МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«___»_____ 2026 р.
Зав. кафедри _д.т.н., професор___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ __Володимир ДІДУР___
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення технічного обслуговування трактора МТЗ-892 з розробкою пристрою для діагностування системи охолодження»

Виконав: студент _4 курсу, групи 42-ім
освітньої програми___бакалавр_____
спеціальності _208 «Агроінженерія»_
__Афанащенко Дмитро Павлович_____
(прізвище та ініціали)
Керівник професор Дідур В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії
Освітня програма «Бакалавр»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
_____ Володимир ДІДУР
«___» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Афанащенку Дмитру Павловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Удосконалення технічного обслуговування трактора МТЗ-892 з розробкою пристрою для діагностування системи охолодження»

керівник проекту Дідур Володимир Володимирович, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
" 01 " травня 2026 р. № 01-06/129

2. Строк подання студентом проекту 18.05.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту: несправності системи охолодження двигуна; основні несправності термостата

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз стану досліджуваного питання; експериментальні дослідження; питання охорони праці; техніко-економічне обґрунтування проекту.

5. Ілюстративний матеріал: підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: мета і завдання дослідження; аналіз конструкції машин-аналогів; напрями удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту трактора МТЗ-892; будова та принцип роботи термостату; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 26 вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	При-мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	15.10.2025 .	
2.	Розділ 1. Характеристика гільз циліндрів	19.11.2025 .	
3.	Розділ 2. Конструкційно-технологічна частина	18.12.2025 .	
4.	Розділ 3. Охорона праці	12.02.2026 .	
5.	Розділ 4. Техніко-економічна частина	09.03.2026 .	
6.	Виконання ілюстративної частини проекту	15.04.2026 .	
7.	Представлення проекту керівнику на перевірку	18.05.2026 .	

Студент _____ Афанащенко Д.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Дідур В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ 5
1.1 Роль системи охолодження в роботі ДВЗ 5
1.2 Несправності системи охолодження двигуна 9
1.3 Основні несправності термостата 13
2. КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 16
2.1 Обґрунтування комплектування технологічного обладнання 16
2.2 Вибір експлуатаційно-технологічних параметрів обладнання 17
2.3 Аналіз конструкції машин-аналогів 19
2.4 Обґрунтування конструкції вузла 20
2.5 Розрахунок параметрів робочого органу 21
2.6 Розробка робочого органу та деталей 25
3 ОХОРОНА ПРАЦІ 28
3.1 Моделювання небезпечних ситуацій 28
3.2 Вимоги до техніки безпеки при експлуатації технологічного обладнання 29
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 32
4.1 Розрахунок техніко-економічних показників обладнання 32
4.2 Рохрахунок економічної доцільності 33
ВИСНОВОК 37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 39

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ

1.1 Роль системи охолодження в роботі ДВЗ

Для забезпечення надійної, економічної та довговічної роботи двигуна внутрішнього згоряння важливо підтримувати його стабільний тепловий режим. Надмірне підвищення температури негативно позначається на ефективності двигуна, оскільки збільшуються втрати на тертя, погіршується наповнення циліндрів свіжою паливно-повітряною сумішшю та знижується загальна працездатність силового агрегата. Крім того, за високих температур моторна олива розріджується, втрачає необхідні мастильні властивості, що спричиняє погіршення умов змащування, інтенсивніше спрацювання деталей і зміну їхніх фізико-механічних характеристик.

Водночас робота двигуна за пониженої температури також є небажаною. Переохолодження призводить до зменшення потужності, збільшення витрати пального та погіршення процесів сумішоутворення і згоряння. За таких умов моторна олива має підвищену в’язкість, через що зростають енергетичні втрати на подолання опору тертя у рухомих з’єднаннях і механізмах двигуна.

Призначення системи охолодження. Основне завдання системи охолодження полягає у своєчасному відведенні надлишкової теплоти, яка утворюється під час згоряння пального в циліндрах двигуна. У процесі роботи силового агрегата виділяється значна кількість теплової енергії, і її необхідно ефективно відводити від нагрітих деталей, щоб не допустити перегріву, деформацій, порушення умов змащення та пошкодження основних елементів двигуна.

Підтримання оптимального температурного режиму. Система охолодження двигуна внутрішнього згоряння належить до найважливіших систем, від технічного стану якої залежать стабільність температурного режиму, паливна економічність, ресурс і безпека експлуатації силової установки. Під час згоряння пального лише певна частина отриманої теплової енергії перетворюється на корисну механічну роботу. Решта теплоти відводиться через стінки циліндрів, головку блока, поршні, випускні гази та елементи системи охолодження [1, 2, 5]. Якщо тепловідведення є недостатнім, температура деталей двигуна підвищується, погіршується якість мащення, зменшується в’язкість оливи, збільшуються теплові деформації та виникає небезпека заклинювання рухомих деталей.

Для тракторів типу МТЗ-892, які експлуатуються в умовах змінного навантаження, підтримання сталої температури охолоджувальної рідини має особливо велике значення.

Під час виконання оранки, культивації, транспортних робіт або роботи з навісним обладнанням двигун часто працює з підвищеним навантаженням, що супроводжується інтенсивним виділенням теплоти. Саме тому система охолодження повинна не лише ефективно відводити надлишкову теплову енергію, а й забезпечувати швидкий прогрів двигуна до робочої температури після запуску [3, 4].

Для дизельних двигунів Д-245, що встановлюються на тракторах сімейства МТЗ, оптимальний температурний режим зазвичай становить приблизно 85–95 °С. У цьому температурному інтервалі створюються найсприятливіші умови для повного згоряння пального, підтримується необхідна в'язкість моторної оливи, зменшуються механічні втрати та забезпечується стабільна робота деталей циліндро-поршневої групи [3, 5]. Вихід температури за межі оптимального діапазону погіршує ресурсні показники двигуна. Перегрів може спричинити прискорене старіння оливи, деформацію деталей, пошкодження прокладки головки блока циліндрів і зниження надійності агрегата. Переохолодження, своєю чергою, призводить до неповного згоряння пального, підвищеної витрати палива, утворення нагару та відкладень у камері згоряння.

Важливу роль у забезпеченні необхідного теплового режиму виконує термостат. У системі охолодження він працює як автоматичний регулятор циркуляції охолоджувальної рідини. До моменту досягнення заданої температури термостат обмежує проходження рідини через радіатор, завдяки чому двигун швидше прогрівається після запуску. Коли температура охолоджувальної рідини досягає рівня початку відкривання клапана, термостат поступово відкриває прохід до радіатора, забезпечуючи інтенсивніше відведення теплоти [3, 6]. Отже, справний термостат підтримує раціональне співвідношення між нагріванням і охолодженням двигуна, що позитивно впливає на його економічність, довговічність і стабільність роботи.

Тепловий баланс системи охолодження можна подати у спрощеному вигляді за формулою 1.1.

