42,412
10,256	9,317	9,126	42,895
10,915	9,315	9,475	43,384
11,553	9,311	6,697	43,879
12,161	9,309	3,511	44,379
12,793	9,307	3,553	44,885
13,443	9,303	3,441	45,397
14,115	9,301	3,441	45,914
14,846	9,299	3,441	46,438
15,620	9,295	3,441	46,967
16,421	9,292	3,441	47,502
17,275	9,290	3,553	48,044
18,106	9,288	3,553	48,592
18,903	9,285	3,553	49,146
19,675	9,283	3,553	49,706

20,365	9,281	3,553	50,272
20,987	9,277	3,553	50,846
22,861	9,275	2,236	51,425
22,888	9,273	2,236	52,011
22,846	9,272	2,236	52,604
22,348	9,268	2,236	53,204
21,864	9,267	2,236	53,811
21,463	9,265	0,000	54,424
21,109	9,262	0,000	55,044
20,819	9,260	2,615	55,672
20,463	9,259	2,615	56,307
20,119	9,257	2,620	56,949
19,914	9,254	5,589	57,598
19,867	9,252	2,788	58,254
19,859	9,250	2,788	58,918
19,882	9,246	2,952	59,590
19,853	9,245	2,962	59,658
19,836	9,243	2,962	59,782
19,844	9,241	2,962	59,905
20,021	9,237	6,150	60,029
20,082	9,235	3,475	60,154
20,308	9,233	3,475	60,278
20,352	9,231	3,475	60,403
20,516	9,227	0,000	60,528
20,539	9,225	0,000	60,653
20,253	9,223	0,000	60,779
19,912	9,222	0,000	60,905
19,420	9,220	0,994	61,031
18,884	9,217	0,994	61,157
18,578	9,216	2,090	61,284
18,350	9,214	8,291	61,410
15,941	9,213	8,597	61,538
11,316	9,207	13,257	61,665
10,745	9,205	10,890	61,793
11,717	9,203	11,421	61,920
13,279	9,200	10,176	62,049
16,475	9,198	7,990	62,177
17,936	9,190	4,045	62,306
19,534	9,188	4,045	62,435
20,619	9,185	4,045	62,564
21,482	9,183	1,070	62,693
22,085	9,178	1,077	62,823
22,698	9,175	1,083	62,953
23,268	9,173	1,090	63,084

23,632	9,170	1,097	63,214
24,037	9,168	1,103	63,345
24,250	9,166	1,110	63,476
24,205	9,162	1,117	63,608
23,481	9,160	0,000	63,739
20,614	9,159	2,444	63,871
18,664	9,157	2,444	64,003
17,942	9,156	9,916	64,136
17,006	9,152	6,055	64,269
16,223	9,150	2,911	64,402
15,961	9,146	6,635	64,535
15,795	9,141	3,420	64,669
16,042	9,139	3,483	64,802
16,345	9,137	7,223	64,937
16,804	9,135	7,223	65,071
17,191	9,130	3,619	65,206
20,164	9,126	3,642	65,341
21,476	9,124	3,642	65,476
21,417	9,119	3,775	65,611
23,505	9,117	4,261	65,747
25,861	9,114	3,668	65,883
27,156	9,107	3,891	66,020
27,529	9,105	3,891	66,156
27,582	9,101	3,684	66,293
27,940	9,096	3,725	66,431
27,908	9,092	3,725	66,568
27,908	9,090	3,725	66,706
27,946	9,087	3,725	66,844
27,941	9,083	3,725	66,982
28,014	9,077	3,725	67,121
28,170	9,075	4,024	67,260
28,037	9,071	4,024	67,399
27,860	9,069	4,024	67,539
27,648	9,066	4,024	67,678
27,341	9,064	4,024	67,819
26,641	9,062	0,000	67,959
26,116	9,059	0,000	68,100
25,562	9,057	6,002	68,241
25,043	9,056	5,211	68,382
24,629	9,054	5,211	68,523
24,237	9,050	12,641	68,665
23,758	9,048	8,882	68,807
23,514	9,046	8,973	68,950
23,158	9,044	3,548	69,093

22,862	9,040	3,903	69,236
22,654	9,038	4,003	69,379
22,405	9,036	4,003	69,523
22,404	9,031	3,399	69,666
22,422	9,029	4,128	69,811
22,482	9,027	4,202	69,955
22,868	9,024	3,939	70,100
23,255	9,022	8,002	70,245
23,751	9,016	4,129	70,390
24,153	9,014	4,381	70,536
24,710	9,011	4,195	70,682
25,089	9,008	4,195	70,828
25,479	9,006	4,274	70,975
27,175	9,003	4,274	71,122
28,224	8,997	4,497	71,269
28,734	8,995	4,497	71,417
29,132	8,992	4,497	71,565
29,665	8,989	4,337	71,713
29,092	8,986	4,337	71,861
29,095	8,983	4,337	72,010
29,902	8,980	4,337	72,159
28,675	8,977	4,337	72,308
26,039	8,974	4,337	72,458
24,195	8,969	0,000	72,608
23,477	8,967	0,000	72,758
22,247	8,965	0,000	72,909
21,247	8,963	0,000	73,060
21,185	8,961	0,000	73,211
21,954	8,959	6,947	73,363
22,289	8,957	14,254	73,515
24,296	8,955	13,638	73,667
25,819	8,953	16,933	73,819
27,306	8,948	13,800	73,972
28,123	8,945	8,938	74,125
27,757	8,942	8,938	74,279
27,522	8,940	8,938	74,432
27,647	8,937	8,938	74,586
27,586	8,931	0,000	74,741
27,772	8,929	4,463	74,895
28,601	8,927	4,400	75,051
28,634	8,922	4,447	75,206
28,649	8,920	4,534	75,362
28,978	8,918	4,534	75,518
28,765	8,913	4,534	75,674

