

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: **«Покращення пускових якостей дизельних двигунів в зимовий
період експлуатації»**

Виконав: студент IV курсу групи Ат-41

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)

Максим Саливонюк
(ім'я та прізвище)

Керівник: Олег Миронюк
(ім'я та прізвище)

Дубляни 2023

УДК 631.359

Саливонюк М.В. Покращення пускових якостей дизельних двигунів в зимовий період експлуатації: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2023. 61 с.

Табл. 5; рис. 16; бібліогр. джерел 22.

Розкриті труднощі експлуатації автомобільних дизельних двигунів в зимовий період часу. Проаналізовано способи та засоби полегшення запуску двигунів автотракторної техніки у зимовий період, а також їх переваги і недоліки.

Встановлено межі працездатної роботи паливної системи за низьких температур. Проведений тепловий розрахунок передпускового підігрівника, встановлені основні параметри та режими його роботи.

Проведені дослідження температурного режиму системи охолодження двигуна у випадку використання передпускового підігрівника на дизельному двигуні.

Робота передбачає впровадження заходів з дотримання безпечних умов праці та охорони навколишнього середовища. Обґрунтовано економічну ефективність використання удосконаленого автомобіля.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	7
1.1 Особливості експлуатації автомобільних двигунів у холодну пору року	7
1.2 Засоби полегшення запуску двигуна в холодну пору року	11
1.2.1 Засоби, що полегшують циркуляцію та запалювання палива.....	11
1.2.2 Індивідуальні передпускові підігрівники	14
1.2.3 Групові засоби розігріву двигунів.....	18
1.3 Обґрунтування доцільності використання технічних засобів полегшення запуску двигунів.....	19
1.4 Висновки до розділу	20
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	21
2.1 Визначення меж працездатності паливної системи за низьких температур	21
2.2 Методика розрахунку теплоємності дизельного палива при температурах нижче за температуру помутніння.....	26
2.3 Тепловий розрахунок підігрівника	30
2.3.1 Визначення кількості тепла, що передається охолоджуючій рідині..	30
2.3.2 Визначення температури теплоносія	31
2.3.3 Визначення параметрів котла	32
2.4 Висновки до розділу	33
3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	34
3.1 Опис запропонованої конструктивної розробки	34
3.2 Результати дослідження температурного режиму системи охолодження двигуна	39
3.3 Висновки до розділу	44
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	45
4.1 Обґрунтування травмонебезпечних ситуацій під час виконання транспортних операцій.....	45
4.2 Розрахунок штучного освітлення ділянки технологічної лінії	

щоденного обслуговування автомобілів.....	50
4.3 Техніка безпеки під час використання передпускового підігрівника.	51
4.4 Висновки до розділу	52
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	53
5.1. Методика визначення економічних показників автомобіля	53
5.2. Розрахунок економічної ефективності використання удосконаленого автомобіля.....	55
5.3 Висновки до розділу	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60

ВСТУП

Експлуатація автотракторної техніки, оснащеної дизельними двигунами, у зимовий період пов'язана з великою витратою палива та теплової енергії. Це зумовлено тим, що за негативних температур навколишнього середовища в дизельному паливі утворюються кристали вуглеводнів парафінового ряду, які накопичуються у вузьких місцях штуцерів та паливопроводів, забиваючи фільтри грубої та тонкої очистки. При цьому збільшується їх опір, що призводить, як правило, до розриву паперового елемента та роботи дизеля на неочищеному паливі. В результаті відбувається швидкий вихід з ладу паливного насоса та форсунок, що у великій мірі визначає працездатність дизеля. Крім того, за негативних температур утруднюється запуск холодного дизеля.

Для руйнування кристалічних структур вуглеводнів перед пуском двигуна у зимових умовах проводять підігрів палива. Розрахунки показують, що за температури атмосферного повітря -20°C , для підготовки до пуску дизельного двигуна середньої потужності витрачається близько 1100 МДж теплової енергії [16]. Така кількість тепла виділяється за повного згорання 2,5 кг дизельного палива. За високих цін на паливно-мастильні матеріали розробка заходів економії паливних та енергетичних ресурсів має першорядне значення для всіх суб'єктів господарювання.

Температура навколишнього повітря істотно впливає на протікання фізичних процесів, пов'язаних з кристалізацією парафіністих вуглеводнів, конденсацією та розчиненням води в паливі, потужнісні, енергетичні та екологічні характеристики двигуна, надійність та довговічність роботи паливної апаратури та двигуна в цілому.

Тому, дослідження в галузі обґрунтування критеріїв та розробки простих та довговічних приладів для пуску та прогріву дизельних двигунів у зимовий період експлуатації мають важливе практичне значення для різних галузей промислового та сільськогосподарського виробництва України.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Особливості експлуатації автомобільних двигунів у холодну пору року

Наявність великого парку дизельних силових установок, що працюють тривалий час у зимовий період експлуатації в умовах низьких температур, велика віддаленість цих зон експлуатації від джерел постачання, складність постачання запасних частин та агрегатів вимагає значного підвищення надійності техніки, що експлуатується.

Досвід експлуатації машин показує, що їхня надійність істотно залежить від клімату. Це стає особливо помітним у разі, якщо машини загалом чи окремі їх елементи працюють у кліматі, на який вони не розраховані. Дослідженнями [13] встановлено, що кількість відмов, інтенсивність зношування деталей в умовах зимової експлуатації техніки в три - п'ять разів вища, ніж за позитивної температури навколишнього середовища.

Затрати часу на пуск холодних двигунів можуть сягати 1–2 год. Крім того при цьому відбувається інтенсивне спрацювання деталей двигуна (циліндрів, поршневих кілець, підшипників колінчастого вала і ін.). Складність запуску дизельних двигунів зимою зумовлена недостатчею тепла, поганим самозайманням палива в результаті втрат повітря і пониженого ступеня стиску в камері згоряння.

Запуск холодного двигуна супроводжується багатьма негативними наслідками. Під час такого запуску в камерах згоряння двигунів утворюється конденсат парів палива та води. Цей конденсат змиває масляну плівку зі стінок циліндрів, а утворені сірчисті сполуки викликають корозійне спрацювання деталей циліндро-поршневої групи [22].

Вода і конденсат, охолоджуючись, підвищують опір фільтрів та трубопроводів і в деяких випадках є причиною забивання каналів блока циліндрів та інших деталей двигуна. Особливо небезпечними є льодові пробки у порожнинах шатунних шийок колінчастого вала, які спричинюють припинення

подачі оливи до третьових поверхонь вала. Крім того, вода потрапляючи в картер, змішується з оливою і сприяє утворення так званих залізних мил, які погано розчиняються і утворюють густий осад, що швидко забиває фільтруючі елементи.

Робота двигунів при пониженому тепловому режимі сприяє відкладенню на деталях різних смол і нагару. У переохолодженому двигуні через порушення робочого процесу паливо і олива, що проникають в камеру згоряння, згоряють не повністю. В результаті неповного окиснення і ряду супутніх йому складних хімічних процесів окремі частинки палива і оливи, окиснюючись, перетворюються в смолисті речовини. Проникаючи у канавки поршня, ці смоли сприяють заляганню кілець. Такі ж речовини відкладаються на клапанах та їх направляючих, збільшуючи опір переміщенню.

Автомобільна техніка у своїй більшості у міжзмінний період зберігається на відкритих площадках. Це часто призводить до ускладненого запуску двигунів, не забезпечує своєчасного початку роботи, збільшує витрату запасних частин, палива та інших експлуатаційних матеріалів. Все це разом погіршує техніко-експлуатаційні показники роботи автомобільного парку.

Встановлено [13], що під час пуску холодного двигуна спрацювання деталей циліндро-поршневої групи за один запуск рівноцінне спрацюванню за 5...8 годин роботи, а також що частка спрацювання двигуна в період запуску двигуна і прогріву складає більше половини загального експлуатаційного спрацювання. З пониженням температури охолоджуючої рідини у сорочці охолодження до $+5^{\circ}\text{C}$ потужність двигуна зменшується на 10%, збільшується витрата палива, а спрацювання двигуна зростає більше, ніж у 2 рази.

Можливість запуску двигуна при низьких температурах визначається пусковими властивостями системи. Найповнішу оцінку пусковим якість двигуна дають наступні показники: мінімальна пускова частота обертання колінчастого вала двигуна і момент опору його провертанню. За мінімальну пускову частоту приймають таку частоту обертання колінчастого вала, за

якої забезпечується запуск холодного двигуна за дві спроби тривалістю по 10 с для бензинового двигуна і по 15 с для дизельного з інтервалами між спробами 1 хв.

Встановлено [6], що для запуску двигунів при температурі навколишнього повітря $0...5^{\circ}\text{C}$ необхідно надати колінчастому валу частоту обертання: для бензинових двигунів 40...50 об/хв, для дизелів 120...180 об/хв. На її значення суттєвий вплив має конструкція та технічний стан двигуна. Середній тиск тертя – питома величина, що характеризує опір провертанню колінчастого вала двигуна. Цей параметр залежить в основному від в'язкості моторної оливи, частоти обертання колінчастого вала, типа, числа і розташування циліндрів двигуна.

Конструктивні особливості двигунів внутрішнього згорання і сучасні властивості паливно-мастильних матеріалів не дають можливості досягати надійного запуску двигуна шляхом зменшення пускової частоти обертання колінчастого вала. Підвищення потужності систем запуску з метою зменшення граничних температур можливого запуску двигуна призводять до значного подорожчання системи запуску. Тому, для забезпечення надійного запуску двигунів при низьких температурах доцільно використовувати засоби полегшення запуску (рисунок 1.1) [6].

Способи і засоби, що полегшують запуск двигунів за низьких температур ділять на дві групи: з обігрівом і без обігріву.

Передпусковий обігрів машин є одним з найпоширеніших і найефективніших способів їх підготовки до роботи. Доцільність використання способу обігріву визначається наявністю в автосподарстві джерел енергії та кількості машин, що знаходяться в експлуатації. Це також визначає спосіб використання стаціонарних чи пересувних установок.

Тепловий обігрів машин ділять на підігрів і розігрів. При підігріві підтримується тепловий режим машин на певному рівні впродовж всього міжзмінного періоду та забезпечується постійна готовність їх до роботи. Розігрів

використовують у тому випадку, коли машина охолола у міжзмінний період до температури навколишнього середовища. У даному випадку розігрів машини полягає у доведенні температури її складальних одиниць до необхідного рівня.

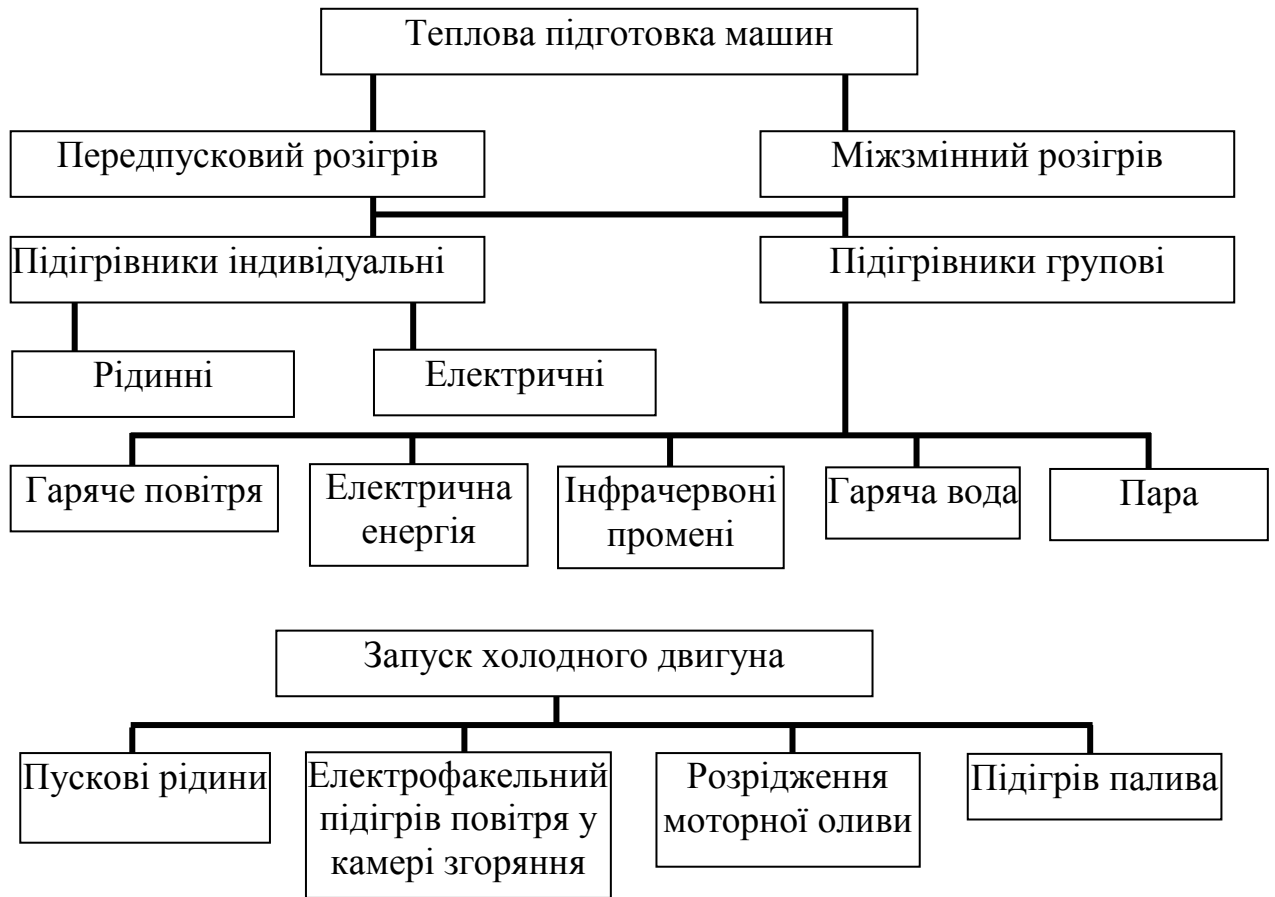


Рисунок 1.1 – Засоби для полегшення пуску машин в умовах низьких температур

Розігрів машин перед запуском і тривалий підігрів їх перед запуском можливий індивідуальними підігрівниками – гарячим повітрям, електронагрівачами, газовими пальниками інфрачервоного випромінювання, каталітичними нагрівачами [13].