Де $Q_{\text{дв}}$ – загальна теплота, що виділяється під час згоряння пального, Дж;

$Q_{\text{кор}}$ – теплота, перетворена на корисну механічну роботу, Дж;

$Q_{\text{ох}}$ – теплота, відведена системою охолодження, Дж;

$Q_{\text{вг}}$ – теплота, винесена з відпрацьованими газами, Дж;

$Q_{\text{вт}}$ – інші теплові втрати, Дж.

Кількість теплоти, яку має відвести охолоджувальна рідина, визначається за формулою 1.2.

Де Q – кількість теплоти, Дж;

m – маса охолоджувальної рідини, кг;

c – питома теплоємність рідини, Дж/(кг·°С);

ΔT – різниця температур, °С.

Для води питома теплоємність становить приблизно 4180 Дж/(кг·°С), а густина за нормальних умов близька до 1000 кг/м^3 [18]. Для антифризів ці значення дещо відрізняються залежно від концентрації етиленгліколю, тому під час точних розрахунків необхідно враховувати фактичні властивості застосованої охолоджувальної рідини [19].

Зменшення зносу.

Раціональне охолодження сприяє зниженню інтенсивності зносу рухомих деталей і подовженню строку служби двигуна. Контрольована температура дозволяє уникнути перегріву, який може викликати прискорене руйнування поверхонь тертя та передчасні відмови окремих елементів.

Зниження шкідливих викидів.

Ефективна робота системи охолодження сприяє зменшенню утворення токсичних компонентів відпрацьованих газів, зокрема оксидів азоту. Це досягається завдяки стабільному тепловому режиму, за якого забезпечується більш повне й оптимальне згоряння пального.

Підвищення економічності та потужності.

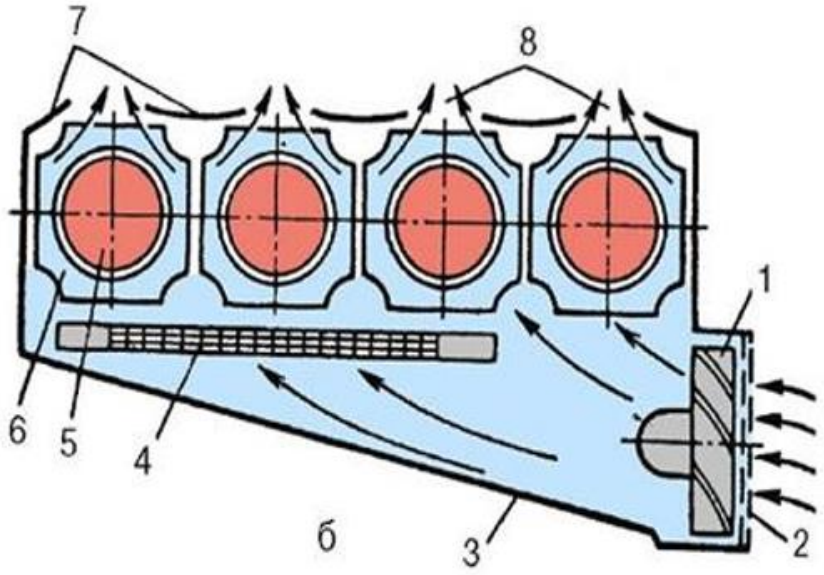
Підтримуючи температуру двигуна на оптимальному рівні, система охолодження допомагає збільшити його потужність і знизити питому витрату пального, що позитивно впливає на загальну ефективність роботи силової установки.

Для формування сталого теплового режиму використовують різні способи охолодження. Основне завдання будь-якої системи охолодження полягає у відведенні тепла, що утворюється в процесі роботи двигуна, в навколишнє середовище. Як теплоносій можуть застосовуватися як рідина, так і повітря.

Повітряна система охолодження ДВЗ.

У повітряній системі охолодження двигуна трактора (рис. 1.1) відведення тепла від деталей здійснюється безпосередньо в атмосферу за допомогою радіатора та вентилятора.

Такий спосіб широко застосовується в малопотужних тракторах і різних машинних установках, де ефективне охолодження можливе без використання рідинного теплоносія.

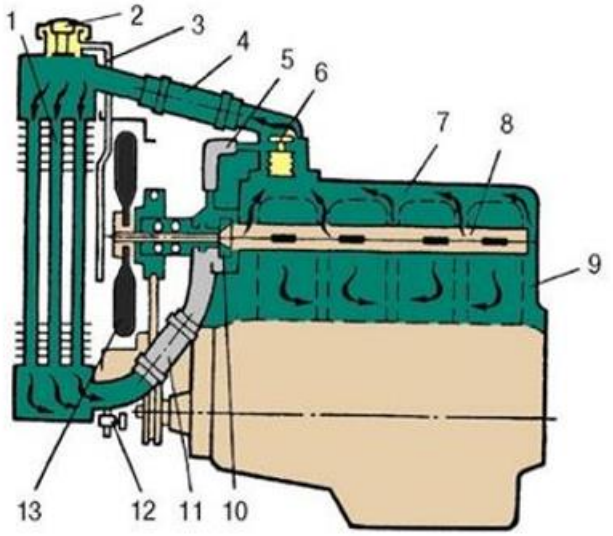


1 – вентилятор; 2 – захисна сітка; 3 – кожух; 4 – масляний радіатор; 5 – циліндр; 6 – ребра циліндра; 7 – щитки-дефлектори; 8 – вікна

Рисунок 1.1 – Схема системи повітряного охолодження

Повітряна система охолодження двигуна трактора ґрунтується на відведенні тепла від його деталей за рахунок потоку повітря, що проходить через радіатор. Під час роботи трактора вентилятор створює примусову циркуляцію повітря, протягуючи його крізь радіатор, у якому відбувається теплообмін та охолодження нагрітих елементів. Підігріте повітря виводиться в навколишнє середовище, а охолоджене спрямовується назад до двигуна. Така система відзначається простотою конструкції, надійністю в експлуатації та достатньою ефективністю для багатьох типів тракторів, особливо тих, що працюють на відкритій місцевості або в умовах доброї вентиляції.

Система рідинного охолодження двигуна (рис. 1.2). У рідинній системі охолодження тепло від двигуна відводиться за допомогою теплоносія, що безперервно циркулює по замкненому контуру. Як охолоджувальна рідина застосовується вода або антифриз. Проходячи крізь сорочку охолодження двигуна, рідина нагрівається, після чого надходить до радіатора, де віддає надлишкове тепло навколишньому повітрю. Охолоджена рідина знову повертається до двигуна для повторного циклу тепловідведення. Така система забезпечує стабільний тепловий режим роботи двигуна і є ефективною за різних умов експлуатації.