28,707	8,910	0,000	75,831
28,954	8,903	0,000	75,987
29,280	8,901	0,000	76,145
29,491	8,898	4,554	76,302
29,226	8,894	4,554	76,460
29,682	8,891	4,600	76,619
29,453	8,889	4,600	76,777
29,613	8,884	4,600	76,936
29,297	8,881	3,096	77,095
29,460	8,879	3,096	77,255
28,499	8,876	3,096	77,415
28,458	8,871	3,096	77,575
28,191	8,869	3,096	77,736
27,854	8,866	3,096	77,897
27,865	8,864	4,490	78,058
27,575	8,860	4,490	78,219
27,181	8,858	4,490	78,381
26,971	8,855	4,490	78,544
26,982	8,851	4,490	78,706
26,305	8,849	4,490	78,869
26,257	8,845	4,600	79,032
25,528	8,843	4,600	79,196
24,998	8,841	4,600	79,360
25,059	8,839	4,600	79,524
24,425	8,835	2,116	79,689
24,874	8,833	2,116	79,854
24,825	8,831	2,116	80,019
24,877	8,827	2,116	80,185
26,193	8,825	2,116	80,351
25,363	8,821	0,000	80,517
24,928	8,819	0,000	80,684
24,633	8,817	4,140	80,851
24,767	8,814	4,140	81,018
25,391	8,810	4,140	81,186
25,443	8,808	3,667	81,354
24,848	8,806	3,387	81,522
24,830	8,804	2,724	81,691
24,649	8,800	2,724	81,860
23,603	8,795	2,724	82,030
22,254	8,794	2,724	82,199
20,707	8,790	2,724	82,369
19,519	8,788	1,192	82,540
17,780	8,787	1,192	82,711
16,298	8,786	1,192	82,882

13,432	8,784	1,192	83,054
11,761	8,783	1,192	83,226
7,538	8,782	1,192	83,398
5,181	8,782	1,192	83,570
2,084	8,781	1,192	83,743
0,000	8,781	1,074	83,917
0,000	8,781	1,074	84,091
0,000	8,781	1,074	84,265
0,000	8,781	1,074	84,439
0,000	8,781	0,000	84,614
0,137	8,781	0,071	84,789
0,000	8,781	1,383	84,964
0,000	8,781	4,502	85,140
0,000	8,781	1,695	85,317
0,000	8,780	2,085	85,493
0,000	8,779	2,085	85,670
0,000	8,779	2,085	85,847
3,455	8,778	2,085	86,025
3,038	8,778	0,977	86,203
2,460	8,778	0,977	86,382
2,158	8,778	0,000	86,561
1,989	8,778	0,000	86,740
1,620	8,778	0,000	86,919
0,000	8,778	0,000	87,099
Середнє значення	8,968	3,573	

Таблиця 3.2 – Результати випробування автомобіля з постійним приводом помпи системи охолодження двигуна

Швидкість за системою позиціонування GPS (км/год)	Середня витрата палива (л/100км)	Середня споживана потужність (кВт)	Температура двигуна (°C)
1,023	7,797	0,419	16,992
1,023	7,797	0,420	18,154
1,023	7,797	0,422	19,396
1,135	7,797	0,424	20,723
1,135	7,797	0,426	22,140
1,135	7,797	0,428	23,655
1,640	7,797	0,429	25,272
1,640	7,797	0,431	26,701
2,381	7,797	0,433	26,786
2,381	7,797	0,435	26,967
2,381	7,797	0,437	27,561
2,629	7,797	0,438	27,561

2,629	7,797	0,440	29,106
2,629	9,858	0,628	29,106
2,629	9,858	3,787	31,039
2,956	9,857	1,511	31,039
2,956	9,857	5,615	33,117
2,956	9,856	6,688	33,117
3,230	9,854	6,688	36,240
3,230	9,853	3,382	36,240
3,230	9,852	1,661	36,240
3,572	9,850	3,633	39,553
3,572	9,849	3,633	39,553
4,789	9,848	1,803	39,553
4,919	9,846	3,966	39,553
4,925	9,845	2,092	39,553
4,972	9,843	2,104	39,553
5,287	9,841	4,338	41,461
6,037	9,839	4,642	41,461
6,798	9,838	2,444	41,461
7,587	9,835	5,071	41,461
8,394	9,834	5,568	41,461
9,204	9,832	8,678	41,934
10,000	9,829	8,678	42,404
10,762	9,827	9,216	42,881
11,453	9,825	9,568	43,362
12,123	9,821	6,763	43,849
12,760	9,819	3,546	44,341
13,424	9,817	3,588	44,839
14,106	9,812	3,475	45,342
14,811	9,810	3,475	45,851
15,578	9,808	3,475	46,366
16,390	9,803	3,475	46,887
17,231	9,801	3,475	47,413
18,127	9,799	3,588	47,945
18,999	9,797	3,588	48,484
19,836	9,793	3,588	49,028
20,645	9,791	3,588	49,578
21,369	9,789	3,588	50,135
22,022	9,785	3,588	50,698
23,988	9,783	2,258	51,267
24,016	9,781	2,258	51,843
23,972	9,779	2,258	52,425
23,450	9,776	2,258	53,013
22,942	9,774	2,258	53,608
22,522	9,772	0,000	54,210

22,150	9,769	0,000	54,819
21,845	9,767	2,641	55,434
21,473	9,766	2,641	56,057
21,111	9,764	2,646	56,686
20,896	9,760	5,644	57,322
20,847	9,758	2,816	57,966
20,838	9,756	2,816	58,559
20,863	9,753	2,981	59,158
20,832	9,751	2,991	59,763
20,814	9,749	2,991	60,374
20,822	9,747	2,991	60,991
21,009	9,743	6,210	61,615
21,072	9,741	3,509	62,245
21,310	9,739	3,509	62,882
21,355	9,737	3,509	63,525
21,528	9,732	0,000	64,175
21,552	9,730	0,000	64,831
21,252	9,728	0,000	65,494
20,894	9,727	0,000	66,164
20,378	9,725	1,004	66,840
19,815	9,722	1,004	67,524
19,494	9,720	2,110	67,622
19,254	9,719	8,373	67,760
16,727	9,717	8,682	67,898
11,874	9,711	13,388	68,036
11,274	9,709	10,998	68,175
12,295	9,706	11,534	68,244
13,934	9,704	10,276	68,314
17,288	9,702	8,069	68,384
18,821	9,693	4,085	68,453
20,498	9,691	4,085	68,523
21,636	9,688	4,085	68,593
22,541	9,685	1,080	68,663
23,174	9,680	1,087	68,733
23,817	9,677	1,094	68,803
24,415	9,675	1,101	68,873
24,797	9,672	1,107	68,944
25,222	9,670	1,114	69,014
25,446	9,667	1,121	69,084
25,398	9,663	1,128	69,155
24,639	9,662	0,000	69,225
21,630	9,660	2,468	69,296
19,584	9,659	2,468	69,367
18,827	9,657	10,014	69,437