Встановлено [6], що обігрів лише оливи в піддоні картера не забезпечує необхідного впливу на полегшення запуску двигуна, оскільки не прогриваються підшипники, циліндро-поршнева група, елементи впускного тракту, які мають значний вплив на частоту обертання колінчастого вала і якість процесу сумішоутворення.

Під час нагріву охолоджуючої рідини недаліки попередньої схеми усуваються. Проте, найбільш надійний запуск двигуна досягається при сумісному нагріві як охолоджуючої рідини, так і моторної оливи.

1.2 Засоби полегшення запуску двигуна в холодну пору року

1.2.1 Засоби, що полегшують циркуляцію та запалювання палива

Великі труднощі під час експлуатації автомобілів у зимовий час зумовлені властивостями дизельного палива. Дизельне паливо – суміш парафінових, нафтових і ароматичних вуглеводнів, температура застигання яких – нижче -5°C [15]. На легкий запуск і стійку роботу дизеля впливає в'язкість, хімічний і фракційний склад палива та багато інших чинників.

Літні сорти дизельного палива гуснуть уже при $-3...-7^{\circ}\text{C}$ і стають важкотекучими. Зимові сорти зберігають рухливість до $-30...-35^{\circ}\text{C}$. При значному підвищенні в'язкості порушується нормальна робота паливної апаратури, іноді подача цілком припиняється і відновити її досить непросто.

Крім в'язкості, для забезпечення експлуатації дизелів у холодний час року велике значення мають низькотемпературні властивості палива. При поступовому охолодженні воно стає каламутним, це відбувається через випадання в осад твердих вуглеводнів. Температуру, за якої у дизельному паливі з'являються перші кристали, видимі неозброєним оком, називають температурою початку кристалізації. Температура повної втрати рухливості палива зветься температурою застигання.

Для літніх сортів дизельного палива температура помутніння повинна бути не вище -5 , а для зимових – не вище $-25...30^{\circ}\text{C}$. Якщо у паливі є вода (що буває досить часто), те воно помутніє вже при 0°C [15].

Нафти, що придатна для виробництва зимового палива, порівняно мало, виробництво його набагато складніше і дорожче. Тому, для полегшення запуску дизельних двигунів у холодний час року, розроблені спеціальні пристрої передпускового підігріву й окремого підігріву паливних систем.

Існуючі на ринку передпускові підігрівники (рисунок 1.2 а і б) призначені для підвищення температури палива перед запуском і розплавлення кристалів парафіну, що забивають паливну систему [14]. За формою вони нагадують бандаж і монтуються на фільтр тонкої очистки палива. Основа підігрівника – високотехнологічний вуглецевий матеріал, занурений у діелектрик, і обтиснутий різноманітними за теплопровідністю металевими пластинами. Дана конструкція має свої переваги, по-перше, обігрівається практично вся бічна поверхня фільтра, по-друге, термобандаж захищає фільтр від охолодження зустрічними потоками холодного повітря.



а)

б)

в)

г)

Рисунок 1.2 – Передпускові підігрівники бандажні типу ПБ (а і б) та магістральні проточні типу ПП (в, г)

Проточні підігрівники (рисунок 1.2 в і г) – підігрівають паливо при працюючому двигуні і тим самим, запобігають утворенню парафінових пробок у паливопроводах. Це здебільшого резисторні елементи, що збільшують свій опір із підвищенням температури.

Для полегшення запуску дизелів, що мають невисоку ступінь стиску і температуру, недостатню для запалювання палива у кінці такту стиску застосовують електричні свічки розжарювання. Свічки встановлюють в камеру згоряння таким чином, щоб нагрівний елемент забезпечував запалення розпиленого палива (рисунок 1.3 а) [1].

На даний час на дизельних двигунах мають поширення двополюсні свічки розжарювання СНД –100БЗ відкритого типу, у яких обидва кінці спіралі

ізолювані від корпусу. З аналогічною метою використовують метод підвищення температури впускного повітря (рисунок 1.3б). Для цього використовують свічки підігріву. На дизельних двигунах використовують однополюсні свічки підігріву повітря СН-150, які встановлюються у впускному колекторі [23].



Рисунок 1.3 – Свічки розжарювання (а) та підігріву впускного повітря (б)

Використання свічок підігріву повітря дозволяє зменшити граничну температуру холодного пуску дизеля в середньому на 5°C . Разом з тим, ефективність використання даного способу зменшується із пониженням температури навколишнього середовища, що вимагає суттєвого підвищення споживаної потужності.

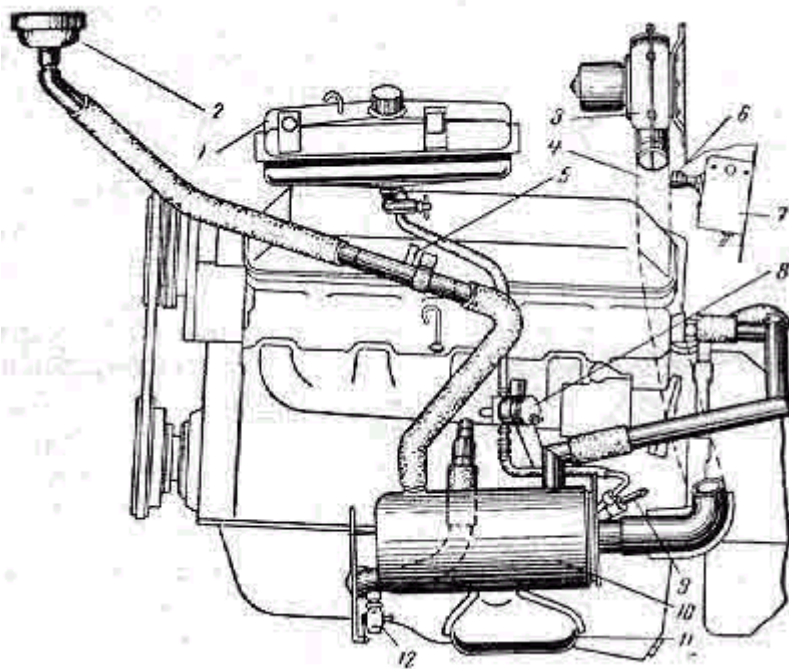
Використання електрофакельних підігрівників впускного повітря сумісно з використанням у системі мащення двигуна розріджених олив знижує в середньому температуру пуску холодного двигуна на $10...15^{\circ}\text{C}$. Найбільш вдалою конструкцією підігрівника [3], що встановлюється на двигунах Д-160, Д-240. На зарубіжних двигунах широко використовуються підігрівники фірми “Бош” (Німеччина) і “Лукас” (Англія) [14]. На двигунах ЯМЗ-240, ЯМЗ-740 і ЯМЗ-741 використовуються підігрівачі конструкції фірми “Бош”. Підігрівники фірми “Лукас” встановлюють на двигунах фірми “Перкінс”, які на даний час широко використовуються в Україні.

Головною перевагою електрофакельних підігрівників є можливість роботи їх на дизельному паливі чи бензині. Це дозволяє використовувати дані підігрівники на двигунах різних конструкцій та марок.

Підігрівники можна використовувати і після запуску двигунів в холодному режимі роботи. Завдяки цьому прогрів двигуна прискорюється, зменшується димність і знижується токсичність відпрацьованих газів.

1.2.2 Індивідуальні передпускові підігрівники

Як індивідуальні передпускові підігрівники можуть використовуватися рідинні підігрівники, що працюють на бензині або дизельному паливі. Установка підігрівників безпосередньо на автомобілі дозволяє здійснити передпусковий розігрів двигуна за будь-яких умов. За допомогою підігрівника здійснюється розігрів охолоджуючої рідини системи охолодження, яка віддає тепло на підігрів блока та основних систем двигуна. Час підготовки двигуна до пуску при температурі 243°K рідинним підігрівником становить 70-80 хв [6].



1 – паливний бачок; 2 – заливна горловина; 3 – вентилятор; 4 – шланг підведення повітря; 5 – трубка підведення води до котла; 6 – контрольна спіраль; 7 – пульт управління; 8 – електромагнітний клапан; 9 – свічка розжарення; 10 – котел; 11 – направляючий патрубок; 12 – зливний кран

Рисунок 1.4 – Передпусковий підігрівник двигуна

Основним елементом рідинного підігрівника серії ПЖ (рисунок 1.4) є котел 10. Він складається із зовнішньої і внутрішньої сорочок охолодження, які з'єднані між собою кришкою. У внутрішній частині сорочки охолодження розміщена камера згоряння, що переходить у циліндричну жарову трубу. Між зовнішньою і внутрішньою сорочками охолодження є порожнина, яка є продовженням жарової труби. До кришки підігрівника кріпиться напрямляч-завихрювач повітря, розпилювач і випаровувач. У кришці зроблено різьбовий отвір для кріплення свічки розжарювання 9 і отвір для підведення палива.

У підігрівників, які за паливо використовують бензин, паливо надходить до розпилювача самопливом із спеціального бачка 1 через запірний вентиль і регулятор подачі палива. Регулятор подачі палива складається із поплавкової камери, постійний рівень палива в якій підтримується за допомогою голчастого клапана. З поплавкової камери паливо надходить до електромагнітного запірної клапана 8, відкриття якого відбувається при подачі струму на котушку електромагніта. Паливо надходить у камеру згоряння через жиклер з калібрувальним отвором або, як в останніх модифікаціях, через отвір з регулювальною голкою. Повітря, необхідне для горіння палива, подається вентилятором 3 з електроприводом через повітронагнітаючий патрубок 6 і завихрювач. Це забезпечує добре перемішування палива з повітрям. На виході із камери згоряння розміщений випаровувач. Його вихідне січення малого діаметру затримує великі краплі палива до їх повного випаровування і згоряння.

Вказані підігрівники типу ПЖБ і ПЖД мають спільні недоліки: великі габарити, складність конструкції, трудомісткі в експлуатації, ставлять підвищені вимоги до акумуляторної батареї.

Рідинні опалювачі ГІДРОНІК (рисунок 1.5) призначені разом з опаленням салону вантажного чи легкового автомобіля, здійснювати і передпусковий підігрів їх двигунів, і видаляти зледеніння зі лобового скла автомобіля [15].

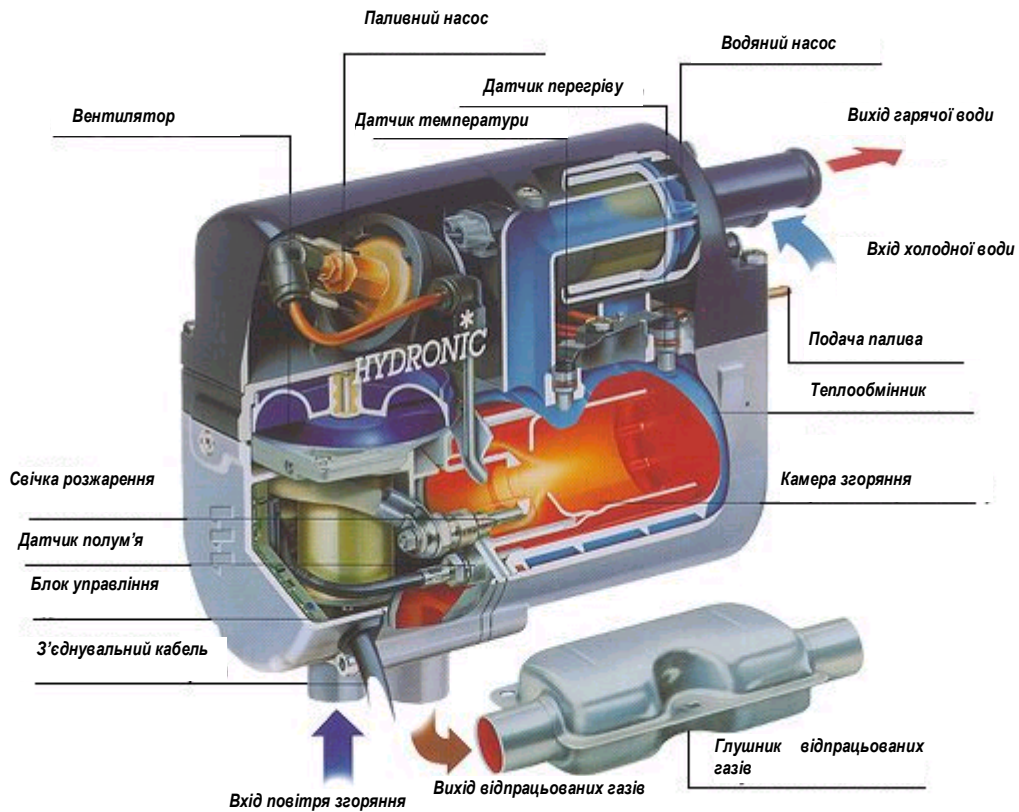


Рисунок 1.5 – Підігрівник Гідронік

Пристрій підключається до системи охолодження, електробортової мережі автомобіля і паливної системі. Нагрів рідини в системі охолодження автомобіля відбувається за рахунок тепла, що виділяється в опалювачі під час згоряння палива, що використовується в автомобілі.