1 – радіатор ; 2 – пароповітряний клапан; 3 – трубка; 4, 11 – патрубок; 5 – відвідна трубка; 6 – термостат; 7 – головка блока циліндрів; 8 – розподільна труба; 9 – блок циліндрів; 10 – насос; 12 – краник; 13 – вентилятор

Рисунок 1.2 – Схема системи рідинного охолодження

До основних елементів рідинної системи охолодження належать водяний насос, радіатор, термостат, розширювальний бачок, а за потреби – додаткові теплообмінники. Принцип її дії полягає в циркуляції охолоджувальної рідини (зазвичай антифризу) через сорочку охолодження двигуна, де вона поглинає надлишкове тепло. Далі нагріта рідина надходить у радіатор, у якому відбувається передача тепла в навколишнє середовище. Після охолодження рідина знову повертається до двигуна для повторного циклу тепловідведення. Така система дає змогу підтримувати оптимальний температурний режим роботи двигуна, що є необхідною умовою його ефективності та довговічності.

1.2 Несправності системи охолодження двигуна

Порушення нормальної роботи системи охолодження може становити серйозну загрозу для справності та ресурсу двигуна. Її головне призначення полягає в підтриманні стабільної температури в заданих межах. Двигун не повинен перегріватися, але й надмірне охолодження також є небажаним. Система безперервно регулює тепловий режим, забезпечуючи належну потужність, економічну витрату пального, збереження ресурсу, а також дотримання екологічних вимог.

Основні можливі несправності системи охолодження:

– *Забруднення або закупорення радіатора.* Накопичення пилу, бруду чи сторонніх частинок погіршує проходження повітря та процес теплообміну, що може спричинити перегрів двигуна.

Важливим діагностичним показником є різниця температур охолоджувальної рідини на вході та виході з радіатора. За нормальної роботи системи вона свідчить про ефективність тепловідведення. Якщо різниця температур занадто мала, це може вказувати на забруднення радіатора, недостатній потік повітря або порушення циркуляції. Якщо різниця надмірно велика, причиною може бути обмежена витрата рідини через несправність насоса, закупорення каналів або неповне відкриття термостата [6, 7], визначається за формулою 1.3.

Де $Q_{\text{рад}}$ – теплота, що відводиться радіатором, Вт;

k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·°С);

F – площа поверхні теплообміну, м²;

$\Delta T_{\text{ср}}$ – середня різниця температур між охолоджувальною рідиною та повітрям, °С.

Кількість теплоти, що передається через радіатор у навколишнє середовище, можна визначити за залежністю:

– *Пошкодження шлангів.* Розриви або тріщини в шлангах призводять до витоку охолоджувальної рідини та падіння тиску в системі, внаслідок чого знижується ефективність охолодження.

– *Несправність термостата.* Заклинювання або некоректна робота термостата може викликати недостатню циркуляцію рідини чи, навпаки, її перегрів, що призводить до порушення теплового режиму двигуна.

– *Зношення або пошкодження водяного насоса.* Неправильна робота насоса не забезпечує потрібної інтенсивності циркуляції рідини, унаслідок чого погіршується тепловідведення і можливий перегрів.

– *Використання неякісного антифризу.* Застосування рідини низької якості сприяє утворенню відкладень у каналах системи охолодження, що погіршує теплообмін.

– *Витік охолоджувальної рідини.* Причинами можуть бути пошкодження радіатора, шлангів або ущільнень водяного насоса.

– *Несправність вентилятора.* Вентилятор забезпечує примусову циркуляцію повітря через радіатор. Його відмова або зниження ефективності роботи призводять до погіршення охолодження та можливого перегріву двигуна.

Порушення герметичності системи охолодження також суттєво знижує її ефективність. Витік рідини призводить до зменшення її об’єму, утворення повітряних пробок і локального перегріву окремих зон двигуна. Особливо небезпечним є прихований витік, коли рідина потрапляє в картер двигуна або камеру згоряння. У такому разі можуть спостерігатися зміна кольору моторної оливи, поява білої пари у відпрацьованих газах, зниження рівня охолоджувальної рідини та нестабільна робота двигуна [2, 8].

Застосування неякісної або невідповідної охолоджувальної рідини сприяє корозії металевих поверхонь, утворенню накипу, руйнуванню гумових ущільнень і зниженню теплопровідності системи. Тому під час технічного обслуговування необхідно контролювати не тільки рівень рідини, а й її фізико-хімічний стан: колір, наявність осаду, домішок, піни та ознак забруднення мастилом [7, 9].

Рекомендації щодо запобігання несправностям

Для зменшення ймовірності виникнення проблем у роботі системи охолодження доцільно дотримуватися таких заходів:

– *Регулярне технічне обслуговування.* Проводити періодичні перевірки та сервісне обслуговування трактора відповідно до вимог інструкції з експлуатації.

– *Дотримання правил експлуатації.* Уникати перевантажень, перевищення рекомендованої швидкості та режимів роботи двигуна, що можуть спричинити підвищений знос.

– *Своєчасна заміна мастил і рідин.* Регулярно оновлювати моторну оливу, гідравлічну рідину та охолоджувальний теплоносій.

– *Коректні умови роботи.* Не допускати експлуатації трактора в непридатних умовах, зокрема при надмірному заглибленні плуга чи роботі на заболочених ділянках.

– *Періодичний огляд.* Систематично перевіряти технічний стан машини для раннього виявлення дефектів.

– *Правильне зберігання.* Утримувати трактор у сухому й чистому приміщенні, захищеному від агресивних чинників навколишнього середовища.

У тракторобудуванні, зокрема для моделі МТЗ-892, система охолодження є одним із ключових елементів, що забезпечує оптимальні температурні режими роботи двигуна. Термостат (рис. 1.3) відіграє провідну роль у цій системі, оскільки регулює потік охолоджувальної рідини через радіатор і підтримує стабільну робочу температуру. Від його справної роботи безпосередньо залежать довговічність і ефективність двигуна. У

зв’язку з цим розроблення пристрою для перевірки термостата є актуальним і практично важливим завданням.