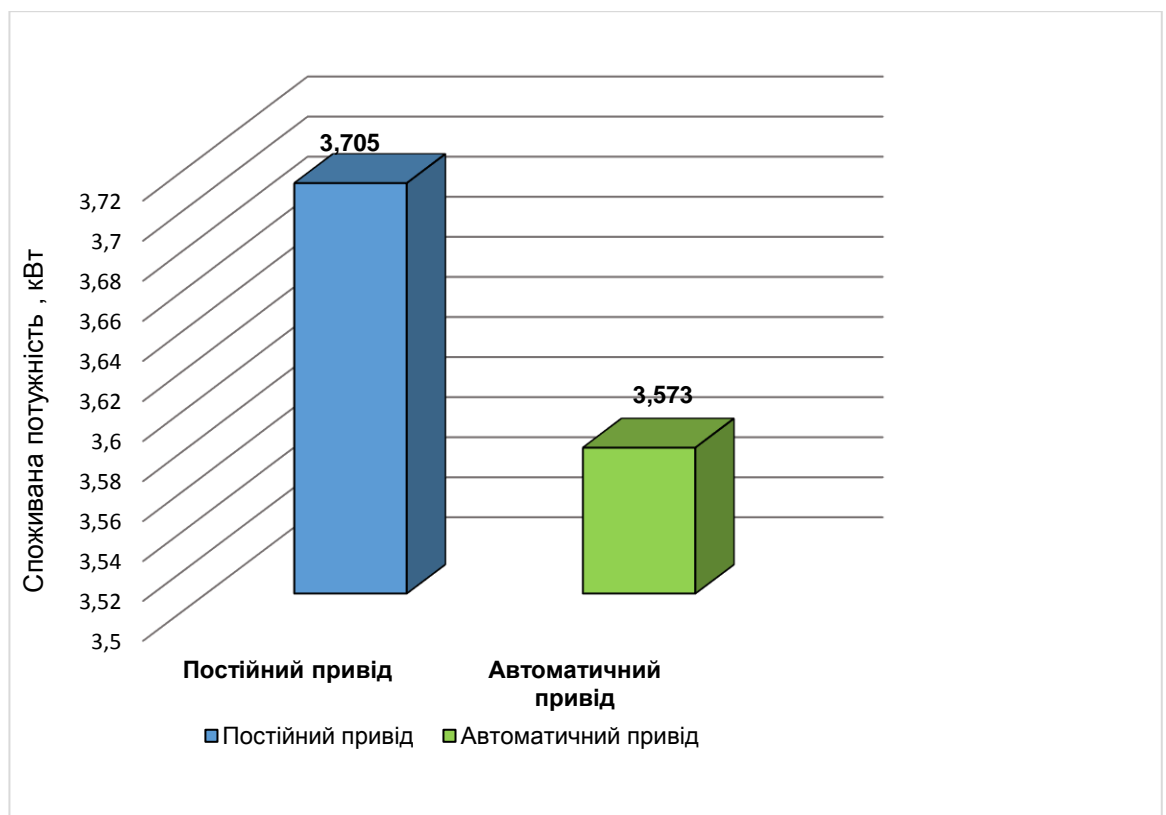
17,844	9,653	6,115	69,508
17,023	9,651	2,940	69,579
16,748	9,646	6,700	69,650
16,574	9,642	3,454	69,721
16,833	9,639	3,518	69,792
17,151	9,637	7,294	69,863
17,633	9,635	7,294	69,935
18,039	9,630	3,655	70,006
21,158	9,626	3,678	70,077
22,535	9,623	3,678	70,149
22,474	9,618	3,812	70,220
24,664	9,616	4,303	70,292
27,137	9,614	3,704	70,364
28,495	9,606	3,929	70,436
28,887	9,604	3,929	70,507
28,942	9,599	3,720	70,579
29,318	9,595	3,762	70,651
29,284	9,590	3,762	70,723
29,284	9,587	3,762	70,796
29,324	9,585	3,762	70,868
29,319	9,580	3,762	70,940
29,395	9,574	3,762	71,012
29,559	9,572	4,063	71,085
29,420	9,567	4,063	71,157
29,234	9,565	4,063	71,230
29,012	9,563	4,063	71,303
28,689	9,561	4,063	71,375
27,955	9,559	0,000	71,448
27,404	9,555	0,000	71,521
26,822	9,553	6,062	71,594
26,278	9,551	5,263	71,667
25,844	9,550	5,263	71,740
25,432	9,546	12,765	71,813
24,930	9,544	8,970	71,886
24,674	9,542	9,062	71,960
24,300	9,540	3,583	72,033
23,989	9,535	3,942	72,107
23,772	9,533	4,043	72,180
23,510	9,530	4,043	72,254
23,508	9,526	3,433	72,328
23,528	9,523	4,169	72,401
23,590	9,521	4,243	72,475
23,996	9,518	3,977	72,549
24,402	9,516	8,081	72,623

24,922	9,510	4,169	72,697
25,344	9,507	4,424	72,771
25,928	9,505	4,237	72,846
26,326	9,502	4,237	72,920
26,735	9,499	4,316	72,994
28,515	9,496	4,316	73,069
29,616	9,490	4,541	73,143
30,151	9,487	4,541	73,218
30,568	9,484	4,541	73,292
31,128	9,481	4,379	73,367
30,527	9,478	4,379	73,442
30,530	9,474	4,379	73,517
31,376	9,471	4,379	73,592
30,089	9,468	4,379	73,667
27,323	9,465	4,379	73,742
25,388	9,461	0,000	73,817
24,634	9,458	0,000	73,893
23,344	9,456	0,000	73,968
22,295	9,454	0,000	74,044
22,230	9,452	0,000	74,119
23,036	9,450	7,016	74,195
23,388	9,448	14,395	74,270
25,495	9,445	13,773	74,346
27,092	9,443	17,100	74,422
28,652	9,438	13,936	74,498
29,510	9,435	9,026	74,574
29,126	9,432	9,026	74,650
28,879	9,429	9,026	74,726
29,011	9,426	9,026	74,802
28,947	9,420	9,026	74,879
29,141	9,418	9,026	74,955
30,011	9,416	4,444	75,031
30,046	9,411	4,491	75,108
30,062	9,408	4,578	75,185
30,407	9,406	4,578	75,261
30,183	9,401	4,578	75,338
30,122	9,398	4,578	75,415
30,382	9,391	0,000	75,492
30,724	9,388	0,000	75,569
30,945	9,386	4,599	75,646
30,667	9,381	4,599	75,723
31,146	9,378	4,646	75,800
30,905	9,376	4,646	75,878
31,074	9,370	4,646	75,955