Під час вмикання пристрою включається контрольна лампочка на органі керування і починається обернений відлік часу роботи опалювача (тривалість роботи від 1 до 120 хв.). Починає працювати водяний насос і при циркуляції рідини відбувається вимір температури рідини в системі охолодження автомобіля датчиком температури. У залежності від температури можуть встановлюватися різноманітні режими роботи Гідроніка. Далі згідно програми відбувається попереднє продування камери згоряння за допомогою вентилятора і попереднє розжарення свічки. Через 45 сек. здійснюється подача палива насосом. Після утворення стабільного полум'я, що контролюється датчиком, відбувається відключення свічки, а загоряння паливної суміші відбувається від сті-

нок камери згорання. Різноманітні режими роботи забезпечуються зміною складу паливної суміші, що надходить в камеру згорання.

Перспективним видається використання передпускових підігрівників з теплоаккумулятором енергії (рисунок 1.6), який призначений для полегшення запуску двигуна внутрішнього згорання і прискорення його прогріву за рахунок тепла охолоджуючої рідини (ОР), що міститься в акумуляторі тепла [3]. Вказана система ефективно зберігає тепло до 36-и годин після зупинки двигуна. Обмін охолоджуючої рідини між акумулятором і блоком циліндрів ДВЗ відбувається за допомогою електричного насоса, що входить в склад системи. Процедура займає від 45 сек до 1 хв.

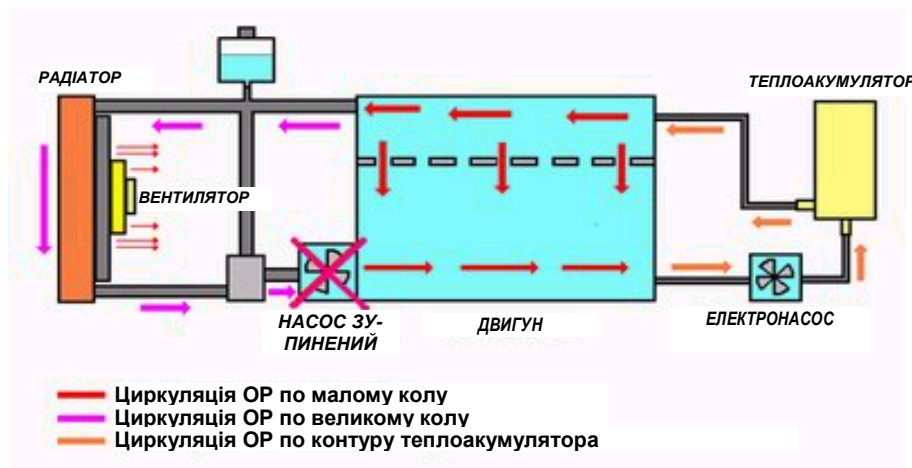


Рисунок 1.6 – Передпусковий підігрівник з теплоаккумулятором

Як індивідуальні підігрівники охолоджуючої рідини двигуна можуть використовуватися електротени, які вводяться в сорочку охолодження блока циліндрів та впускні патрубки (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Електричний підігрівник охолоджуючої рідини двигуна

Крім того, аналогічні електротени встановлюють у піддон картера двигуна для підігріву оливи. Основним недоліком їх є обов'язкова наявність потужного джерела електричного струму та значно більший час на розігрів.

1.2.3 Групові засоби розігріву двигунів

Незважаючи на ряд переваг індивідуальних передпускових підігрівників, використання їх пов'язане із значними затратами робочого часу і додатковим обслуговуванням при порівняно невеликій тривалості роботи. Зимою час розігріву енергонасичених мобільних енергетичних засобів, на яких встановлені індивідуальні підігрівники становить в середньому 110 хв [6].

На даний час поряд із засобами індивідуального передпускового підігріву, використовуються групові стаціонарні засоби підігріву, які здійснюють розігрів двигунів перед пуском або підтримують їх у відповідному температурному режимі впродовж всього часу стоянки з наступним доведенням до номінального температурного режиму.

Найефективнішим є зберігання техніки у закритих опалювальних приміщеннях. При цьому температура у приміщенні не повинна бути нижчою ніж $+15^{\circ}\text{C}$. В іншому випадку виникає необхідність додаткового прогріву двигуна на холостому ході впродовж 15-20 хв. Для підтримання температурного режиму потрібна потужна вентиляторно-опалювальна система, затрати на експлуатацію якої не окупуються. Ще одним її недоліком є те, що холодні деталі машин у теплі покриваються вологою, яка за час міжзмінного зберігання не встигає висохнути. Тому деталі піддаються інтенсивній корозії, а шини, покриті вологою, при їх наступному охолодженні втрачають ресурс через руйнування гуми. Все це підтверджує доцільність міжзмінного зберігання техніки на відкритих площадках і забезпечення необхідного температурного режиму роботи двигуна безпосередньо перед запуском.

На даний час найпоширенішим способом розігріву двигуна у автотранспортних підприємствах є заливка його системи охолодження гарячою водою. Цей спосіб є досить енергомістким та потребує великих затрат часу.

Розігрів парою [13] має багато спільного з описаним вище способом розігрівання гарячою водою, але враховуючи значну енергоємність та затрати праці даний спосіб не отримав широкого поширення. Значно частіше використовується розігрів двигунів перед пуском за допомогою гарячого повітря. Перевагою даного способу є можливість отримання великої кількості тепла, що особливо важливо для високо потужних автомобілів. Недоліками його є: низький ККД, велика витрата енергії, висока вартість, великі габарити.

1.3 Обґрунтування доцільності використання технічних засобів полегшення запуску двигунів

Необхідність встановлення передпускових підігрівників на автотракторних двигунах є незаперечною. Підтвердженням цього є суттєве збільшення ресурсу роботи дизельного двигуна і автомобіля в цілому, зменшення непродуктивних витрат експлуатаційних матеріалів, збільшення чистого робочого часу зміни та продуктивності, а також, що важливо, зменшення шкідливих викидів відпрацьованих газів під час пуску та розігріву.

Значна увага передпусковому розігріву двигуна повинна приділятися у зонах з холодним кліматом. Проте не слід забувати, що пуск дизельного двигуна навіть при позитивних температурах (5-10°C) викликає певні труднощі та потребує значних затрат часу та матеріальних ресурсів. Враховуючи те, що для території Західної України температура у зимовий період року є від'ємною (можливі окремі винятки), розробка, виготовлення та використання передпускових підігрівників є обґрунтованим.

Враховуючи складний матеріальний стан автотранспортних підприємств, в першу чергу, їх забезпеченість енергетичними ресурсами, також кі-

лькісний та якісний склад наявного автомобільного парку, доцільним є використання індивідуальних підігрівників.

Серед описаних вище індивідуальних способів та пристроїв для передпускового розігріву двигуна перевагу слід віддати рідинним підігрівникам, що підігрівають одночасно воду в системі охолодження та оливу у піддоні картера. З метою використання даного типу підігрівників на транспортних засобах, він потребує конструктивного переоснащення та відповідного розрахунку.

1.4 Висновки до розділу

Використання передпускових підігрівників дизельних двигунів сприяє збільшенню ресурсу роботи двигуна і автомобіля в цілому, зменшенню непродуктивних витрат експлуатаційних матеріалів, збільшенню чистого робочого часу зміни та продуктивності, а також, що важливо, зменшенню шкідливих викидів відпрацьованих газів під час пуску та розігріву

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Розрахунок передпускового підігріву двигуна внутрішнього згорання здійснюється на основі наступної вихідної інформації:

- температура навколишнього середовища і двигуна автомобіля $t_n = -15^\circ\text{C}$;
- температура охолоджуючої рідини двигуна після пуску $t_k = +60^\circ\text{C}$;
- товщина стінки внутрішньої сорочки охолодження $\delta_1 = 1,4$ мм;
- товщина стінки зовнішньої сорочки охолодження $\delta_2 = 2,2$ мм;
- кількість охолоджуючої рідини, яка циркулює у системі $W_p = 16$ л;
- теплотвірна здатність 1-го кг бензину $Q_{\text{н}} = 13000$ ккал.

2.1 Визначення меж працездатності паливної системи за низьких температур

Температура навколишнього повітря істотно впливає на процес паливоподачі дизеля, це пов'язано із залежністю в'язкості дизельного палива від температури кристалізації парафіністих вуглеводнів. Однією з причин зниження надійності автотракторних дизелів в умовах негативних температур є випадання кристалів парафінів у паливі, підвищення опору лінії низького тиску системи живлення, і як наслідок зменшення коефіцієнта наповнення насоса високого тиску. Згідно з дослідженнями [1] найбільш критичною ділянкою паливної системи дизеля, що працює в умовах негативних температур, є лінія всмоктування паливопідкачувального насоса (ППН) з фільтром грубої (ФГО) очистки, який одним з перших забивається утворюючими кристалами Н-алканів.

Аналіз фізико-хімічних властивостей вуглеводнів дизельного палива показує, що у ньому є кристали вуглеводнів з дуже високою температурою плавлення, наприклад, гексаметилбензол $\text{C}_{12}\text{H}_{18}$ плавиться при температурі $165,5^\circ\text{C}$; бутилнонан $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$ має температуру плавлення 70°C і т.д. Вміст та-

ких вуглеводнів у дизельному паливі становить трохи більше 0,6%. Вуглеводні з високою температурою плавлення практично перебувають у твердому стані за будь-якої температури навколишнього середовища.

Окремі нафтові та ароматичні вуглеводні, наприклад, ізопропіл декалін $C_{13}H_{26}$, н-гексилбензол та ін., плавляться при температурі $-94,8...-66,8$ °С. Отже, вуглеводні з низькою температурою плавлення практично перебувають у твердому стані під час експлуатації дизеля у будь-якій кліматичній зоні. У дизельному паливі марки «Л» вуглеводні з низькою температурою плавлення становлять близько 1,5%, забезпечуючи його відносну рухливість [6, 13].

Важкі вуглеводні парафінової та ароматичної груп у літньому дизельному паливі займають близько 57%. Температура плавлення цих вуглеводнів знаходиться в межах -13 °С до -2 °С. На рисунку 2.1 представлено інтегральну криву застигання вуглеводнів дизельного палива залежно від температури навколишнього середовища.

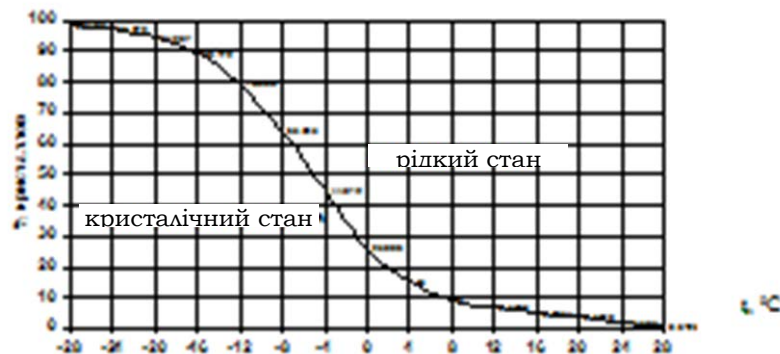


Рисунок 2.1 – Інтегральна крива застигання вуглеводнів дизельного палива

Аналіз інтегральної кривої дозволяють зробити наступні висновки:

1) зі зниженням температури навколишнього середовища від 28 °С до 0 °С кількість кристалів твердих вуглеводнів плавно наростає і при $t=0$ °С становить близько 25% одиниці об'єму палива;

2) при температурі довкілля $t=0...-5$ °С інтенсивність утворення криста-

лів різко зростає. За температури $t=-5$ °С близько 50% вуглеводнів дизельного палива з рідкого стану переходять у кристалічну фазу, чим пояснюється помутніння палива;

3) при подальшому зниженні температури навколишнього середовища від $t=-5$ °С до $t=-13$ °С спостерігається різкий перехід дизельного палива з рідкого стану у твердий. За $t=-13$ °С близько 86% вуглеводнів дизельного палива перебувають у кристалічному стані.

4) у випадку подальшого зниження температури від $t=-13$ °С до $t=-28$ °С спостерігається уповільнене зростання кристалів у дизельному паливі. Якщо температура становить $t=-28$ °С, то близько 98% вуглеводнів перебуває у твердому стані.

Для визначення мінімальної температури палива [7, 18], при якій можлива робота паливної системи дизеля, скористаємось рівняннями нерозривності потоку та Бернуллі для реальної рідини. Розглянемо лінію всмоктування паливної системи дизеля, що працює за традиційною схемою, коли ФГО розташований перед ППН. У цьому випадку рівняння Бернуллі матиме вигляд

$$Z_1 + H + \alpha_1 \frac{g_1^2}{2g} = Z_2 - \frac{P_{\text{вак}}}{\rho g} + \alpha_2 \frac{g_2^2}{2g} + \sum h, \quad (2.1)$$

де Z_1, Z_2 – висота розташування виходу з паливного бака та входу в ППН, відрахована від довільної горизонтальної поверхні порівняння;

H – висота стовпа палива в баку;

α_1, α_2 – коефіцієнти Коріоліса в аналізованих перерізах;

g_1, g_2 – середні швидкості потоку палива в аналізованих перерізах;

g – прискорення вільного падіння;

ρ – щільність палива;

$\sum h$ – сумарні втрати напору між аналізованими перерізам;

$P_{\text{вак}}$ – вакууметричний тиск, створюваний ППН.