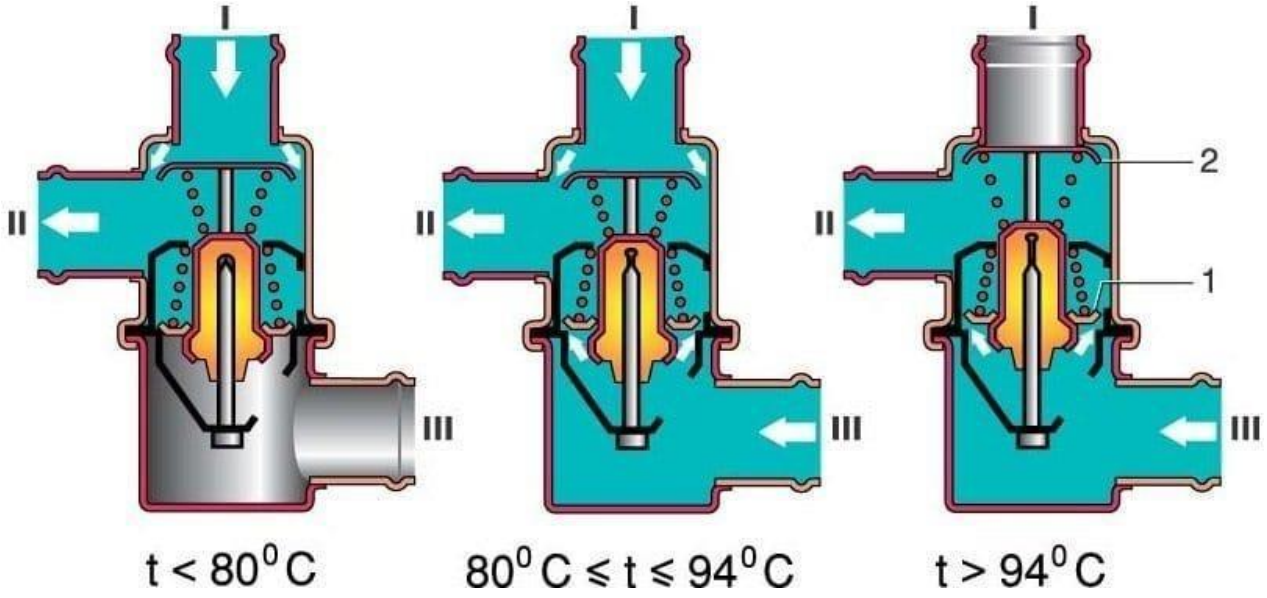


Рисунок 1.3 – Схематизація роботи термостата

Результати наукових досліджень показують, що за відсутності технічної діагностики приблизно 40 % ремонтних і регулювальних операцій виконуються передчасно. Водночас значна частина машин надходить у ремонт із запізненням, що нерідко супроводжується аварійним зношуванням окремих деталей. Основне призначення технічної діагностики полягає у визначенні реальної потреби машини в обслуговуванні або ремонті з урахуванням умов її експлуатації.

Працездатність техніки можна підтримувати шляхом проведення планових робіт під час технічного обслуговування та заміни великої кількості вузлів і деталей. Проте такий підхід істотно підвищує витрати на утримання машини і, відповідно, собівартість виробленої продукції. Застосування методів технічної діагностики дає змогу підтримувати оптимальний технічний стан машини в процесі її експлуатації, тобто максимально ефективно використовувати її технічні можливості за мінімальних матеріальних і трудових витрат.

Допустимі значення параметрів технічного стану можуть бути обґрунтовані лише із застосуванням методів діагностики та прогностики, які враховують не тільки технічні, а й економічні показники.

Діагностування дозволяє визначити залишковий ресурс деталей і вузлів до чергового ремонту. Це особливо важливо для тих елементів, які не підлягають

регулюванню або заміні під час технічного обслуговування, але суттєво впливають на загальну працездатність машини.

1.3 Основні несправності термостата

Термостат є одним із найважливіших регулювальних елементів системи охолодження, оскільки саме він визначає напрям руху охолоджувальної рідини залежно від температури двигуна. У справному стані термостат забезпечує швидкий прогрів двигуна після запуску, стабілізує температуру в робочому діапазоні та запобігає різким температурним коливанням. Несправність цього вузла безпосередньо впливає на паливну економічність, ресурс деталей і надійність роботи трактора [3, 6].

Несправний або неправильно працюючий термостат може спричинити різноманітні проблеми в системі охолодження та негативно позначитися на роботі трактора в цілому.

Перегрів двигуна. Найбільш небезпечною є відмова термостата в закритому положенні. У такому випадку охолоджувальна рідина не надходить до радіатора або надходить у недостатній кількості, що спричиняє швидке підвищення температури двигуна. Якщо оператор своєчасно не зупинить двигун, можливе закипання рідини, деформація головки блока циліндрів, пошкодження прокладки та прискорене зношування циліндро-поршневої групи.

Недостатній прогрів двигуна. Відмова термостата у відкритому положенні також негативно впливає на експлуатаційні показники. У цьому випадку охолоджувальна рідина постійно циркулює через радіатор, через що двигун довго прогрівається або взагалі не досягає оптимальної температури. Це призводить до збільшення витрати пального, погіршення умов згоряння, підвищення димності відпрацьованих газів і збільшення відкладень у камері згоряння [5, 8].

Нестабільний тепловий режим. Неправильна робота термостата може викликати коливання температури двигуна, що призводить до зниження його ефективності та прискореного зносу деталей.

Пошкодження елементів системи охолодження. Несправний термостат здатний негативно впливати на роботу інших компонентів, зокрема водяного насоса чи радіатора, що може спричинити їх передчасний знос або вихід з ладу.

Хід клапана термостата можна оцінити за формулою 1.4.

Де S – фактичний хід клапана, мм;

S_1 – початкове положення клапана до нагрівання, мм;

S_2 – положення клапана після досягнення температури повного відкриття, мм.

Якщо фактичний хід клапана менший за нормативне значення, це свідчить про неповне відкриття термостата, що може спричинити недостатню циркуляцію рідини через радіатор. Якщо клапан відкривається занадто рано, двигун працюватиме в режимі переохолодження. Якщо відкриття відбувається із запізненням, виникає ризик перегріву.

1.3.1 Традиційні методи перевірки

Випробування у водяній ванні

Процес. Термостат знімають із двигуна та занурюють у посудину з водою, яку поступово нагрівають. Фіксують момент початку відкриття клапана.

Спостереження. Температура води під час відкриття має відповідати вимогам виробника.

Переваги. Простота реалізації. Не потребує складного обладнання. Недоліки. Невисока точність. Значна залежність від суб'єктивних факторів. Тривалий час проведення випробування.

1.3.2 Механічне випробування

Процес. Використовується спеціальний механічний пристрій для стискання та розширення термостата за різних температур.

Спостереження. Вимірюється зусилля, необхідне для відкриття і закриття клапана.

Переваги. Простота виконання. Можливість ручного контролю.

Недоліки. Механічні навантаження можуть спотворювати результати. Не завжди вдається точно відтворити реальні умови роботи.

1.3.3 Електронні методи перевірки

Використання цифрових термометрів і датчиків

Процес. Термостат встановлюють на спеціальний стенд. Для вимірювання температури застосовують цифрові датчики.

Спостереження. Автоматично фіксується момент відкриття та закриття клапана. Результати зберігаються в цифровому форматі.

Переваги. Висока точність. Можливість автоматизації. Швидке проведення випробувань.

Недоліки. Висока вартість обладнання. Потреба у спеціальних навичках для налаштування та обслуговування.

1.3.4 Використання інфрачервоних камер

Процес. Під час роботи двигуна термостат сканується тепловізійною камерою для виявлення температурних змін.

Спостереження. Візуалізація теплових полів і визначення моменту відкриття чи закриття клапана за температурним профілем.

Переваги. Безконтактний спосіб перевірки. Аналіз роботи в реальних умовах експлуатації.