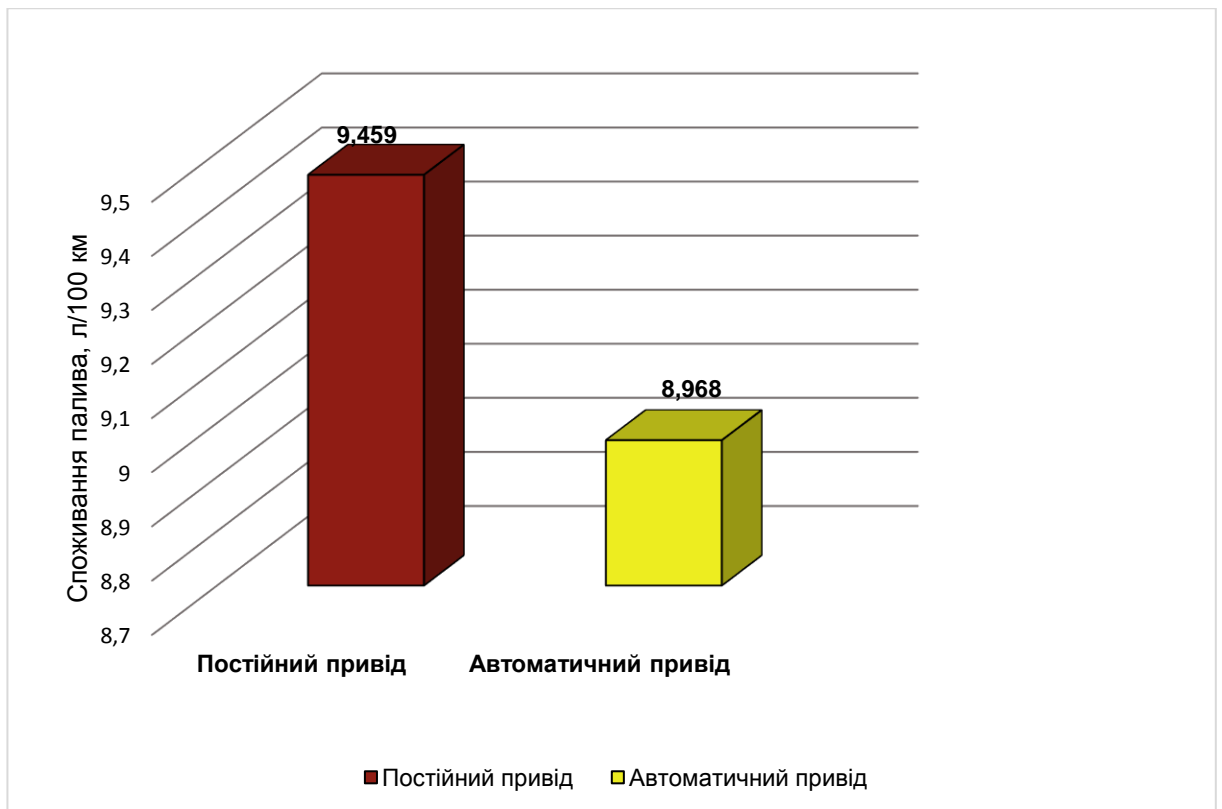
30,741	9,368	3,127	76,032
30,913	9,365	3,127	76,110
29,905	9,362	3,127	76,188
29,862	9,357	3,127	76,265
29,581	9,354	3,127	76,343
29,227	9,352	3,127	76,421
29,239	9,349	4,534	76,499
28,935	9,345	4,534	76,577
28,522	9,343	4,534	76,655
28,301	9,340	4,534	76,733
28,312	9,336	4,534	76,811
27,602	9,334	4,534	76,890
27,552	9,330	4,646	76,968
26,787	9,327	4,646	77,047
26,231	9,325	4,646	77,125
26,295	9,323	4,646	77,204
25,630	9,319	2,137	77,283
26,100	9,317	2,137	77,362
26,050	9,314	2,137	77,441
26,104	9,310	2,137	77,520
27,484	9,308	2,137	77,599
26,614	9,304	0,000	77,678
26,158	9,301	0,000	77,757
25,848	9,299	4,180	77,836
25,988	9,297	4,180	77,916
26,643	9,293	4,180	77,995
26,697	9,290	3,703	78,075
26,073	9,288	3,420	78,154
26,055	9,286	2,751	78,234
25,864	9,281	2,751	78,314
24,767	9,277	2,751	78,394
23,352	9,275	2,751	78,474
21,728	9,271	2,751	78,554
20,482	9,269	1,203	78,634
18,656	9,268	1,203	78,714
17,102	9,267	1,203	78,794
14,095	9,264	1,203	78,875
12,341	9,264	1,203	78,955
12,341	9,263	1,203	79,036
12,341	9,262	1,203	79,116
12,341	9,262	1,203	79,197
12,341	9,262	1,084	79,278
12,341	9,262	1,084	79,359
12,341	9,262	1,084	79,440

12,341	9,262	1,084	79,521
12,341	9,262	1,084	79,602
12,341	9,262	0,071	79,683
12,341	9,262	1,397	79,764
12,341	9,262	4,547	79,846
12,341	9,261	1,712	79,927
12,341	9,260	2,106	80,009
12,341	9,260	2,106	80,090
12,341	9,259	2,106	80,172
12,341	9,258	2,106	80,254
12,341	9,258	1,893	80,335
12,341	9,258	1,893	80,417
12,341	9,258	1,893	80,499
12,341	9,258	0,986	80,582
12,341	9,258	0,000	80,664
12,341	9,258	0,000	80,746
Середнє значення	9,459	3,705	

Після опрацювання отриманих даних, проведено оцінку техніко-економічних характеристик автомобіля за різних режимів роботи системи охолодження двигуна (рис. 3.1).



a



б

Рисунок 3.1 – Результати випробування автомобіля:

а – споживана потужність; *б* – середнє споживання палива

Під час вибігу автомобіля на відрізку дороги 3 км отримано наступні результати (рис. 3.1). За умови постійного приводу помпи системи охолодження споживана потужність становить 3,705 кВт, а середнє споживання палива – 9,459 л/100 км. У випадку автоматичного вимкнення приводу помпи системи охолодження двигуна споживана потужність зменшується на 4,72 % й становить 3,573 кВт. Також спостерігається зменшення середньої витрати палива споживання палива на 5,19% (з 9,459 до 8,968 л/100 км).