Рівняння нерозривності потоку виглядатиме так

$$g_1 \omega_1 = g_2 \omega_2 = Q, \quad (2.2)$$

де ω_1, ω_2 – площі потоку в аналізованих перерізах; Q – витрата палива через ППН.

Умову забезпечення працездатності лінії низького тиску дизеля з урахуванням рівнянь (2.1) і (2.2), а також того, що коефіцієнт Коріоліса для ламінарного руху в трубах дорівнює 2,0, можна записати наступним чином

$$\sum h \leq H + (Z_1 - Z_2) + \frac{P_{\text{вак}}}{\rho g} + \frac{g_2^2}{g} \left(\frac{\omega_2^2}{\omega_1^2} - 1 \right) \quad (2.3)$$

Сумарні втрати напору складаються із втрат напору по довжині трубопроводів $\sum h_{\text{дл}}$ та втрат від місцевих опорів $\sum h_{\text{м}}$:

$$\sum h = \sum h_{\text{дл}} + \sum h_{\text{м}}, \quad (2.4)$$

Втрати напору по довжині трубопроводів визначаються за формулою

$$\sum h_{\text{дл}} = \lambda \frac{l g_{\text{мп}}^2}{2 d_{\text{мп}} g}, \quad (2.5)$$

де l – сумарна довжина трубопроводів від бака до ППН;

$d_{\text{тр}}$ – діаметр паливопроводу;

$g_{\text{тр}}$ – середня швидкість руху палива паливопроводами;

λ – коефіцієнт гідравлічного тертя (коефіцієнт Дарсі).

При ламінарному русі палива трубопроводами круглого перерізу коефіцієнт Дарсі можна визначити

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

де Re – число Рейнольдса.

Число Рейнольдса для труб круглого перерізу становить:

$$\text{Re} = \frac{g_{\text{мп}} d_{\text{мп}}}{\nu}, \quad (2.7)$$

де ν – кінематична в'язкість дизельного палива.

Сумарні втрати від місцевих опорів при ламінарному русі палива ви-

значимо за наступною залежністю:

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

де $\xi_{кв.i}$ – коефіцієнт місцевого і-го опору квадратної площі;

Re_i – число Рейнольдса для і-го місцевого опору;

A_i – коефіцієнт місцевого і-го опору;

g_i – середня швидкість палива для і-го опору.

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

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

де μ , μ_o – динамічна в'язкість дизельного палива при температурі T і T_o ;

β – коефіцієнт, значення якого для дизельного палива змінюється в межах 0,025...0,03.

Загальновідома залежність між динамічною і кінематичною в'язкістю $\mu = \nu \rho$. Вважаємо, що щільність палива в розглянутому інтервалі температур є величиною постійною, тоді з врахуванням формули (2.9) будемо мати

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

де ν_o – кінематична в'язкість дизельного палива при +20 °С (293 К).

Після підстановки формули (2.10) у вираз (2.9) і далі (2.8), а також (2.10) в залежності (2.7), (2.6) і (2.5), з врахуванням рівняння (2.4) і нерівності (2.3), після відповідних перетворень отримаємо

$$T_e \geq \frac{1}{\beta} \ln \frac{\nu_o (N + 64 \ell g_{TP})}{2d_{TP}^2 \left(M + \frac{P_{BAK}}{\rho_T} + R - K \right)} + T_o. \quad (2.11)$$

У формулі (2.11) позначено

$$N = d_{TP}^2 \sum_{i=1}^n \frac{g_i A_i}{\ell_{oi}}, \quad (2.12)$$

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

$$R = g_2^2 \left(\frac{\omega_2^2}{\omega_1^2} - 1 \right), \quad (2.14)$$

$$K = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \xi_{\text{КВ.}i} g_i^2. \quad (2.15)$$

За виразом (2.11) з достатньою точністю можна визначити мінімальну температуру, за якої забезпечується нормальна подача палива по лінії низького тиску.

2.2 Методика розрахунку теплоємності дизельного палива при температурах нижче за температуру помутніння

Для визначення теплоємності палива $c_{\text{пал}}$ знаходимо кількість теплоти, яку необхідно надати дизельному паливу масою m_o для того, щоб змінити його температуру від T_r (поточної температури палива) до T_n (температури помутніння палива), якщо $T_3 \leq T_r \leq T_n$.

Для нескінченно малої зміни температури справедливим є вираз

$$dQ_m = dQ_1 + dQ_2 + dQ_3, \quad (2.16)$$

де dQ_r – теплота, яка передається дизельному паливу для зміни його температури dT_r ;

dQ_1 – теплота, яка витрачається на плавлення кристалів н-алканів в інтервалі температур dT_r ;

dQ_2 – теплота, яка витрачається на зміну теплового стані розплавленої фази в інтервалі температур dT_r ;

dQ_3 – теплота, яка витрачається на зміну теплового стану кристалічної фази в інтервалі температур dT_r .

Питома теплота плавлення для органічних сполук визначається:

$$L_{nl} = 0,0565T_{nl}, \quad (2.17)$$

де T_{nl} – температура плавлення.

Ввівши середній мольний об'єм кристалічної фази, маємо

$$L_{nl} = 0,0565T_{nl} / \mu V, \text{ (кДж/м}^3\text{)} \quad (2.18)$$

Тоді кількість теплоти, необхідної для плавлення кристалічної фази

$$L_{nl} = Q_1 = 0,0565T_{nl} V_{кр} / \mu V. \quad (2.19)$$

Об'єм кристалічної фази, яка плавиться

$$V_{кр} = \frac{m'_{кр}}{\rho_{кр}}, \quad (2.20)$$

де $m_{кр}$ – маса кристалічної фази, яка плавиться за температури T_r (кг);

$\rho_{кр}$ – середня щільність кристалічної фази (кг/м³).

Припускаємо, що процес плавлення безперервний в інтервалі температур від T_3 до T_n , а маса кристалів, яка плавиться за температури T_r – є близькою до лінійної функції температури (рис. 2.2).

Сумарна маса кристалів за температури палива, що дорівнює температурі замерзання T_3

$$m_{кр.з} = \frac{1}{2} m'_{кр.з} (T_n - T_3), \quad (2.21)$$

де $m'_{кр.з}$ – маса кристалів, яка плавиться при температурі палива, рівної температурі замерзання T_3 .

Припускаємо, що сумарна маса кристалів $m_{кр}$ при температурі T_m є також близькою до лінійної функції температури (див. рис. 2.2), що відповідає наступним припущенням: при $T_m = T_n$; $m_{кр} = 0$, а при $T_m = T_3$; $m_{кр} = m_0$, де m_0 – маса всього палива. Тоді з огляду на рис. 2.1 та формули (2.21) маємо

$$m'_{кр} = 2m_0 \frac{T_n - T_m}{(T_n - T_3)^2}, \quad (2.22)$$

Аналогічно (рис. 2.2) маємо

$$m_{кр} = m_0 \frac{T_n - T_m}{T_n - T_3}. \quad (2.23)$$

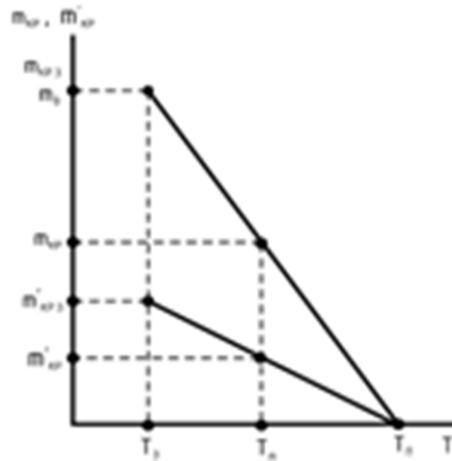


Рисунок 2.2 – Процес плавлення кристалів парафіну

Масу розплавленої фази визначаємо як різницю маси всього палива та маси кристалічної фази

$$m_p = m_0 - m_{кр} \quad (2.24)$$

З врахуванням (2.23), після перетворення маємо

$$m_p = m_0 \left(1 - \frac{T_n - T_m}{T_n - T_3}\right) \quad (2.25)$$

Підставивши вираз (2.21) у формулу (2.20) і далі в рівняння (2.19), отримаємо

$$Q_1 = 0.113 \frac{m_0 T_T (T_{II} - T_T)}{\rho_{кр} \mu V (T_{II} - T_3)^2} \quad (2.26)$$

У формулі (2.26) T_{III} замінено на поточну температуру палива. Кількість теплоти, що йде на плавлення кристалів в інтервалі температур dT_T

$$dQ_1 = 0.113 \frac{m_0 T_T (T_{II} - T_T)}{\rho_{кр} \mu V (T_{II} - T_3)^2} dT_T \quad (2.27)$$

Кількість теплоти, що йде на зміну теплового стану розплавленої фази в інтервалі температур dT_T визначаються як

$$dQ_2 = m_p c_p dT_T, \quad (2.28)$$

де c_p – середня теплоємність розплавленої фази в інтервалі температур від T_T

до T_{II} (кДж/кг °К).

З врахуванням рівняння (2.25), маємо

$$dQ_2 = m_p c_p \left(1 - \frac{T_{II} - T_T}{T_{II} - T_3} \right) dT_T \quad (2.29)$$

Кількість теплоти, що йде на зміну теплового стану кристалічної фази

$$dQ_3 = c_{кр} (m_{кр} - m'_{кр}) dT_T, \quad (2.30)$$

де $c_{кр}$ – середня теплоємність кристалічної фази в інтервалі температур від T_T до T_{II} (кДж/кг °К).

З врахуванням виразів (2.18) и (2.19) отримаємо

$$dQ_3 = c_{кр} m_0 \frac{T_{II} - T_T}{T_{II} - T_3} \left(1 - \frac{2}{T_{II} - T_3} \right) dT_T \quad (2.31)$$

Підставляючи вирази (2.27), (2.29) та (2.31) у рівняння (2.15), проінтегрувавши і перетворивши, маємо

$$Q_T = \frac{3c_{кр} \left(1 - \frac{2}{T_{II} - T_3} \right) (T_{II} - T_T) + 3c_p (T_{II} + T_T - 2T_3) + 0,113 \frac{T_{II}^2 + T_{II}T_T - 2T_T^2}{\rho_{кр} \mu V (T_{II} - T_3)^2}}{6(T_{II} - T_3)} \times m_0 (T_{II} - T_T) \quad (2.32)$$

Загальновідомо

$$Q_T = c_T m_0 (T_{II} - T_3) \quad (2.33)$$

Тоді теплоємність палива в інтервалі температур від T_3 до T_{II}

$$c_T = \frac{3c_{кр} \left(1 - \frac{2}{T_{II} - T_3} \right) (T_{II} - T_T) + 3c_p (T_{II} + T_T - 2T_3) + 0,113 \frac{T_{II}^2 + T_{II}T_T - 2T_T^2}{\rho_{кр} \mu V (T_{II} - T_3)^2}}{6(T_{II} - T_3)} \quad (2.34)$$

Швидкість палива $V_{пал}$ через нагріту вуглецеву тканину визначається з гідродинамічного розрахунку всмоктувальної лінії паливопідкачувального насоса при відомій витраті палива через останній.

2.3 Тепловий розрахунок підігрівника

2.3.1 Визначення кількості тепла, що передається охолоджуючій рідині

Передача тепла від вогняного факела до стінок котла підігрівника відбувається в основному за рахунок випромінювання і частково конвекції [7]. Тому, для визначення кількості тепла, що віддається в процесі горіння суміші палива і повітря у камері згорання до стінок сорочки охолодження використовується аналітична залежність радіаційного теплообміну

$$Q_{nm} = 3,472 \cdot 10^{-8} \cdot \varepsilon_m \left[(t_{meop} + 273)^2 \cdot (t_{nz} + 273)^2 - (t_{nm} + 273)^4 \right] \cdot F_{nm} \left[\frac{\text{ккал}}{\text{год}} \right], \quad (2.35)$$

де ε_m – ступінь поглинання променевої енергії стінками камери згорання та стінками сорочки охолодження;

t_{meop} – теоретична температура горіння (температура, яку б мали продукти горіння палива за відсутності теплопередачі від факела до стінок), °С;

t_{nz} – температура продуктів згорання на виході з котла, °С;

F_{nm} – площа поверхні теплообміну, м².

Теоретичну температуру горіння знаходять як частку від ділення повної теплоти, що може бути виділена паливом на сумарну середню теплоємність продуктів згорання:

$$t_{meop} = \frac{Q_p^H \cdot \eta_{кз} + Q_{фm} + \alpha_1 \cdot L_o \cdot (\mu \cdot C_p)_g \cdot t_g}{\beta \cdot L_o \cdot (\mu \cdot C_p)_{чн} + (\alpha_1 - 1) \cdot L_o \cdot (\mu \cdot C_p)_g} \text{ [}^\circ\text{С]}, \quad (2.36)$$

де Q_p^H - нижча робоча теплотвірна здатність палива, ккал/кг;

$\eta_{кз}$ – коефіцієнт повноти згорання палива;

$Q_{фm}$ – фізична теплотздатність палива, ккал/кг;

α_1 – теоретично необхідний коефіцієнт надлишку повітря;

L_o – теоретична кількість повітря, яка необхідна для згорання 1-го кг палива, кг·моль/кг;

$(\mu \cdot C_p)_g$ – середня мольна теплоємність повітря при постійному тиску, ккал/кг·моль·град;

t_g – температура відпрацьованих газів на виході з камери згоряння, °С;

β - коефіцієнт молекулярної зміни продуктів згоряння;

$(\mu \cdot C_p)_{ch}$ – середня мольна теплоємність чистих продуктів згоряння, ккал/кг·моль·град;

Фізична теплотдатність палива $Q_{\phi m}$ визначається з виразу

$$Q_{\phi m} = C_m \cdot t_m \text{ [ккал/кг]}, \quad (2.37)$$

де C_m – теплоємність рідкого палива (за [19] $C_m=0,5$ ккал/кг·град);

t_m – температура палива, °С (приймаємо $t_m=-15^\circ\text{C}$).