Недоліки. Дороге обладнання. Потреба у спеціалізованих знаннях для інтерпретації результатів.

1.3.5 Комп’ютерне моделювання

Процес. Створюється комп’ютерна модель термостата та системи охолодження. Проводяться симуляції для аналізу його поведінки за різних температур і режимів роботи.

Спостереження. Оцінюється ефективність і точність функціонування термостата на основі результатів моделювання.

Переваги. Висока точність. Можливість дослідження різних сценаріїв без фізичних випробувань.

Недоліки. Потреба у потужному програмному забезпеченні та спеціалізованих знаннях для проведення і аналізу симуляцій.

2. КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування комплектування технологічного обладнання

Для покращення якості технічного обслуговування трактора МТЗ-892 доцільно передбачити використання спеціального пристрою для перевірки технічного стану термостата системи охолодження. Порівняно зі звичайним способом контролю у водяній ванні, такий пристрій має забезпечувати більш керований процес нагрівання робочої рідини, точне визначення температурних параметрів, можливість вимірювання переміщення клапана термостата та створення безпечних умов для працівника.

Комплектування пристрою необхідно здійснювати з урахуванням його функціонального призначення, простоти обслуговування, ремонтопридатності, доступності складових елементів і відповідності вимогам охорони праці. До основних вузлів установки доцільно віднести:

- ємність для робочої охолоджувальної рідини;
- трубчастий електронагрівальний елемент;
- терморегулятор;
- температурний датчик;
- індикатор годинникового типу для контролю ходу клапана;
- вузол фіксації та встановлення термостата;
- захисний кожух;
- елементи електричного керування, сигналізації та захисту.

Пристрій для оцінювання працездатності термостата доцільно компонувати з таких основних складових.

Температурний датчик.

Для точного відстеження температури робочої рідини доцільно використовувати термопари або резистивні термодатчики типу RTD, які відзначаються стабільністю показів, достатньою чутливістю та незначною похибкою вимірювання. Датчик бажано розташовувати безпосередньо поблизу термостата або в зоні циркуляції охолоджувальної рідини, що дозволить отримувати більш достовірну інформацію про температуру, за якої починається відкривання і повне спрацювання клапана.

Нагрівальний елемент.

Нагрівач є одним із ключових вузлів пристрою, оскільки саме він створює температурні умови, наближені до реальної роботи системи охолодження двигуна. Його потужність повинна бути достатньою для рівномірного та своєчасного нагрівання теплоносія до заданої температури, а також для подальшого підтримання стабільного теплового режиму. Вибір типу нагрівального елемента та його потужності залежить від об'єму рідини в резервуарі, тривалості циклу перевірки і необхідної швидкості нагрівання.

Резервуар для охолоджувальної рідини.

Об'єм резервуара має забезпечувати повноцінне занурення робочої частини термостата та безперервне виконання всього циклу діагностування. Матеріал ємності повинен бути стійким до дії підвищених температур, води, антифризу та можливих домішок у теплоносії. Важливо також передбачити зручне наповнення резервуара, злив рідини після завершення перевірки та очищення внутрішніх поверхонь від забруднень або накипу.

Перевагою запропонованої конструкції є можливість виконання перевірки термостата безпосередньо в умовах ремонтної майстерні без застосування дорогого або складного стендового обладнання. За наявності змінних установочних елементів пристрій може використовуватися не лише для термостатів трактора МТЗ-892, а й для інших моделей тракторів і сільськогосподарської техніки. Це підвищує універсальність установки, розширює сферу її використання та дає змогу зменшити витрати на оснащення ремонтної бази [10, 11].

Отже, вибір складових елементів і компонування пристрою для діагностування термостата повинні бути спрямовані на забезпечення точності вимірювань, стабільності роботи, простоти експлуатації та належного рівня безпеки оператора. Раціональна конструкція такого пристрою сприятиме підвищенню якості технічного обслуговування системи охолодження, зниженню ризику експлуатації несправних термостатів і зменшенню негативного впливу ремонтних операцій на навколишнє середовище.

2.2 Вибір експлуатаційно-технологічних параметрів обладнання

Для забезпечення стабільної, точної та ефективної роботи пристрою для діагностування термостатів трактора МТЗ-892 необхідно раціонально визначити його основні експлуатаційні й технологічні характеристики. До таких параметрів належать робочий температурний діапазон, допустима похибка вимірювання температури, інтенсивність нагрівання теплоносія, продуктивність циркуляційного насоса, а також об'єм резервуара для охолоджувальної рідини.

Температурний діапазон.

Пристрій має забезпечувати роботу в межах приблизно від 40 до 120 °C. Такий інтервал дозволяє відтворювати різні температурні стани системи охолодження двигуна та перевіряти термостат у режимах, наближених до реальних умов експлуатації. Це підвищує достовірність результатів діагностування і дає змогу своєчасно виявляти несправності клапанного механізму термостата.

Точність вимірювання температури.

Допустима похибка контролю температури не повинна перевищувати ±0,5 °C. Така точність є важливою для правильного визначення температури початку відкривання клапана, повного відкриття та можливих відхилень від нормативних значень. Досягнення необхідної точності можливе за умови застосування якісних термопар або резистивних температурних датчиків типу RTD, які мають стабільні покази та достатню чутливість.

Швидкість нагрівання.

Нагрівальний елемент повинен забезпечувати плавне та регульоване підвищення температури робочої рідини. Це дає змогу швидко досягати заданих температурних значень і надалі підтримувати їх у стабільному режимі. Оптимально підібрана швидкість нагрівання скорочує тривалість перевірки, підвищує продуктивність установки та водночас не погіршує точність фіксації моменту спрацювання термостата.

Ємність резервуара.

Об’єм резервуара для охолоджувальної рідини має бути достатнім для повного проведення циклу випробування без перерв і доливання теплоносія. Матеріал ємності повинен витримувати дію підвищеної температури та бути стійким до води, антифризу й інших робочих рідин, які можуть використовуватися під час перевірки. Конструкція резервуара має передбачати зручне заповнення, безпечний злив рідини після завершення роботи та можливість очищення внутрішньої поверхні від забруднень.

Ергономіка та безпека.

Під час визначення параметрів пристрою необхідно враховувати зручність роботи оператора та вимоги безпеки праці. Усі органи керування, вимірювальні прилади й вузли обслуговування повинні бути розміщені так, щоб забезпечити вільний доступ і можливість швидкого реагування у разі несправності або аварійної ситуації. Для підвищення безпеки установку доцільно обладнати захисними кожухами, теплоізоляцією нагрітих поверхонь,

аварійним вимикачем, електричним захистом та засобами запобігання випадковому контакту з гарячою рідиною.

Отже, обґрунтований вибір експлуатаційно-технологічних параметрів пристрою дає змогу забезпечити точне, безпечне й продуктивне діагностування термостатів трактора МТЗ-892. Раціонально підібрані характеристики установки сприяють підвищенню якості технічного обслуговування системи охолодження, скороченню часу перевірки та зменшенню ймовірності експлуатації несправних елементів.