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Структурно-функціональний аналіз робіт та моделювання травмонебезпечних ситуацій

Процеси формування та виникнення аварій, а також виробничих травм є випадковими подіями (явищами), що утворюють конкретну аварійну або травмонебезпечну ситуацію і пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. В них є початкові, проміжні та кінцеві події. Усі початкові події (небезпечні умови, небезпечні дії) слід виявляти у процесі обстеження об'єктів виробництва, а проміжні та кінцеві на основі логічного аналізу можливих варіантів перебігу подій [14].

Поняття «початкові події» введено умовно, бо насправді цим подіям можуть передувати інші. Але вони першими помічаються при обстеженні робочих місць та інших об'єктів виробництва. Якщо на схемах, що зображують процеси перебігу випадкових подій, починаючи з початкових і закінчуючи кінцевими, показати причинно-наслідкові зв'язки, то ми одержимо логічні моделі процесів, що вивчаються.

Логічна модель процесу формування та виникнення небезпечної або аварійної ситуації (табл. 4.1) складається з певної кількості випадкових подій, які між собою можуть бути статистичне залежними або незалежними. Статистичне залежні події – це такі, коли поява наступної події неможлива без виникнення попередньої. Якщо кожна з двох подій, що входять до однієї моделі, можуть з'являтися незалежно одна від одної, то такі події є статистичне незалежними. Як правило, у таких моделях незалежні випадкові події одна відносно одної розміщуються паралельно, а залежні - послідовно.

Причинно-наслідкові зв'язки зображені стрілками, які, крім того, ще показують напрямок протікання (перебігу) подій. Шляхом дослідження небезпечних ситуацій, які можуть виникати при експлуатації виробничого обладнання в галузях автомобільного господарства, описані і побудовані логічні моделі різні за формою і характером подій [15].

Таблиця 4.1
 Моделювання травмонебезпечних і аварійних ситуацій

Вид робіт	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечній ситуації
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
Монтаж-демонтаж радіатора	Монтаж радіатора на автомобіль здійснюється вручну НУ	Можливе випадкове увімкнення вентилятора НД ₁ Можливе падіння радіатора НД ₂	Можливе падіння радіатора на працівника, взаємодія радіатора із органами працівника	Травма, аварія	Автомобіль повинен бути знеструмлений перед монтажем, користуватись спеціальним взуттям
<p>НУ → НД₁ → НС → Т ↑ НД₂</p> <p>Модель процесу</p>					
Виконання розбирально-складальних операцій	Неналежний технічний стан інструменту НУ	Зривання ключа з граней кріпильних елементів НД	Удар кистю руки об елементи стенду НС	Травма	Використання справного інструменту
<p>НУ → НД → НС → Т</p> <p>Модель процесу</p>					

Це дало можливість перейти до побудови більш складних моделей аварій, травм і катастроф, які потрібні для встановлення причин виникнення потенційних небезпек, без чого неможливо вжити обґрунтованих профілактичних заходів.

Метод логічного моделювання потенційних аварій, травм і катастроф відкриває можливість розробити досконалу систему управління безпекою життєдіяльності виробництва, яка базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх глибокому логічному (при необхідності і математичному) аналізі й терміновому прийнятті заходів для усунення потенційних небезпек, ще до виникнення травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій. Процес пошуку потенційних небезпек на

виробництві ґрунтується на більш точному і ефективному проведенні існуючого оперативного контролю, який також повинен бути відповідно удосконалений [16].

Аналізуючи кожну з побудованих логічних моделей процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, завжди можна знайти подію, з якої починається небезпечний процес і до виникнення небезпечних наслідків (табл. 4.1). Якщо дослідження логічних зв'язків провести у зворотному напрямку, то обов'язково можна знайти ту подію (явище), що є причиною (однієї з причин) формування досліджуваного процесу. Метод логічного моделювання травмонебезпечних аварійних та інших ситуацій значно полегшує пошук причин аварій, виробничих травм і дорожньо-транспортних пригод при їх розслідуванні.

4.2 Заходи з охорони праці під час виконання технологічної операції

Профілактичне обслуговування та ремонт транспортних засобів необхідно виконувати згідно з Положенням про профілактичне обслуговування та ремонт рухомого складу автомобільного транспорту, Правилами технічної експлуатації рухомого складу автомобільного транспорту (розділ 2, пп.53, 54 цих Правил), а також цими Правилами.

Профілактичне обслуговування та ремонт транспортних засобів проводяться на спеціально відведених дільницях, робочих місцях (постах), які оснащені необхідним устаткуванням, пристроями, інструментом, приладами згідно з нормативно-технологічною документацією.

Розташування постів профілактичного обслуговування та ремонту, відстань між автомобілями, що установлені на цих постах, а також між автомобілями і конструкціями будівель повинні відповідати нормам технологічного проектування.

Установлювати автомобілі в кількості, що перевищує норму, порушувати спосіб розстановки, зменшувати відстань між транспортними засобами і елементами будівель забороняється.

Виробниче устаткування і робочі місця слід розташовувати з урахуванням безпеки працюючих, зручності при виконанні технологічних операцій згідно з нормами технологічного проектування підприємств автомобільного транспорту ОНТП 01-91.

Робітники, які проводять обслуговування та ремонт транспортних засобів, агрегатів, вузлів та деталей, повинні мати справні інструменти та пристрої, що відповідають вимогам безпеки.

Перед початком роботи слід перевірити весь інструмент, несправний інструмент необхідно замінити.

Під час роботи устаткування не допускається його чищення, змазування або ремонт.

Пристрої та інструменти, необхідні для виконання робіт, повинні використовуватись за призначенням, їх слід розміщувати у легкодоступних місцях таким чином, щоб виключалась можливість випадкового переміщення або падіння.

Робочі місця, виконання робіт на яких пов'язано з небезпекою для працюючих, повинні позначатися знаками безпеки згідно з ДСТУ 12.4.026-76 та відповідними галузевими нормативними документами.

Для зняття, установлення, а в окремих випадках транспортування деталей, вузлів, агрегатів вагою більше 20 кг необхідно використовувати підйомно-транспортні механізми, які обладнані спеціальними пристроями (захватами).

Під час проведення робіт на постах обслуговування та ремонту, діагностики автомобілів з працюючим двигуном повинні застосовуватись пристрої для відведення відпрацьованих газів.