Температуру відпрацьованих газів t_{n2} на виході із котла визначаємо з рівняння теплового балансу

$$\begin{aligned} Q_p^H \cdot \eta_{к2} + Q_{\phi m} + \alpha_1 \cdot L_o \cdot (\mu \cdot C_p)_g \cdot t_g = \\ = \beta \cdot L_o \cdot (\mu \cdot C_p)_{ch} \cdot t_{n2} + (\alpha_1 - 1) \cdot L_o \cdot (\mu \cdot C_p)_g \cdot t_g + \frac{Q_{nm}}{B}, \end{aligned} \quad (2.38)$$

де $\frac{Q_{nm}}{B}$ - тепло, яке віддається полум'ям стінкам камери згоряння, ккал/м².

З рівняння (2.38) визначаємо t_{n2}

$$t_{n2} = \frac{Q_p^H \cdot \eta_{к2} + Q_{\phi m} + \alpha_1 \cdot L_o \cdot (\mu \cdot C_p)_g \cdot t_g - \frac{Q_{nm}}{B}}{\beta \cdot L_o \cdot (\mu \cdot C_p)_{ch} + (\alpha_1 - 1) \cdot L_o \cdot (\mu \cdot C_p)_g} \text{ [}^\circ\text{C]}. \quad (2.39)$$

За формулами (3.1) і (3.5) розраховуються значення Q_{nm} і t_{n2}

2.3.2 Визначення температури теплоносія

Теплова енергія, що передається від полум'я до стінок сорочки охолодження сприймається охолоджуючою рідиною, яка циркулює з блока до сорочки охолодження котла по замкнутому контуру. Тепло, яке утворюється під час згоряння палива Q_{nm} затрачається на нагрів стінок сорочки охолодження $Q_{к1}$ та охолоджуючої рідини $Q_{р1}$. Оскільки тепловий розрахунок здій-

снюється за умови усталеного теплового режиму, то справедливим є рівняння:

$$Q_{nm} = Q_{\kappa 1} + Q_{p1} \text{ [ккал/год]}. \quad (2.40)$$

Камера згоряння котла знаходиться в середині подвійної сорочки охолодження. Тому, з певним наближенням, можна вважати, що все тепло Q_{nm} , утворене у камері згоряння передається охолоджуючій рідині $Q_{\kappa 2}$, тобто є справедливою рівність

$$Q_{\kappa 2} = Q_{p1} \text{ [ккал/год]} \quad (2.41)$$

В цьому випадку все тепло що надходить до охолоджуючої рідини Q_{op} , визначається з виразу

$$Q_{op} = Q_{\kappa 1} + Q_{\kappa 2} = Q_{\kappa 1} + Q_{p1} = Q_{nm} \text{ [ккал/год]}. \quad (2.42)$$

В той же час, значення Q_{op} , можна визначити з виразу

$$Q_{op} = (\alpha - \alpha_1) \cdot L_o \cdot B \cdot (\mu \cdot C_p)_p \cdot (t_{op} - t_g) \text{ [ккал/год]}, \quad (2.43)$$

де $(\mu \cdot C_p)_p$ - мольна теплоємність охолоджуючої рідини за постійного тиску, ккал/кг·моль·град;

α - фізичний коефіцієнт надлишку повітря;

t_{op} - температура охолоджуючої рідини, °С.

На підстав рівнянь (2.41) – (2.43) значення температури до якої нагрівається охолоджуюча рідина становитиме

$$t_{op} = \frac{Q_{nm} + (\alpha - \alpha_1) \cdot L_o \cdot B \cdot (\mu \cdot C_p)_g \cdot t_g}{(\alpha - \alpha_1) \cdot L_o \cdot B \cdot (\mu \cdot C_p)_p} \text{ [°C]}. \quad (2.44)$$

2.3.3 Визначення параметрів котла

Визначення діаметру камери згоряння котла передпускового підігріву проводиться за формулою

$$d_{\kappa} = \sqrt{1,274 \cdot f_{ov} + (d_{nm} + 2 \cdot \delta)^2} \text{ [м]}, \quad (2.45)$$

де f_{ov} – січення кільцевого проміжку камери згоряння, м²;

δ - товщина стінок камери згоряння, м.

Для відомого діаметра камери згоряння визначаємо її внутрішню площу

$$F_k = \pi \cdot d_k \cdot l_{nt} \text{ [м}^2\text{]}, \quad (2.46)$$

де l_{nt} – довжина камери згоряння, м.

На підставі вихідних даних та вище викладеної методики (п.п. 2.3.1–2.3.3), а також програми [19], здійснено ітераційний розрахунок основних параметрів котла пристрою для передпускового підігріву двигуна автомобіля **автобуса Стрий Авто А075**. Результати подано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні параметри котла передпускового підігріву двигуна

Показник	Умовне позначення	Значення
Кількість теплоти, яка виділяється під час згоряння палива за 1-у год, ккал/год	Q_{nm}	49400
Температура горіння палива, °С	T_{ng}	1560
Температура охолоджуючої рідини, що пройшла через котел, °С	t_{op}	250
Діаметр камери згоряння, м	d_k	0,13
Площа камери згоряння, м ²	F_k	0,25
Номінальний тепловий потік, кВт	N_n	30
Витрата палива при номінальній продуктивності, кг/год	V_n	3,5
Температура відпрацьованих газів, °С	t_g	923
Час нагріву охолоджуючої рідини від –20°С до +60°С, хв	$Ч_n$	35

Порівняння параметрів роботи котла передпускового підігріву із внесеними конструктивними змінами та котла прототипу показує, що їх значення відрізняються незначно. Причому, запропонована конструкція, враховуючи менший об'єм охолоджуючої рідини, є більш продуктивною.

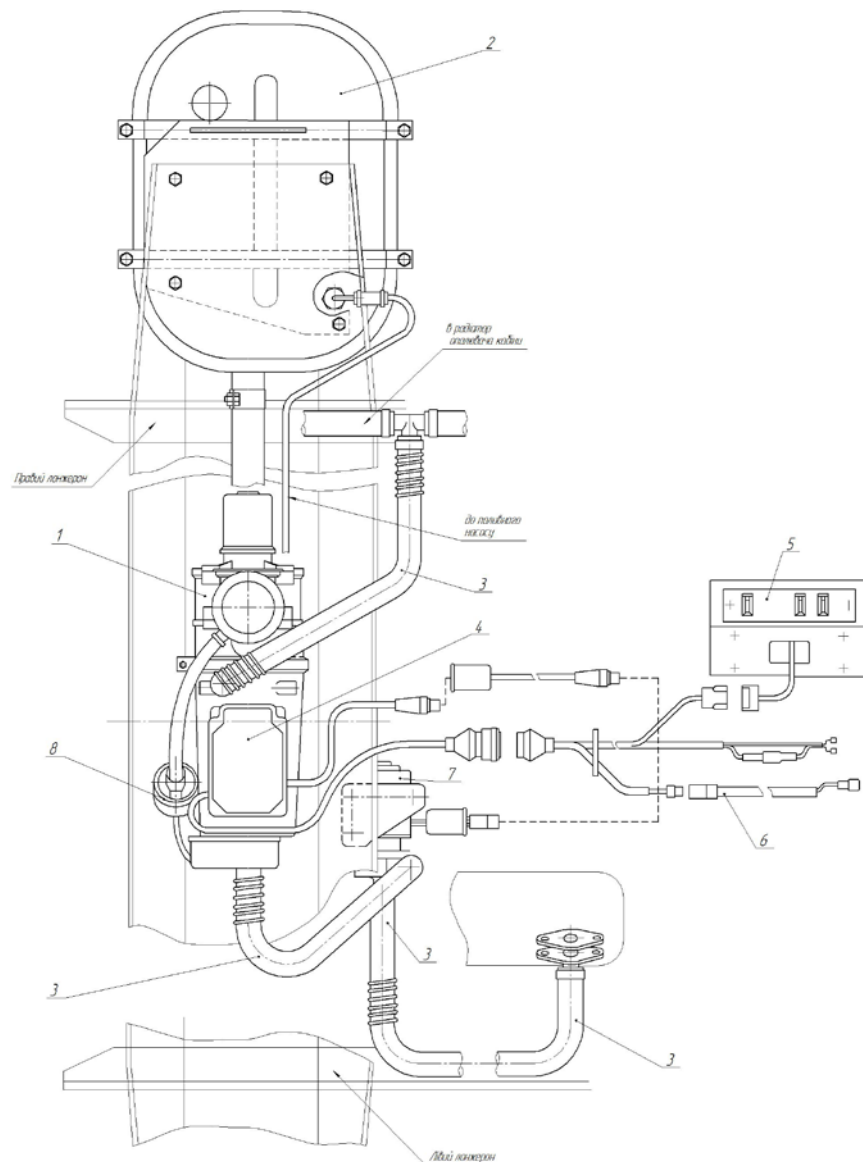
2.4 Висновки до розділу

Проведений термодинамічний розрахунок котла передпускового підігріву дозволив встановити основні його параметри під час підігріву двигуна автобуса **Стрий Авто А075**. Час розігріву охолоджуючої рідини – до 35 хв.

3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

3.1 Опис запропонованої конструктивної розробки

Підігрівник є автономним нагрівальним пристроєм (рисунок 3.1), який містить: нагрівник 1; паливний насос для подачі палива у камеру згоряння 8; циркуляційний насос 7 для примусового перекачування робочої рідини системи охолодження через теплообмінну систему нагрівника; блок управління 4; пульт управління 5.

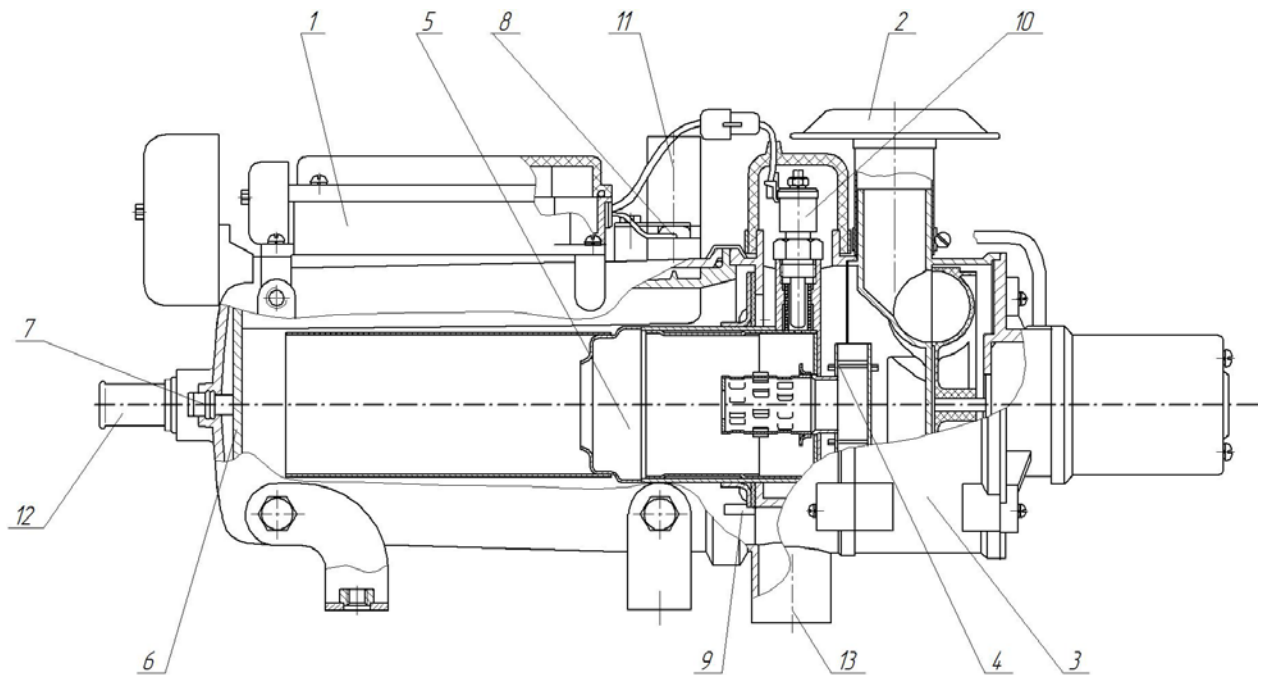


1 – нагрівник; 2 – бак паливний; 3 – трубопровід системи охолодження;
4 – блок управління; 5 – пульт управління; 6 – джгут проводів; 7 – циркуляційний насос; 8 – паливний насос

Рисунок 3.1 – Монтажна схема підігрівника

Модернізований підігрівник кріпиться на поперечині, що з'єднує лівий і правий лонжерони автомобіля.

Принцип роботи підігрівника (рисунок 3.2) полягає у розігріві рідини системи охолодження двигуна і примусовому перекачуванні її через теплообмінну систему нагрівника. Для розігріву рідини використовуються гази від згоряння паливної суміші в камері згоряння 5. Тепло через стінки теплообмінника 6 передається охолоджувальній рідині, яка циркулює у системі охолодження автомобіля.