2.3 Аналіз конструкції машин-аналогів

Дослідження конструкцій наявних машин-аналогів дає змогу визначити їхні переваги й недоліки, а також окреслити можливі напрями вдосконалення та модернізації. У межах даного проєкту було розглянуто кілька основних типів пристроїв, призначених для перевірки термостатів.

2.3.1 Пристрої для перевірки автомобільних термостатів

Ці установки зазвичай працюють за принципом нагрівання термостата в контрольованому середовищі з фіксацією моментів його відкриття та закриття.

Переваги:

– Простота експлуатації: зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс.

– Точність вимірювань: висока достовірність визначення моментів спрацювання термостата.

Недоліки:

– Обмежена функціональність: не завжди придатні для великих термостатів, зокрема тракторних.

– Невеликі можливості налаштування під різні типи й моделі термостатів.

2.3.2 Машини для тестування промислових термостатів

Такі установки застосовуються в промислових умовах і мають низку характерних особливостей.

Переваги:

– Висока точність і надійність: забезпечують стабільність результатів вимірювань.

– Універсальність: можливість перевірки термостатів різних моделей і типів.

Недоліки:

– Висока вартість: значні витрати на придбання та обслуговування.

– Складність налаштування: потребують спеціальних знань і підготовки

персоналу.

2.3.3 Спеціалізовані стенди для перевірки тракторних термостатів

Стенди, що використовуються в сервісних центрах для діагностики тракторних термостатів, мають такі характеристики.

Переваги:

– Повний контроль параметрів: можливість детального аналізу характеристик роботи термостата.

– Надійність і довговічність конструкції.

Недоліки:

– Висока вартість: значні витрати на придбання та обслуговування.

– Габаритність: потребують значної площі для розміщення.

2.4 Обґрунтування конструкції вузла

З урахуванням аналізу машин-аналогів було прийнято рішення розробити пристрій, який поєднує їхні переваги та усуває виявлені недоліки. Для створення ефективної установки з перевірки термостата трактора МТЗ-892 необхідно обґрунтувати конструкцію її основного вузла. Основний вузол – це система, що забезпечує нагрівання термостата, вимірювання температури та фіксацію моментів відкриття й закриття клапана.

До основних вимог до конструкції належать:

– точність вимірювання;

– контрольований процес нагрівання;

– міцність і надійність;

– універсальність;

– зручність експлуатації.

Для виготовлення пристрою доцільно використовувати як стандартні серійні елементи, так і деталі власного виготовлення. До готових виробів належать: індикатор годинникового типу, гвинт М6, трубчастий електронагрівач, терморегулятор з механічним керуванням, кабель живлення та штепсельна вилка. До переліку деталей, що виготовляються за кресленнями, входять: упорна шайба, утримувачі, упор, втулка та листові елементи корпусу.

Висока точність вимірювання температури є критично важливою, оскільки робочі характеристики термостата залежать від правильності визначення моментів його відкриття та закриття. Для цього в конструкції передбачено індикатор годинникового типу, який дозволяє оцінювати хід клапана та відповідність пропускної здатності заявленим

характеристикам.

Необхідно забезпечити рівномірний і контрольований процес нагрівання. Для цього обрано терморегулятор із механічним керуванням, який дозволяє встановлювати потрібний температурний режим і перевіряти роботу термостата в різних умовах. Трубчастий електронагрівач забезпечує швидкий нагрів рідини до заданої температури.

Конструкція вузла повинна бути достатньо міцною для тривалої експлуатації. Корпус пристрою виготовляється зі сталі, що забезпечує стійкість до температурних перепадів і механічних навантажень. Сталь є доступним та технологічним матеріалом, хоча має порівняно велику масу. Оскільки пристрій використовується стаціонарно в майстерні, цей недолік не є суттєвим.

Для захисту від корозії використовується сталь марки 5, яка відповідає вимогам за міцністю та термостійкістю. Деталі рекомендується періодично змащувати літолом, а після складання провести ґрунтування та фарбування алкідною фарбою щонайменше у два шари. Після кожного використання слід перевіряти стан деталей, особливо ніжки індикатора.

Конструкція упорної шайби дозволяє перевіряти термостати більшості тракторів серії МТЗ. За потреби для різних типів термостатів можна виготовляти змінні шайби, що підвищує універсальність і функціональність приладу.

Інтерфейс для оператора має бути інтуїтивно зрозумілим, щоб полегшити встановлення термостата, проведення випробувань і зчитування результатів. Передбачена можливість швидкої заміни термостатів для перевірки великої кількості зразків.

Ретельне обґрунтування конструкції вузла забезпечує високу точність і надійність роботи пристрою для перевірки термостатів трактора МТЗ-892. Раціональний вибір матеріалів, компонентів і параметрів гарантує ефективну та довготривалу експлуатацію установки в різних умовах.

2.5 Розрахунок параметрів робочого органу

Розрахунок параметрів робочого органу передбачає визначення основних характеристик: потужності нагрівального елемента, точності температурного датчика та вимог до системи контролю температури. Цей етап є важливою складовою проєкту, оскільки від нього залежить ефективність і надійність роботи пристрою для перевірки термостатів трактора МТЗ-892.

Для розрахунку параметрів робочого органу необхідно визначити кількість теплоти, потрібну для нагрівання охолоджувальної рідини до заданої температури. Якщо об’єм ванни

становить приблизно 20 л, маса води або водного теплоносія може бути прийнята рівною приблизно 20 кг. При підвищенні температури від 20 °С до 90 °С різниця температур розраховується за формулою 2.1. Підставляючи значення:

$$\Delta T = 90 - 20 = 70℃$$

Кількість теплоти для нагрівання рідини визначається за формулою 2.2. Підставляючи значення:

$$Q = 20 \cdot 4180 \cdot 70 = 5852000 \text{ Дж}$$

Вибір типу нагрівального елемента.

Нагрівач повинен забезпечувати швидкий і рівномірний нагрів для точної імітації робочих умов термостата. Для цього доцільно застосовувати трубчасті електронагрівачі (ТЕНи), що мають високу тепловіддачу та надійність.

Потужність нагрівального елемента.

Для визначення необхідної потужності нагрівача припустимо, що маса термостата становить 0,5 кг, а його температуру потрібно підвищити на 90 °С за 15 хвилин.

Формула 2.3 для розрахунку потужності нагрівального елемента.

Такий підхід дозволяє обґрунтовано визначити параметри робочого органу та забезпечити оптимальні умови для тестування термостатів трактора МТЗ-892.

Де: P – потужність нагрівального елемента, Вт;

m – маса, кг ($m = 20$ кг);

c – питома теплоємність матеріалу, Дж/(кг·°С) ($c = 4200$ Дж/(кг·°С));

ΔT – зміна температури, °С ($\Delta T = 90\,°C - 20$ °С);

t – час нагрівання, с ($t = 900$ с).