Забороняється у виробничих приміщеннях, де знаходяться автомобілі, у баках та балонах яких є паливо, зберігаються або використовуються горючі та легкозаймисті матеріали і рідини (бензин, гас, стиснутий і зріджений горючий газ, фарби, розчинники, стружка, вата тощо), користуватися відкритим вогнем.

Відходи виробництва, відпрацьовані матеріали тощо повинні після кожної роботи прибиратися з робочого місця. Пролиті легкозаймисті та горючі матеріали повинні бути негайно видалені.

Прибирати робочі місця від пилу, ошурків, стружки, дозволяється тільки щіткою. Забороняється здувати їх стиснутим повітрям.

Пуск двигуна та зрушення автомобіля з місця, його в'їзд і виїзд з виробничих приміщень слід проводити за умови забезпечення безпеки працюючих.

Забороняється знаходження сторонніх людей на робочих місцях, де відбуваються роботи з підвищеною небезпекою.

Особи, зайняті на роботах з профілактичного обслуговування та ремонту транспортних засобів, повинні використовувати засоби індивідуального захисту. Особи, які проводять перевірку технічного стану, обслуговування та ремонт транспортних засобів на оглядових канавах, підйомниках та естакадах, повинні працювати у захисних касках.

При проведенні обслуговування та ремонту транспортних засобів поза підприємством слід виконувати вимоги безпеки, приведені у цьому розділі.

У зоні технічного обслуговування і ремонту автомобілів забороняється:

- виконувати роботи на робочих місцях, які не відповідають вимогам безпеки;
- протирати автомобіль і мити агрегати, легкозаймистими рідинами (бензином, розчинниками і т.п.);
- зберігати легкозаймисті рідини і горючі матеріали, кислоти, фарби, карбід кальцію тощо в кількостях більше змінної потреби;
- проводити роботи з відкритим вогнем без спеціального дозволу і вжиття заходів протипожежної безпеки;
- заправляти автомобіль паливом;
- зберігати чисті обтиральні матеріали разом з використаними;

- захищати проходи між стелажми і виходи з приміщень матеріалами, обладнанням, тарою, знятими агрегатами тощо;
- зберігати відпрацьоване масло, порожню тару з-під палива і мастильних матеріалів;
- при установці автомобіля на оглядову яму перекривати їм основний і запасний виходи з неї;
- встановлювати автомобілі з відкритою горловиною баків і при наявності течі із паливної системи.
- підключати електроінструмент до мережі при відсутності або несправності штепсельного роз'єму;
- переносити електричний інструмент, тримаючи його за кабель, а також торкатися рукою частин, що обертаються, до їх зупинки;
- направляти струмінь повітря на себе або на інших при роботі з пневматичним інструментом;
- встановлювати прокладку між зівом ключа і гранями гайок і болтів, а також нарощувати ключ трубою або іншими важелями, якщо це не передбачено конструкцією ключа.

Для перевірки і випробовування гальм на стенді необхідно вжити заходів, що виключають самовільне скочення автомобіля з валиків стенда.

Робота на діагностичних і інших постах з працюючим двигуном дозволяється при включеній місцевій витяжній вентиляції, яка ефективно видаляє відпрацьовані гази.

Забороняється працювати у виробничих приміщеннях, де виділяються шкідливі речовини, при несправній або не включеній вентиляції.

На дільницях і в цехах, де ведуться роботи з деталями, забрудненими етилованим бензином, повинні встановлюватися баки з гасом.

У разі попадання етилованого бензину на шкіру рук або інші частини тіла необхідно обмити ці місця гасом, а потім теплою водою з милом.

Забороняється працювати на обладнанні зі знятим, незакріпленим або несправним обгороджуванням.

4.3 Розрахунок штучного освітлення зони технічного обслуговування

Світло має велике значення для роботи і збереження здоров'я людини, так як діє на органи зору, а через них на центральну нервову систему. Рациональне освітлення виробничих приміщень відіграє важливу роль у створенні сприятливих і безпечних умов праці.

Недостатнє або неправильно виконане освітлення примушує робочого ближче нахилитися до оброблюваної деталі, що збільшує небезпеку пошкодження лиця або очей.

Результати дослідження показують, що покращення виробничого освітлення забезпечує: підвищення продуктивності праці і зниження браку продукції в середньому на 1,5-2%, зниження втомлюваності працюючих в 1-1,5 рази, зменшення числа нещасних випадків на 30%.

В залежності від джерела світла освітлення поділяється на природне, штучне і суміщене.

В проєктованій зоні є суміщене освітлення, тобто природне світло потрапляє туди через вікна і двері, але його недостатньо для забезпечення нормальної видимості, тому виконано розрахунок штучного освітлення.

Освітлення у виробничих приміщеннях характеризується рядом кількісних і якісних показників. Кількісні показники це світловий потік Φ , сила світла I , освітленість E , яскравість L коефіцієнт відбиття ρ . Якісні показники це: фон, контраст K , коефіцієнт пульсації k_p .

Величина нормованої освітленості E_n регламентується ДБН В.2.5-28:2018 в залежності від розряду роботи з врахуванням фону, контрасту між об'єктом і фоном. Норми освітлення робочих поверхонь у виробничих приміщеннях наведені у спеціальних таблицях.

Розрахунок загального штучного освітлення виконується методом коефіцієнта використання або методом граничної потужності. Метод граничної потужності є менш точним. Даний метод дозволяє визначити світловий потік ламп, необхідний для достатньо великої території. В місцях,

де освітлення не відповідає нормам використовують комбіноване освітлення. Воно складається із загального та місцевого освітлення.

$$P = P_u \cdot S = 18,8 \cdot 110 = 2068 \text{ Вт}, \quad (4.1)$$

де P – електрична потужність ламп, Вт;

P_u – питома потужність, Вт/м²;

S – площа приміщення, м².

Маючи питому потужність ламп, можна визначити кількість ламп певної потужності. У розроблювальній зоні використовуються світлодіодні лампи потужністю 50 Вт, їх світлова віддача становить 110 лм Вт, термін служби таких ламп становить 10000 год.

$$n = P/P_d = 2068/110 = 18,8$$

Приймаємо $n=19$ шт.