1 – блок управління; 2 – повітрозбірник; 3 – нагнітач повітря; 4 – завихрювач; 5 – камера згоряння; 6 – теплообмінник; 7 – датчик перегріву; 8 – датчик температури; 9 – індикатор полум'я; 10 – свічка розжарювання; 12, 11 – вхідний та вихідний патрубки охолоджуючої рідини відповідно; 13 – вихідний патрубок розжарених газів

Рисунок 3.2 – Підігрівник

При включенні підігрівника здійснюється тестування і контроль працездатності елементів підігрівника: індикатора полум'я 9, датчиків температури 8 і перегріву 7, електродвигуна нагнітача повітря 3, свічки 10, паливного на-

соса. При справному стані починається процес розпалювання. Одночасно вмикається циркуляційний насос.

Підігрівник може працювати за однією з двох програм: “економічна” і “нормальна”. Економічна програма відрізняється меншою споживаною потужністю.

Згідно заданої програми проходить попереднє продування камери згоряння і розігрів до необхідної температури свічки розжарювання (свічка вмикається на 90 с). Потім за цією ж програмою розпочинається подача палива і повітря. У камері згоряння розпочинається процес горіння. Після утворення стабільного горіння проходить вимкнення свічки розжарювання. Контроль над горінням паливної суміші в камері згоряння здійснюється індикатором полум'я. Всіма процесами під час роботи підігрівника керує блок управління.

Блок управління здійснює контроль над температурою охолоджувальної рідини і залежно від її величини встановлює режим роботи підігрівника: “повний”, “середній”, “малий”. На режимі “повний” охолоджувальна рідина нагрівається до 70°C , а при нагріві вище 70°C переходить на режим “середній”. На режимі “середній” охолоджувальна рідина нагрівається до 75°C , а при нагріві вище 75°C підігрівник переходить на режим “малий”. На даному режимі рідина нагрівається до 80°C , а при нагріві вище 80°C переходить на режим “охолодження”, при цьому припиняється процес горіння, продовжується робота циркуляційного насосу і обігрів салону автомобіля. У випадку охолодження рідини нижче 55°C підігрівник автоматично вмикається знову на режим “повний”. Тривалість повного циклу складає 3 або 8 год. Крім того, є можливість вимкнути підігрівник у будь-який момент циклу.

Після вимкнення підігрівника вручну чи автоматично після відліку встановленого часу роботи, припиняється подача палива і проводиться продувка камери згоряння повітрям.

Технічна характеристика підігрівача представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика підігрівника

Характеристики і основні складові підігрівника	Значення параметра
Теплопродуктивність, кВт	15,5±1,5
Витрата палива на режимах, л/год: - повний - середній - малий	2,0 1,2 0,54
Номінальна напруга живлення, В	24
Вид палива	Дизельне паливо за ДСТУ 305 залежно від температури навколишнього середовища
Програма роботи	“нормальна” або “економічна”
Споживана потужність на режимах, кВт: - повний - середній - малий - в момент запуску	86 55 31 108
Режим запуску	ручний
Органи управління	Пульт управління
Тривалість роботи	3 год або 8 год

Блок управління (БУ) підігрівника забезпечує сумісно з пультом управління керування роботою підігрівника. БУ виконує наступні функції:

- а) початкову діагностику (перевірку справності) вузлів підігрівника під час запуску;
- б) діагностику вузлів підігрівника під час роботи;
- в) запуск і автоматичну роботу за програмами «нормальна» і «економічна» (перехід на різні режими залежно від температури охолоджувальної рідини двигуна);
- г) вимкнення підігрівника (після завершення циклу – 3 або 8 год; у випадку втрати працездатності одного з контрольованих об’єктів; у випадку

виходу параметрів за допустимі межі; у випадку переривання полум'я у камері згоряння).

Пульт управління призначений для застосування в складі підігрівника як пристрій, що забезпечує ручне управління підігрівником. Пульт призначений для запуску і зупинки підігрівника у ручному режимі; встановлення програм роботи «нормальна» або «економічна»; встановлення тривалості роботи підігрівника (3 або 8 год); управління вентилятором опалювача кабіни; представлення стану роботи підігрівника (працює, не працює).

На лицьовій панелі пульта розташовані: три клавішні перемикачі, світлодіод і ручка терморегулятора. Перемикачі призначені для виконання наступних команд: перемикач 1 служить для запуску і вимкнення підігрівника, перемикач 2 служить для встановлення програми роботи (нормальна або економічна); перемикач служить для встановлення тривалості роботи підігрівника на 3 або 8 год. Ручка терморегулятора служить для управління вентилятором опалювача кабіни. Світлодіод показує стан підігрівника.

Свічка розжарювання забезпечує запалювання паливної суміші під час запуску підігрівника. Споживаний струм повинен бути не більше 10А, при цьому електрод свічки розігрівається до яскраво-червоного кольору.

Датчик температури служить для контролю температури рідини, а датчик перегріву для контролю температури нагріву теплообмінника. Датчик температури робочої рідини і датчик перегріву ідентичні і представляють мікросхему, вмонтовану у металевий корпус. Технічні характеристики датчика перегріву (температури): вихідний сигнал – напруга; закон зміни вихідного сигналу – лінійний, величина сигналу посилюється з ростом температури; чутливість – 10 мВ/град; температурний діапазон – $-50\text{ }^{\circ}\text{C} \dots +150\text{ }^{\circ}\text{C}$; нелінійність – не більше $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Індикатор полум'я служить для визначення наявності полум'я в камері згоряння. Він представляє собою трубку з вмонтованою лампочкою з вольфрамової нитки. Індикатор розміщений в районі виходу відпрацьованих газів.

Нагнітач повітря подає повітря у камеру згоряння для забезпечення горіння на режимах «повний», «середній» і «малий». Зміна витрати повітря, що подається у камеру згоряння, проходить за рахунок зміни напруги струму, що подається до електродвигуна нагнітача. Нагнітач повітря проводить продувку камери згоряння перед початком і завершенням процесу горіння з метою охолодження камери згоряння, видалення вологи та залишків палива. На всмоктувальний патрубков для захисту від пилу встановлюється повітрязабірник з вмонтованим сітчастим фільтром.

Камера згоряння випарного типу призначена для створення і спалювання паливоповітряної суміші. Ознакою виходу з ладу камери згоряння є збільшення димності на виході з нагрівача.

Теплообмінник призначений для передачі тепла від розжареного газового потоку, що утворюється від згоряння паливоповітряної суміші, до охолоджуючої рідини, яка циркулює в рідинній сорочці нагрівача. Ознакою втрати теплообмінником теплопровідності є збільшення температури відпрацьованих газів з нагрівача вище 550 °С (нормальна від 420 до 500 °С).

Циркуляційний насос (помпа) забезпечує циркуляцію теплоносія в охолоджувальному контурі автомобіля і нагрівника.

Паливний насос призначений для дозованої подачі палива в камеру згоряння. Основні параметри паливного насосу: номінальна напруга живлення – 24 В; опір котушки – 18,6 Ом.

3.2 Результати дослідження температурного режиму системи охолодження двигуна

В експериментальній частині роботи для оцінки роботи підігрівника були проведені дослідження температурного режиму системи охолодження. Для цього проводились лабораторні випробування автомобіля у зимових умовах з метою встановлення динаміки температурного режиму системи охолодження за різної температури навколишнього повітря.

Для вивчення умов роботи вузлів системи охолодження автомобіля, за низьких температур навколишнього середовища були проведені зимові лабораторні випробування. Завдання випробувань полягали у визначенні динаміки теплового стану елементів системи охолодження, залежно від кліматичних факторів (рис.3.3).

Дослідження проводилися на автобусі **Стрий Авто А075**, за оточуючих температур атмосферного повітря в межах від 0°C до мінус 25°C . Система охолодження заправлялася низькозамерзаючою рідиною «Антифриз А-40», система мащення – оливою **М8В2**, система живлення – дизельним паливом "З" за **ДСТУ 3075:2003**.

Визначення температури охолоджуючої рідини в елементах системи під час експлуатації автомобіля здійснювалося двома способами:

- 1) термодатчиками;
- 2) використанням дистанційного термометра «ВС-89».

Методика досліджень включала такі режими та умови проведення випробувань:

- пуск двигуна здійснювався у неопалюваному боксі;
- дослідження проводилися як із попереднім прогріванням двигуна і без нього;
- у період випробувань замірялися: температура довкілля, охолоджуючої рідини двигуна, охолоджуючої рідини у передпусковому підігрівачі та швидкість вітру.

Для визначення температури охолоджуючої рідини використовувалися температурний датчик (рисунки 3.3) і дистанційний термометр (ВС-89). (рисунки 3.4).

Реєстрація температури охолоджуючої рідини у блоці фіксувалася через проміжки часу 2 хв.

T_1 – температура на вході в підігрівач, $^{\circ}\text{C}$ (температура блока двигуна);
 T_2 – температура ОР на виході з підігрівача, $^{\circ}\text{C}$; T_3 – температура моторної

оливи в картері двигуна, $^{\circ}\text{C}$; T4 – температура зовнішньої поверхні головки блока циліндрів, $^{\circ}\text{C}$.



Рисунок 3.3 – Температурний датчик



Рисунок 3.4 – Дистанційний термометр VC-89

Інтенсивність прогрівання двигуна автомобіля залежить від температури навколишнього середовища та від температури охолоджуючої рідини нагрітої у передпусковому підігрівачі. Розігрів двигуна ведемо від температури навколишнього середовища до вирівнювання температур у передпусковому підігрівачі. Температуру довкілля приймаємо **-12, -24, -26** $^{\circ}\text{C}$ для того, щоб були охоплені всі діапазони температур небезпечної зони експлуатації автомобільної техніки (рис. 3.5 – рис. 3.7).

Циркуляція рідини через підігрівач здійснювалася двома методами: примусово – за допомогою електричного насоса, та природна циркуляція.

У процесі роботи передпускового підігрівача здійснювався розігрів не тільки охолоджуючої рідини двигуна, а й моторної оливи, шляхом додаткового підведення вихлопних газів підігрівника до корпусу олійного картера.

За результатами експериментальних досліджень побудовано графіки розігріву охолоджуючої рідини двигуна передпусковим підігрівачем.

1) примусова подача рідини ($s=10$ л/хв)

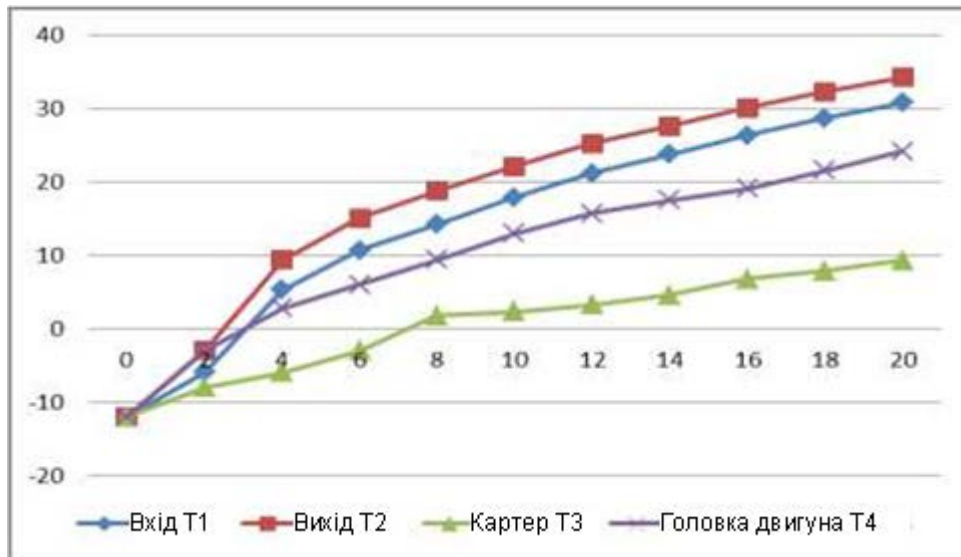


Рисунок 3.5 – Графік розігріву двигуна Д-245 з використанням передпускового підігрівача ($t=-12^{\circ}\text{C}$)

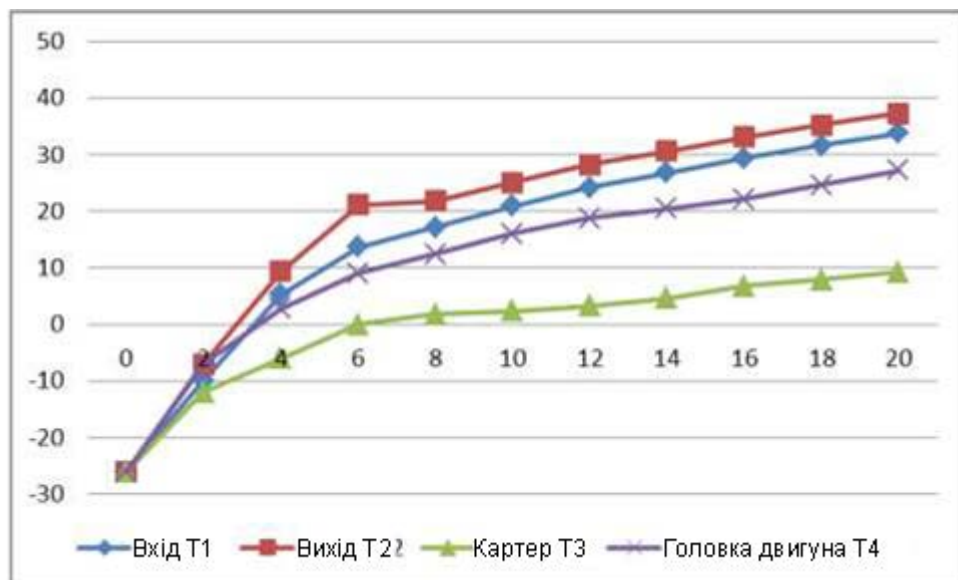


Рисунок 3.6 – Графік розігріву двигуна Д-245 з використанням передпускового підігрівача ($t=-26^{\circ}\text{C}$)