Для визначення маси охолоджувальної рідини у ванні необхідно попередньо обчислити її об’єм. Маса рідини визначається за відомою залежністю між об’ємом і густиною теплоносія. З урахуванням того, що для води або антифризу густина в робочому температурному діапазоні становить приблизно $\rho \approx 1000$ кг/м³, масу рідини можна знайти за формулою 2.4.

Де: a – ширина ванни, м ($a = 0{,}295$ м);

b – довжина ванни, м ($b = 0{,}295$ м);

h – висота ванни, м ($h = 0{,}24$ м).

$$V = 0{,}295 \cdot 0{,}295 \cdot 0{,}24 = 0{,}020886 \text{ м}^3$$

Отриманий об’єм ванни у перерахунку на літри становить приблизно 20 л. Оскільки

густина води та більшості охолоджувальних рідин у робочому температурному діапазоні близька до 1000 кг/м³, це відповідає масі близько 20 кг:

$$\text{Р} = \frac{20 \cdot 4200 \cdot (90 - 20)}{900} = 6534 \text{ Вт} = 6{,}5 \text{ кВт}$$

Отже, розрахункова потужність нагрівального елемента повинна становити не менше 6,5 кВт. У разі використання нагрівача меншої потужності необхідно збільшити тривалість нагрівання охолоджувальної рідини у ванні до заданої температури.

Розрахунок теплових втрат.

Для забезпечення точного та стабільного температурного режиму під час випробувань термостата необхідно враховувати теплові втрати, що виникають у процесі роботи пристрою. Основними джерелами втрат тепла є теплопередача через стінки корпусу ванни, а також теплове випромінювання в навколишнє середовище.

Теплові втрати внаслідок теплопередачі залежать від матеріалу корпусу, його товщини, площі поверхні та різниці температур між рідиною у ванні й навколишнім повітрям.

Формула 2.5 для визначення теплових втрат через теплопередачу:

де: $Q_{\text{втрат}}$ – теплові втрати, Вт;

U – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·°С) (для сталі $U_{\text{сталі}} = 58$ Вт/(м²·°С));

A – площа поверхні теплообміну, м² ($A = 0{,}37$ м²);

ΔT – різниця температур між нагрітими елементами (рідиною/ванною) та навколишнім середовищем, °С ($\Delta T = 70$ °С).

$$Q_{\text{втрат}} = 58 \cdot 0{,}37 \cdot 70 = 1502 \text{ Вт}$$

Розрахунок опору нагрівача.

Якщо відомі потужність нагрівального елемента та напруга живлення, його електричний опір можна визначити за стандартною формулою 2.6:

де: R – електричний опір нагрівача, Ом;

U – напруга живлення, В ($U = 220$ В);

P – потужність нагрівача, Вт ($P = 6534$ Вт).

$$R = \frac{220^2}{6534} = 7{,}4 \text{ Ом}$$

Отже, електричний опір нагрівача становить 7,4 Ом при напрузі живлення 220 В.

Максимальний струм нагрівача.

Для визначення максимального струму, що споживається нагрівальним елементом,

використовується залежність 2.7:

де: I – сила струму, А;

U – напруга живлення, В ($U = 220$ В);

P – потужність нагрівача, Вт ($P = 6534$ Вт).

Максимальний струм нагрівального елемента визначається за формулою:

$$I = \frac{6534}{220} = 29{,}7 \text{ А}$$

Для струму, що становить близько 30 А, доцільно застосовувати провідники з перерізом не менше 2,5 мм² відповідно до даних (табл. 2.1). За потреби, з урахуванням умов прокладання кабелю, тривалості навантаження та довжини лінії, допускається використання провідників більшого перерізу для зменшення втрат напруги й підвищення надійності електричної частини пристрою.

Таблиця 2.1 – Переріз кабелю залежно від потужності та струму

Переріз, мм²	Струм, А	Потужність, кВт	Переріз, мм²	Струм, А	Потужність, кВт
1ф, 220 В, cos φ = 0,9			**3ф, 380 В, cos φ = 0,8**		
0,5	12	2,5	1,0	16	7,7
0,75	16	3,2	1,5	20	9,6
1,0	18	3,6	2,5	28	13,4
1,5	23	4,6	4,0	36	17,3
2,5	33	6,5	6,0	45	21,6
4,0	43	8,5	10,0	60	28,8
6,0	55	10,9	16,0	80	38,4
10,0	75	14,9	25,0	105	50,4

2.6 Розробка робочого органу та деталей

Основним призначенням робочого органу пристрою для перевірки термостата є створення умов для його повноцінного тестування, зокрема нагрівання до заданої температури та контроль її стабільного підтримання. Конструкція вузла повинна забезпечувати надійність, високу точність вимірювань, зручність у користуванні та безпеку під час експлуатації.

Для цього конструкція передбачає використання упорної шайби, утримувачів, втулки, листових елементів корпусу, індикатора годинникового типу, терморегулятора та трубчастого електронагрівача.

Конструктивні елементи.

Пристрій складається як із серійних стандартних виробів, так і з деталей власного виготовлення (рис. 2.1). До елементів, що підлягають виготовленню та подальшому складанню, належать:

– упорна шайба – 1;

Упорна шайба призначена для центрування термостата та передачі переміщення клапана на вимірювальний елемент. Її конструкція повинна забезпечувати надійну фіксацію без перекосу, оскільки навіть незначне зміщення термостата може спричинити похибку вимірювання ходу клапана. Для підвищення універсальності пристрою доцільно передбачити комплект змінних шайб під різні типорозміри термостатів.

– утримувачі – 2 шт. (2);

– упор;

– втулка – 3;

– листи корпусу – 3 шт. (4);

Корпус пристрою виконує несучу та захисну функції. Він повинен мати достатню жорсткість, стійкість до температурних впливів і корозії. Для виготовлення корпусу доцільно застосовувати конструкційну сталь, оскільки вона має достатню міцність, доступну вартість і добру технологічність під час різання, зварювання та свердління. Після виготовлення деталі корпусу необхідно очистити, знежирити, покрити ґрунтовкою та пофарбувати термостійкою фарбою для захисту від корозії.

– лист з упором – 5;

– лист з упором і отвором для терморегулятора.

До стандартних деталей, що використовуються в конструкції, належать:

– індикатор годинникового типу – 8;

– гвинт М6 – 9;

– трубчастий електронагрівач (ТЕН) – 10;

– терморегулятор з механічним керуванням – 11.

Для контролю температури в конструкції доцільно використовувати терморегулятор із діапазоном регулювання 0–150 °С. Такий діапазон забезпечує можливість перевірки термостатів, що працюють у різних температурних режимах, і створює запас за верхньою межею температури. Датчик температури слід розміщувати в зоні, де температура рідини максимально відповідає температурі термостата. Це зменшить похибку вимірювання і підвищить достовірність результатів діагностування [11, 12].