Лампи використовуються разом із світильниками. Світильники призначені для перерозподілу світлового потоку з метою підвищення економічності освітлювальної установки, для захищення очей від дії джерел світла великої яскравості, для захисту джерел світла від забруднення і механічного пошкодження, забезпечення пожежної і вибухової безпеки, для закріплення лампи. Світильники є трьох типів: прямого світла, розсіяного і відбитого. По призначенню діляться на світильники загального і місцевого освітлення. При використанні світлодіодних ламп для освітлення виробничих приміщень з малою запиленістю і нормальною вологістю використовуються світильники типу ОД, а в приміщеннях з вмістом пилу і вологи закриті світильники ПВЛ (пилевологозахисний світлодіодний)

Вихідні дані:

$a = 11$ м – довжина приміщення ;

$b = 10$ м – ширина приміщення;

$H = 6,2$ м – висота приміщення;

Поверхні стендів, столів знаходяться на висоті $h_p = 1,0$ м.

Мінімальна освітленість, враховуючи категорію робіт, 200 лк.

Площа приміщення $S=110$ м².

Коефіцієнт запасу освітленості $K=1,5$ при коефіцієнті нерівномірності освітлення $Z=1,2$.

Враховуючи специфіку ділянки використаємо водонепроникний світильник з матовим склом. З конструктивних міркувань висота підвіски світильника.

$$h_c = (0.2 - 0.5)H = 0,4 \cdot 7,2 = 2,9 \text{ м.}$$

Проведемо розрахунок:

Висота підвішування світильника.

$$H_c = H - h_c - h_p = 7,2 - 2,9 - 1,0 = 3,3 \text{ м;}$$

$$\frac{L}{H_c} = 1,4,$$

тоді

$$L = 3,3 \cdot 1,4 = 4,62 \text{ м.}$$

Кількість світильників визначаємо за формулою:

$$n = \frac{S_n}{L^2} = \frac{142}{4.62^2} = 6.6.$$

Приймаємо 8 світильників. Причому розміщуємо їх в 2 ряди: в I – 4 світильники, в II – 4 світильники.

Визначаємо показник приміщення

$$i = \frac{S_n}{H_c(a+b)} = \frac{142}{3.3(16+9)} = 1.72.$$

Визначаємо коефіцієнт використання установки: при $i=1.72$ для вибраного типу світильника $\eta=57\%$ – коефіцієнт використання світлового потоку ламп; $\rho_c=70\%$ – коефіцієнт відбиття стелі; $\rho_{cm}=50\%$ – коефіцієнт відбиття стін.

Визначаємо світловий потік однієї лампи за формулою:

$$F_l = \frac{E_{\min} \cdot S_n \cdot z \cdot k}{n \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 142 \cdot 1.2 \cdot 1.5}{7 \cdot 0.57} = 12788 \text{ лм.}$$

Згідно ДСТУ 2039-60 вибираємо лампу потужністю 30 Вт при напрузі $U=220 \text{ В}$ з фактичним світловим потоком 20000 лм.

Фактична освітлюваність

$$E_{\phi} = E_{\min} \frac{F_{\text{лфакт}}}{F_{\text{л}}} = \frac{200 \cdot 2000}{12788} = 313 \text{ лм.}$$

Висновок: згідно розрахунку штучне освітлення на ділянці відповідає вимогам існуючих норм, так як $E_{\phi} > E_{\min}$.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналіз отриманих експериментальних даних вказує, що використання технології старт-стоп дозволяє досягти паливної економічності до 8% при використанні автомобіля при їзді по місту. Проте автомобіль не завжди використовується у міському циклі їзди, при якому дана система не дає економії палива. Але, з другої сторони, якщо автомобіль використовувати в якості таксування по місту, при відносно великих пробігах авто, можна досягти значної економії. В нашому випадку порахуємо економічну ефективність транспортного засобу при використанні для поїздок на роботу.

5.1 Оцінка ефективності енергозбереження

Моделювання зміни параметрів автомобільного двигуна як розрахунковим, так і експериментальним шляхом протягом реальної тривалості експлуатаційного циклу неможливо як за часом, так і за витратою палива [17]. Тому відносні оцінки будуть отримані на основі загальновідомих співвідношень між витратами палива у сталих й перехідних режимах. Для отримання конкретних виразів оцінок скористаємося формулою для середньоексплуатаційної питомої ефективної витрати палива, що наведена в [17]:

$$g_{e \text{ ср.е.}} = \frac{\sum B_{\text{ч.пер.}} + \sum B_{\text{ч.уст.}}}{A}, \quad (5.1)$$

де $\sum B_{\text{ч.уст.}}$ – сумарні, по всіх усталених режимах експлуатаційного циклу, витрати палива; $\sum B_{\text{ч.пер.}}$ – сумарні, по всіх перехідних режимах експлуатаційного циклу, витрати палива; A – сумарна робота на колінчастому валу дизеля за умовний цикл експлуатації.

Для проведення аналізу у відносних величинах перетворимо цей вираз. Спочатку позначимо:

$$\sum B_{\text{ч. пер.}} = K_{\text{пер}} \times \sum B_{\text{ч. уст.}}, \quad (5.2)$$

де $K_{\text{пер}}$ коефіцієнт, що позначає частку витрати палива у перехідних процесах (міський цикл їзди) відносно витрати палива в усталених процесах.

Позначимо як $\sum V_{\text{ч.уст.1}}$ витрату палива в усталеному режимі після впровадження системи старт-стоп для усталеного режиму, при чому $\sum V_{\text{ч.уст.1}} < \sum V_{\text{ч.уст.}}$ можна представити у вигляді:

$$\sum V_{\text{ч.уст.1}} = \sum V_{\text{ч.уст.}} - K_{\text{з.уст.}} \times \sum V_{\text{ч.уст.}} = \sum V_{\text{ч.уст.}} \times (1 - K_{\text{з.уст.}}), \quad (5.3)$$

де $K_{\text{з.уст.}}$ – коефіцієнт, що враховує зниження витрати палива на усталених режимах.

Позначимо як $\sum V_{\text{ч.пер.1}}$ витрату палива в перехідних режимах після впровадження системи старт-стоп, при чому $\sum V_{\text{ч.пер.1}} < \sum V_{\text{ч.пер.}}$.

$\sum V_{\text{ч.пер.1}}$ представимо у вигляді:

$$\sum V_{\text{ч.пер.1}} = \sum V_{\text{ч.пер.}} - K_{\text{з.пер.}} \times \sum V_{\text{ч.пер.}} = \sum V_{\text{ч.пер.}} \times (1 - K_{\text{з.пер.}}), \quad (5.4)$$

де $K_{\text{з.пер.}}$ – коефіцієнт, що враховує зниження витрати палива в перехідних режимах.