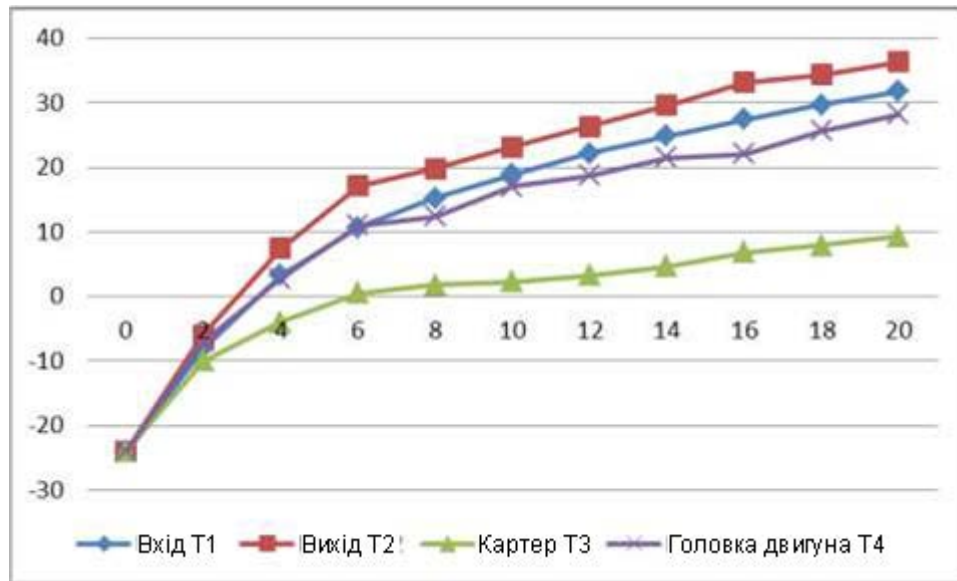


Рисунок 3.7 – Графік розігріву двигуна Д-245 з використанням передпускового підігрівача ($t=-24\text{ }^{\circ}\text{C}$)

За результатами випробувань було зроблено висновки щодо ефективності роботи розробленої конструкції передпускового підігрівача:

1. Запропонований автономний передпусковий пристрій дозволяє забезпечити ефективний розігрів охолоджуючої рідини та моторної оливи двигуна до необхідних позитивних температур, тим самим забезпечуючи впевнений запуск дизельного двигуна за умов негативних температур.

2. Примусова циркуляція охолоджуючої рідини в системі розігріву передпусковим підігрівачем, не позначається на ефективних показниках розігріву головки блоку циліндрів, у порівнянні з термосифонною циркуляцією. Середній темп нагрівання рідини в головці двигуна порівняно з запропонованими варіантами становив у середньому $1,5 - 2,0\text{ }^{\circ}\text{C/хв}$.

3. Швидкість розігріву моторної оливи в картері двигуна вихлопними газами підігрівника склала $1,0\text{ }^{\circ}\text{C/хв}$, що говорить про форсування темпу передпускового розігріву технічних рідин двигуна.

3.3 Висновки до розділу

1. Підвищення експлуатаційної ефективності використання автотранспортних засобів у холодну пору року можна досягнути шляхом використання пристроїв для передпускового розігріву їх двигунів.

2. Використання передпускового підігріву двигуна дозволяє зменшити спрацювання його деталей та підвищує моторесурс, зменшує витрату палива та затрати часу на підготовку автомобіля до роботи. Аналіз існуючих способів та засобів для передпускового підігріву двигунів дозволяє стверджувати, що найприйнятнішим за вказаних умов є індивідуальні підігрівники, які працюють на рідкому паливі. Під час їх використання забезпечується одночасно підігрів рідини системи охолодження двигуна та оливи у піддоні картера.

3. З метою ефективного використання передпускового підігрівника на автобусів його конструкцію внесено зміни. Зокрема запропоновано спосіб кріплення котла до лонжерона піврами через хомути і кронштейн, змінено спосіб підведення охолоджуючої рідини до котла (до зовнішньої і внутрішньої сорочок), замінено тип палива, яким живиться котел (з дизельного на бензин), вентилятор наддуву повітря розміщено безпосередньо в котлі.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Обґрунтування травмонебезпечних ситуацій під час виконання транспортних операцій

У зображеннях процесів формування, виникнення аварій та виробничих травм усі випадкові події (явища), що утворюють конкретну аварійну або травмонебезпечну ситуацію, пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. В них є початкові, проміжні та кінцеві події [12].

Якщо дослідження логічних зв'язків провести у зворотному напрямку, то обов'язково можна знайти ту подію (явище), що є причиною (однією 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 [12].

Вивчені, побудовані і систематизовані логічні моделі для окремих виробничих процесів, обладнання та інших об'єктів можна програмувати, а складений з них банк даних, може бути використаний для прогнозування виникнення аварій, травм, катастроф та інших небажаних явищ за допомогою ЕОМ.

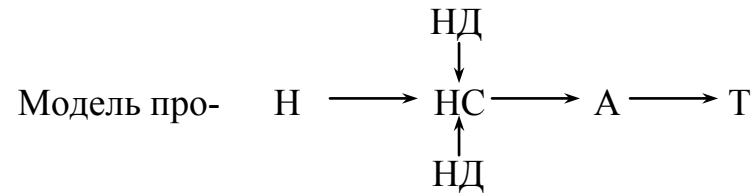
Логічні моделі можна застосовувати при прийнятті рішень про відповідальність осіб, винних у виникненні таких пригод, а також ступінь вини самого потерпілого.

У логічній моделі після кожного описання небезпечних умов (НУ), небезпечних дій (НД), небезпечних ситуацій (НС) та можливих наслідків наводиться і логічна модель процесу можливого виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків.

Аналіз процесів формування та виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час виконання операції транспортування цукрового буряка представлено у табл. 4.1.

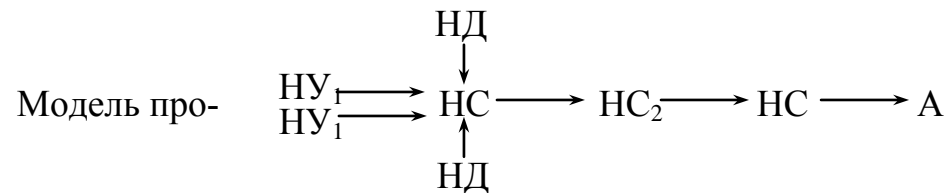
Таблиця 4.1 – Аналіз процесу формування та виникнення травмонебезпечних ситуацій під час виконання транспортних операцій

Вид робіт, технологічна операція, склад агрегату	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаці- ям
	небезпечна умова (НУ)	небезпечна дія (НД)	небезпечна ситуа- ція (НС)		
1	2	3	4	5	6
Транспортна робота.	1.1. Причіп експлуатується без гальм НУ	Перевищення швидкості руху автопоїзда РД ₁ Різкий поворот НД ₂	Перекидання автопоїзда НС	Аварія Травма	Організувати постійний контроль за транспортом перед його виходом у рейс Не допускати до роботи причепа без гальм



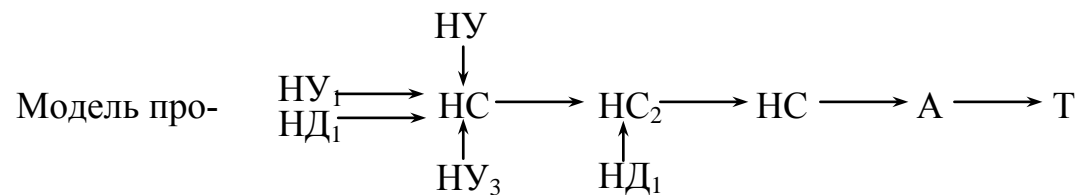
Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
	<p>1.2. Фаркоп автомобіля тягача не фіксується НУ₁</p> <p>Дорога, по якій рухається автопоїзд має ями та вибоїни НУ₂</p>	<p>Водій приєднав причіп до автомобіля, не зафіксувавши зів фаркопа НД₁</p> <p>Автопоїзд рухається з підвищеною швидкістю</p>	<p>Від вібрації фіксатор зіву піднявся вгору НС₁</p> <p>Причіп від'єднався від автомобіля і виїхав на смугу зустрічного руху НС₂</p> <p>Зіткнувся із зустрічним транспортом НС₃</p>	<p>Аварія</p> <p>Аварія</p>	<p>Усі транспортні засоби повинні бути обладнані дублюючим з'єднуючим пристроєм</p>



Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
	<p>1.3. На автомобілі, який апрацює у складі автопоїзда граничне спрацювання протекторів шин перевищує допустимі значення НУ₁</p> <p>На узбіччі дороги біля повороту глибокий кювет, заглиблення НУ₂</p> <p>Слизька дорога НУ₃</p>	<p>Водій не знизив швидкість перед поворотом НД₁ і різко повернув НД₂</p>	<p>Занос автопоїзда в кювет НС₁</p> <p>Сповзання його у кювет НС₂</p> <p>Перекидання автопоїзда НС₃</p>	<p>Аварія</p> <p>Травма</p>	<p>Не допускати до роботи автомобілі у яких граничне спрацювання протекторів шин перевищує граничне значення</p> <p>Ями біля поворотів мають бути засипані, а дорога повинна мати бурдюри</p>



Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
	<p>1.4. На автопоїзді, що вийшов у рейс, несправні показчики поворотів НУ₁</p> <p>Причеп завантажений так, що водію не видно дороги за причепом НУ₂</p> <p>На дорозі ями, розкидане каміння НУ₃</p>	<p>Об'їжджаючи дорожні перешкоди, водій різко повернув на зустрічну смугу руху НД</p>	<p>Транспорт, що рухався за автопоїздом зіткнувся (наїхав) на причеп НС</p>	<p>Аварія</p>	<p>Не допускається робота транспортних засобів без справної сигналізації поворотів і «Стопів»</p>
<p style="text-align: center;"> Модель про- $\begin{array}{c} \text{НУ} \longrightarrow \text{НД} \\ \text{НУ}_1 \longrightarrow \text{НС} \longleftarrow \text{НД} \\ \text{НУ}_2 \longrightarrow \text{НС} \longrightarrow \text{А} \end{array}$ </p>					

4.2 Розрахунок штучного освітлення дільниці технологічної лінії щоденного обслуговування автомобілів

Розрахунок освітлення здійснюється за методом коефіцієнта використання, необхідного для досягнення заданої освітленості з врахуванням світла, відбитого стінами та вікнами.

Сумарний світловий потік визначається за заданою освітленістю згідно формули:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n S k z}{\eta}, \quad (4.1)$$

де E_n – нормативна освітленість, лк; S – площа приміщення, м²; k – коефіцієнт запасу ($k=2$); z – відношення середньої освітленості до мінімальної ($z=1,1$); η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Показник приміщення становить:

$$i = \frac{a b}{H(a + b)}, \quad (4.2)$$

де a , b – довжина і ширина приміщення, м; H – висота, на якій підвішується світильник над робочою поверхнею ($H=8$ м).

Для дільниці щоденного технічного обслуговування автомобілів ($a=22$ м, $b=12$ м):

$$i = \frac{22 \cdot 12}{8(22 + 12)} = 0,97.$$

Вибираються світильники типу ОД, для яких коефіцієнт використання світлового потоку $\eta=0,58$. Нормована освітленість для виконання робіт високої точності $E_n=500$ лк і тому сумарний світловий потік повинен становити:

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{500 \cdot 22 \cdot 12 \cdot 2 \cdot 1,1}{0,58} = 500689,7 \text{ лм.}$$

Необхідна кількість ламп становить

$$n_{л} = \frac{\Phi_{\Sigma}}{\Phi_{л}}, \quad (4.3)$$

де $\Phi_{л}$ – світловий потік однієї лампи, лм.

Для лампи ЛБ120, потужністю 120 Вт, $\Phi_{л}=8500$ лм, звідки:

$$n_{л} = \frac{500689,7}{8500} \approx 59 \text{ ламп}$$

Оскільки в одному світильнику знаходиться дві лампи, то у приміщенні слід розмістити тридцять світильників.

4.3 Техніка безпеки під час використання передпускового підігрівника

Під час використання передпускового підігрівника необхідно дотримуватися заходів безпеки. Забороняється встановлення підігрівника на спеціальні транспортні засоби, які призначені для перевезення небезпечних вантажів. Під час монтажу обладнання забороняється прокладати паливопроводи всередині салону або кабіни автомобіля. Автомобіль, обладнаний підігрівником, повинен мати вогнегасник [11].

Підігрівник забороняється використовувати у тих місцях, де можуть утворюватися легкозапальні пари і гази або велика кількість пилу. Забороняється експлуатувати підігрівник у закритих непровітрюваних приміщеннях. Під час заправлення автомобіля паливом, підігрівник повинен бути вимкнений. Під час проведення електрозварювальних робіт на автомобілі або ремонтних робіт на підігрівнику необхідно відімкнути його від акумуляторної батареї. Забороняється експлуатація підігрівника з замерзлою охолоджувальною рідиною.

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

Забороняється відключення електроживлення підігрівника до завершення циклу продувки. Живлення підігрівника електричною енергією повинно здійснюватись від акумуляторної батареї незалежно від маси автомобіля. Після виключення підігрівника повторне його ввімкнення повинно бути не раніше, ніж через 5-10 секунд.

4.4 Висновки до розділу

1. Використання засобів полегшення запуску автотракторних двигунів за низьких температур повинно здійснюватися з дотриманням вимог охорони праці та пожежної безпеки стосовно їхнього розташування та обладнання. Підвищені вимоги безпеки стосуються паливних баків.

2. Під час експлуатації передпускового підігрівника повинні дотримуватися підвищені вимоги до персоналу, що його обслуговує. Персонал повинен бути проінформований про основні правила пожежної безпеки під час здійснення операцій з нафтопродуктами.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Удосконалений автомобіль, обладнаний передпусковим підігрівником, порівняно із серійним, має кращі техніко-економічні показники, які досягаються за рахунок зменшення спрацювання деталей двигуна та підвищення його ресурсу, зменшення витрати палива та непродуктивних затрат часу на підготовку до роботи, збільшення річного пробігу.

Економічна ефективність удосконаленого автомобіля визначається в порівнянні із серійним. Ціна на транспортний засіб, паливно-мастильні матеріали, с.-г. продукцію, а також нормативи на заробітну плату відповідають реальним умовам експлуатації удосконаленого автомобіля. Економічна оцінка здійснюється за методикою оцінки спеціалізованої техніки, яка розроблена на кафедрах тракторів та автомобілів та сільськогосподарських машин Львівського державного аграрного університету.

5.1. Методика визначення економічних показників автомобіля

Зведені затрати Π на одиницю напрацювання визначаються:

$$\Pi = I + K \cdot E, \quad (5.1)$$

де I, K – прямі експлуатаційні затрати і капітальні вкладення на одиницю напрацювання, грн./т·км;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Прямі експлуатаційні затрати дорівнюють:

$$I = Z + \Gamma + P + A + Z_3, \quad (5.2)$$

де у праву частину рівняння входять затрати (грн./т·км) відповідно на:

Z – оплату праці обслуговуючого персоналу;

Γ – паливно-мастильні матеріали;

P – технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт;

A – реновацію;

Z_3 – зберігання.

Затрати на оплату праці (грн./т·км) водія становлять:

$$Z = \frac{L_B \tau_B k_D}{W_{3M}}, \quad (5.3)$$

де W_{3M} – продуктивність автомобіля за годину змінного часу, т·км/год;

L_B – чисельність виробничого персоналу, чол;

τ_B – годинна тарифна ставка оплати праці виробничого персоналу, грн./люд.-год;

k_D – коефіцієнт, що враховує доплати за класність та стаж роботи, кваліфікацію.

Затрати на паливно-мастильні матеріали (грн./т·км) визначаються

$$G = qC, \quad (5.4)$$

де q – витрата паливно-мастильних матеріалів, кг/т·км;

C – комплексна ціна 1 кг даних матеріалів, грн./кг.

Затрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт (грн./ткм) за нормативами відрахувань

$$P = \frac{B(r_T + r_K)}{W_{3M} T_P}, \quad (5.5)$$

де B – балансова вартість автомобіля, грн.;

r_m, r_k – коефіцієнти відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування, капітальний ремонт;

T_P – річне завантаження автомобіля, год.

Затрати на реновацію (грн./т·км) визначаються за формулою:

$$A = \frac{B a}{W_{3M} T_P}, \quad (5.6)$$

де a – коефіцієнт відрахувань на реновацію.

Затрати на зберігання (грн./т·км) визначаються наступним чином

$$Z_3 = 0,065 \cdot P. \quad (5.7)$$

Капітальні вкладення K на т·км становлять:

$$K = \frac{B}{W_{3M} T_p}. \quad (5.8)$$

Затрати праці Z_n (люд.-год/т·км) становлять

$$Z_n = \frac{L_B}{W_{3M}}. \quad (5.9)$$

Річне напрацювання трактора (год) визначається

$$B_3 = W_{3M} T_p. \quad (5.10)$$

Річний економічний ефект (грн.) від експлуатації удосконаленого автомобіля

$$E_p = (P_{\sigma} - P_3) B_3, \quad (5.11)$$

де P_{σ} , P_3 – зведені затрати для зразків транспортних засобів, грн./т·км.

Річна економія праці Z_p (люд.-год) визначається:

$$Z_p = (Z_{n\sigma} - Z_{n3}) B_3, \quad (5.12)$$

де $Z_{n\sigma}$, Z_{n3} – затрати праці для базового і нового автомобілів, люд.-год/т·км.

Ступінь зміни затрат C (%) становить:

$$C = \frac{(Z_{p\sigma} - Z_{p3}) \cdot 100}{Z_{p\sigma}}, \quad (5.13)$$

де $Z_{p\sigma}$, Z_{p3} – річні затрати (затрати праці, прямі експлуатаційні затрати та зведені затрати, капітальні вкладення) відповідно для базового і розробленого зразків техніки, люд.-год.

5.2 Розрахунок економічної ефективності використання удосконаленого автомобіля

На основі експлуатаційних показників роботи базового і удосконаленого автомобілів, нормативно-довідкових матеріалів, цін на технічні засоби і пали-

вно-мастильні матеріали заповнюється таблиця вихідних даних (табл. 5.1), де враховані тільки показники, що впливають на економічну ефективність.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності використання автомобіля Стрий Авто А075

Показники	Позначення	Серійний автомобіль	Удосконалений автомобіль
Продуктивність за годину змінного часу, т·км/год	$W_{зм}$	52,2	52,2
Балансова вартість, тис. грн.	B	1960,0	1965,1
Річне завантаження, год	T_p	1900	1950
Чисельність виробничого персоналу, чол	L_g	1	1
Годинні тарифні ставки персоналу, грн./люд.-год	τ_g	17,35	17,35
Коефіцієнт, що враховує доплати персоналу	k_d	1,1	1,1
Коефіцієнт відрахувань на реновацію	a	0,14	0,14
Коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт, технічне обслуговування та відновлення шин	r_m	0,16	0,16
Коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт	r_k	0,06	0,06
Витрата паливно-мастильних матеріалів, кг/т·км	Γ	0,029	0,027
Ціна палива з врахуванням вартості мастильних матеріалів, грн./кг	\mathcal{C}	53	53
Нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень	E	0,15	0,15

Показники економічної ефективності від використання на модернізованому автомобілі передпускового підігрівника дано табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Показники економічної ефективності від використання автомобіля Стрий Авто А075

Показник	Автомобіль	
	серійний	удосконалений
Річне напрацювання, т·км	99180	104400
Прямі затрати (грн./т·км) на:		
– оплату праці	0,37	0,37
– паливно-мастильні матеріали	1,54	1,43
– технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт, відновлення шин	4,35	4,14
– реновацію	2,77	2,64
– зберігання	0,28	0,27
всього прямих затрат	9,3	8,84
Капітальні вкладення, грн./т·км	19,76	18,82
Зведені затрати, грн./т·км	12,26	11,67
Річний економічний ефект, грн.	–	62478
Затрати праці, люд.-год/т·км	0,019	0,019
Ступінь зміни (%):		
– затрат праці		0
– прямих затрат	–	4,92
– зведених затрат	–	4,88
– капіталовкладень	–	4,75

Аналіз економічної ефективності проводився з використанням ПЕОМ, згідно розробленої програми. Отримані результати розрахунку (табл. 6.2) свідчать про доцільність використання удосконаленого автомобіля. При цьому порівняно із серійним прямі затрати зменшуються на 4,92%, а зведені – на 4,88%. Річний економічний ефект від використання удосконаленого автомобіля становить 62478 грн.

5.3 Висновки до розділу

1. Використання удосконаленого автомобіля практично значиме, його річне напрацювання досягає 104400 т·км, що 5,2% більше, ніж у серійного.

2. Конструктивна розробка дозволить перш за все за рахунок збільшення напрацювання, зумовленого зменшенням спрацювання деталей двигуна та покращення за таких умов паливної економічності, зменшити прямі затрати порівняно з серійним автомобілем на 4,92%, а зведені – на 4,88%.

3. Річний економічний ефект від використання удосконаленого автомобіля становитиме 62478 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Практично 70% складу тракторного і автомобільного парку більшості господарств аграрного профілю відпрацювало амортизаційний термін, постійно перебуває в ремонті та потребує заміни. Коефіцієнт технічної готовності автопарку змінюється в межах 0,35–0,58; коефіцієнт корисного пробігу 0,49–0,58.

2. Значна частина сільськогосподарських робіт виконується у весняно-осінній період, для якого характерні температури навколишнього середовища менші -5°C . До таких робіт належать транспортування кормів на тваринницькі ферми, вивезення органічних добрив, проведення меліоративних робіт, перевезення тваринницької продукції і інших сільськогосподарських вантажів, в тому числі перевезення людей. Такий температурний режим є несприятливий для запуску та ефективної роботи автомобільних двигунів.

3. Використання передпускового підігріву двигуна дозволяє зменшити спрацювання його деталей та підвищує моторесурс, зменшує витрату палива та затрати часу на підготовку автомобіля до роботи. Аналіз існуючих способів та засобів для передпускового підігріву двигунів дозволяє стверджувати, що найприйнятнішим за вказаних умов є індивідуальні підігрівники, які працюють на рідкому паливі. З метою ефективного використання передпускового підігрівника на автомобілі Стрий Авто А075 в його конструкцію внесено зміни. Він містить: нагрівник; паливний насос для подачі палива у камеру згоряння; циркуляційний насос для примусового перекачування робочої рідини системи охолодження через теплообмінну систему нагрівника; блок управління; пульт управління.

4. Розроблено заходи, спрямовані на підвищення екологічності виробництва та поліпшення умов праці, а саме санітарно-гігієнічних умов і забезпечення засобами індивідуального захисту.

5. Використання удосконаленого автомобіля дозволить при річному напруженні 104400 т·км отримати річний економічний ефект 62478 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни. Київ: Арістей, 2004. 476 с.
2. Адров Д.С., Грицук І.В., Прилепський Ю.В., Дорошко В.І. Тепловий акумулятор як засіб підвищення ефективності пуску стаціонарного двигуна в умовах низьких температур. *Збірник наукових праць ДонІЗТ*. ДонІЗТ: Донецьк, 2011. №27. С. 117 – 125.
3. Александров В.Д. Теплові акумулятори фазового переходу для транспортних засобів: параметри робочих процесів: монографія Донецьк: «Ноу-лідж», 2014. 230 с.
4. Аппазов Е. С., Ключев О. І., Русанов С. А. Моделювання гідродинамічних та теплових процесів при передпусковій підготовці автомобільних двигунів. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2014. № 1. С. 132–137.
5. Буляндра О.Ф. Технічна термодинаміка: підручник. Київ: Техніка, 2006. 320 с.
6. Волков В.П., Грицук І.В., Гутаревич Ю.Ф., Александров В.Д. Системи прогріву двигунів внутрішнього згорання: основи функціонування. Харків: ЛАНДОН-XXI, 2015. 314 с.
7. Гільчук А. В., Халатов А. А., Доник Т. В. Теорія теплопровідності: підручник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 131 с.
8. Горпинко Ю.І. Фізичні переваги і основи технологій підвищення температурного натиску теплопередачі. *Двигуни внутрішнього згорання*. 2006. №1 С. 105–110.
9. Іванух Р.А. Охорона і раціональне використання природно-ресурсного потенціалу сільського господарства. Київ: Урожай, 1985. 286 с.
10. Карпенко П.П. Техніка безпеки на автомобільному транспорті. Київ: Вища школа, 1982. 280 с.
11. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигиринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: підруч. Київ: Вища шк., 1994. (У 3-х

кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. 342 с; Кн. 2: Організація, планування і управління. 383 с; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. 599 с.

12. Лехман С.Д. та ін. Довідник з охорони праці в сільському господарстві (запитання і відповіді). Київ: Урожай, 1990. 400 с.

13. Лук'янченко О.Ю., Лук'янченко Ю.О. Системний аналіз факторів впливу на успіх пуску двигунів внутрішнього згорання в умовах низьких температур. Новітні шляхи створення, експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів. Миколаїв: ТОВ «МІПРО», 2018. С.38 – 40.

14. Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобілів. Львів: Львівська політехніка, 2004. 168 с.

15. Морозов В.П., Хитров А.В. Вплив режимів пуску та прогрівання на роботу дизелів. *Світлотехніка та теплоенергетика*. 2011. №4. С. 72–74.

16. Нємий С.В. Особливості розрахунку температурного стану салону автобуса. *Вісник ЛДУБЖД*. ЛДУБЖД, 2020. №22. С. 78–84.

17. Пиндус Ю.І., Заверуха Р.Р. Електричне та електронне обладнання автомобілів: навч. посіб. (част. II). Тернопіль: ТНТУ, 2016. 163 с.

18. Приходько М.А., Герасимов Г.Г. Термодинаміка та термопередача. Рівне. 2008. 250 с.

19. Сітовський О.П. Визначення параметрів руху автомобіля в міських умовах залежно від пори року. *Вісник СевНТУ. Сер.: Машиноприладобудування та транспорт*. 2013. Вип. 142. С. 155–157.

20. Сітовський О.П., Деркач В.Л. Визначення впливу передпускового підігріву на характеристику роботи двигуна з підвищеними обертами холостого ходу. *Наукові нотатки*. ЛНТУ, 2014. Вип. 44. С. 282–285.

21. Сітовський О.Ф. Дослідження паливної економічності автомобіля при пуску холодного двигуна і його прогріві під час руху автомобіля. *Наукові нотатки*. ЛНТУ, 2011. Вип. 35. С. 166–170.

22. Шипунов М.В. Аналіз способів запуску автомобільних дизельних двигунів внутрішнього згорання в умовах низьких температур. *Зб. наук. праць (галузеве машинобудування, будівництво)* Полтава : ПолтНТУ, 2013. Вип. 1 (36). т. 2. С. 156–165.