З урахуванням введених позначень вираз для середньо-експлуатаційної питомої ефективної витрати палива $g_{e \text{ ср.е.1}}$, після впровадження системи старт-стоп, прийме вигляд:

$$g_{e \text{ ср.е.1}} = \frac{\sum V_{\text{ч.уст.}} \times (1 - K_{\text{з.уст.}})}{A} + \frac{K_{\text{пер.}} (1 - K_{\text{з.пер.}}) \times \sum V_{\text{ч.уст.}}}{A}. \quad (5.5)$$

Очевидно, що $g_{e \text{ ср.е.1}} < g_{e \text{ ср.е.}}$, тоді їх співвідношення прийме вигляд:

$$\frac{g_{e \text{ ср.е.1}}}{g_{e \text{ ср.е.}}} = \frac{[(1 - K_{\text{з.уст.}}) + K_{\text{пер.}} (1 - K_{\text{з.пер.}})] \times \sum V_{\text{ч.уст.}}}{(1 + K_{\text{пер.}}) \times \sum V_{\text{ч.уст.}}}, \quad (5.6)$$

Або після перетворень:

$$\frac{g_{e \text{ ср.е.1}}}{g_{e \text{ ср.е.}}} = 1 - \frac{K_{\text{з.уст.}} + K_{\text{пер.}} \times K_{\text{з.пер.}}}{1 + K_{\text{пер.}}}, \quad (5.7)$$

тоді:

$$g_{e \text{ ср.е.1}} = g_{e \text{ ср.е.}} \times \left(1 - \frac{K_{\text{з.уст.}} + K_{\text{пер.}} \times K_{\text{з.пер.}}}{1 + K_{\text{пер.}}}\right) \quad (5.8)$$

5.2 Розрахунок економічної ефективності.

Розрахунок економічних показників проведено з визначенням додаткового економічного ефекту від покращення паливної економічності автомобіля, оснащеного модернізованою охолоджуючою системою при використанні автомобіля на поїздки до 15 км.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності автомобіля, обладнаного системою ІТМ вказані в табл.5.1.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності автомобіля, обладнаного модернізованою системою охолодження

Назва показника	Одиниця виміру	Модернізована модель	Базова модель
Витрата палива	л/100 км	11,67	12,03
Річне планове завантаження	км	15000	15000
Вартість пального	грн./л	45	45

Середня питома витрата палива для вказаного режиму роботи становить:

$$g_{e \text{ ср.е.}} = K_{\text{зав}} \times g_e \quad (5.9)$$

де $K_{\text{зав}}$ – коефіцієнт завантаження автомобіля (1,0), g_e - питома витрата палива на даному режимі роботи ($g_e = 12,03$ л/100 км).

$$g_{e \text{ ср.е.}} = 1,0 * 12,03 = 12,03 \text{ л/100 км}$$

Згідно отриманих експериментальних даних $K_{\text{з пер.}} = 0,083$, $K_{\text{з уст.}} = 0,01$ та оскільки частка перехідних режимів (вимкнений насос) для автомобіля, що використовується для поїздки на роботу становить приблизно 80% від загального часу роботи, то $K_{\text{пер.}} = 0,8$. Підставивши дані значення у (5.8), отримуємо:

$$g_{e \text{ ср.е.1}} = 12,03 * (1 - (0,01 + 0,8 * 0,083) / (1 + 0,8)) = 11,76 \text{ л/100км} \quad (5.11)$$

Річний економічний ефект від зниження витрати палива визначається за залежністю:

$$E_k = (g_{e \text{ ср.е.}} - g_{e \text{ ср.е.1}}) \times T_p \times c / 100, \quad (5.12)$$

де T_p - річне планове завантаження автомобіля, км; c – закупівельна ціна бензину, грн/л ($c = 45$ грн/л).

Виходячи з вище вказаного, отримуємо: $E_k = 1822,55$ грн.

ВИСНОВКИ

1. Описано будову, призначення та принцип роботи рідинної системи охолодження двигунів легкових автомобілів.
2. Проведено розрахунок витрат палива автомобільним двигуном. Пораховано тепловий баланс системи охолодження автомобіля та споживану потужність водяним насосом системи охолодження під час його роботи.
3. Запропоновано модернізовану модель водяного насосу із можливістю його відключення за допомогою електромагнітної котушки.
4. Проведено експериментальні дослідження стосовно споживаної потужності та витрати палива із робочою та вимкненою системою циркуляції охолоджуваної рідини.
5. Наведено заходи з охорони праці, вимоги до приміщень та території постів технічного обслуговування та ремонту автомобілів та пораховано штучне освітлення робочої зони.
6. Пораховано економічний ефект від використання модернізованої системи охолодження легкового автомобіля, що становить 1822,55 грн на рік експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kiencke U., Nielsen L. Automotive Control Systems. 2nd ed. Springer-Verlag, 2005. 512 pp.
2. Кисликов В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів. / Київ: Либідь, 2006. 400 с.
3. Reif K. Fundamentals of Automotive and Engine Technology: Standard Drives, Hybrid Drives, Brakes, Safety Systems. Springer, 2014. 277 pp.
4. Сирота В.І. Основи конструкції автомобілів. / Київ: Арістей, 2006. 280 с.
5. Halderman J.D. Automotive technology. Boston: Prentice Hall, 2011. Electronic Book.
6. Pal V.A.K.&S.A. Automobile Engineering. S. Chand Publishing, 2014. 358 pp.
7. Bosch. Bosch Automotive Handbook. 8th ed. Bentley Production, 2015. 510 pp.
8. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є. Автомобільні двигуни. / Київ: Арістей, 2005. 476 с.
9. Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобіля. / Львів: Видавництво НУЛП, 2004. 168 с.
10. Сажко В.А. Електричне та електронне обладнання автомобілів. / Київ: Каравела, 2004. 304 с.
11. Волков В.П. Теорія руху автомобіля. / Суми: Університетська книга, 2010. 320 с.
12. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. / Київ: Знання-Прес, 2003. 511 с.
13. Robert Bosch GmbH. Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics. 530th ed. / Plochingen: Springer, 2007.

14. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. 5-е вид. / Київ: Каравела, 2011. 384 с.
15. Гряник Г.М. Охорона праці. / Київ: Урожай, 1994. 272 с.
16. Жидецький В.Н. Д.В.С..М.О.В. Основи охорони праці. / Львів: Афіша, 2001. 349 с.
17. Бойко І.М. Економіка підприємства. / Київ: Кондор, 2016. 378 с.