Для підвищення безпеки пристрій необхідно обладнати:

– автоматичним вимикачем;

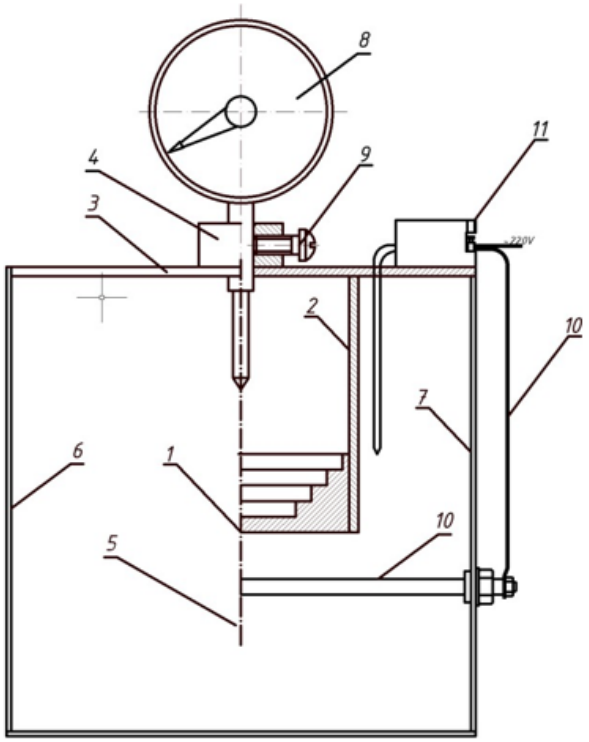
– заземленням корпусу;

– термозахистом від перегріву;

– світловою індикацією ввімкнення;

– захисним кожухом електричних контактів;

– термостійкими ручками або зонами безпечного захоплення.



1 – упорна шайба; 2 – утримувач; 3 – упор; 4 – втулка; 5 – лист; 6 – лист з упором; 7 – лист з упором і отвором; 8 – індикатор годинникового типу ГОСТ 6279-71; 9 – гвинт М6-8g × 20 ГОСТ 7798-70; 10 – трубчастий електронагрівник ГОСТ 13268-88; 11 – терморегулятор з механічним керуванням ГОСТ 30815

Рисунок 2.1 – Пристрій для перевірки термостата.

Корпус і елементи кріплення виготовлено та зібрано таким чином, щоб забезпечити швидку й зручну заміну як деталей пристрою, так і самого термостата, що проходить перевірку. Така конструктивна схема спрощує процес обслуговування та підвищує універсальність установки.

Нагрівальний елемент обрано відповідно до виконаних розрахунків – трубчастий електронагрівач потужністю 6,5 кВт, що забезпечує необхідну інтенсивність і рівномірність нагрівання охолоджувальної рідини.

Кабель живлення для підключення електричних компонентів підібрано мідний із перерізом 2,5 мм², що відповідає розрахунковому струму навантаження та вимогам електробезпеки.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Моделювання небезпечних ситуацій

Під час експлуатації пристрою для перевірки термостатів основними небезпечними чинниками є підвищена температура рідини, наявність електричної напруги, можливість утворення пари, ризик витоку гарячої охолоджувальної рідини та небезпека механічного травмування під час встановлення або зняття термостата. Тому проєктування та експлуатація пристрою повинні здійснюватися з урахуванням принципів ідентифікації небезпек, оцінювання ризиків і впровадження заходів їх зменшення [14, 15].

Перед початком роботи оператор повинен перевірити справність кабелю живлення, вилки, заземлення, терморегулятора, індикатора та герметичність резервуара. Забороняється вмикати пристрій без охолоджувальної рідини, оскільки це може призвести до перегріву та виходу з ладу трубчастого електронагрівача. Також не допускається відкривати або переміщувати пристрій під час активного нагрівання рідини.

Робоче місце повинно бути обладнане засобами пожежогасіння, мати достатнє освітлення та вентиляцію. У зоні роботи не допускається зберігання легкозаймистих матеріалів. Оператор повинен використовувати засоби індивідуального захисту: захисні окуляри, термостійкі рукавиці, спецодяг і взуття з неслизькою підошвою. У разі використання антифризу необхідно уникати його потрапляння на шкіру та в очі, оскільки компоненти охолоджувальних рідин можуть бути токсичними [9, 15].

Оцінку ризику під час експлуатації пристрою можна подати у вигляді залежності 3.1:

де R – рівень ризику;

P – імовірність виникнення небезпечної події;

S – тяжкість можливих наслідків.

До основних небезпечних ситуацій, пов’язаних із роботою пристрою, належать такі.

Перегрів нагрівального елемента.

Потенційні небезпеки*:* виникнення пожежі, пошкодження електричних вузлів установки, підвищений ризик опіків для персоналу.

Запобіжні заходи: установлення термостатів або термореле для автоматичного вимкнення у разі перевищення граничної температури, застосування термостійких матеріалів, регулярний контроль і технічне обслуговування системи охолодження нагрівача.

Витік охолоджувальної рідини.

Потенційні небезпеки: ураження електричних компонентів, опіки та травми персоналу при контакті з гарячою рідиною, забруднення робочої зони та довкілля.

Запобіжні заходи: використання герметичних з'єднань і якісних ущільнювачів, періодичний огляд системи з метою своєчасного виявлення витоків, оснащення робочого місця засобами для оперативного усунення та нейтралізації розлитої рідини.

Ураження електричним струмом.

Потенційні небезпеки: травмування персоналу через пошкодження ізоляції або неправильне підключення, пожежа внаслідок короткого замикання. Запобіжні заходи: застосування ізольованих кабелів та інструментів, обов'язкове заземлення обладнання, регулярна перевірка електричних ланцюгів і компонентів.

Механічні ушкодження.

Потенційні небезпеки: травми, спричинені неправильною експлуатацією чи обслуговуванням, пошкодження рухомих частин пристрою.

Запобіжні заходи: установлення захисних кожухів на всі рухомі елементи, проведення інструктажів і навчання персоналу з безпечної експлуатації, забезпечення доступу до інструкцій з обслуговування.

Інші небезпечні ситуації.

Потенційні небезпеки*:* вибух при роботі з легкозаймистими рідинами, подразнення шкіри або дихальних шляхів у разі використання небезпечних хімічних речовин. Запобіжні заходи: застосування засобів індивідуального захисту (рукавичок, масок), установлення вентиляційних систем для видалення шкідливих випарів, регулярний контроль стану здоров'я працівників.

Моделювання небезпечних ситуацій дає змогу заздалегідь ідентифікувати ризики та розробити ефективні заходи безпеки. Важливою умовою є постійний моніторинг, актуалізація вимог охорони праці та систематичне навчання персоналу. Це сприятиме безпечній і результативній роботі пристрою для перевірки термостатів трактора МТЗ-892, зменшуючи ризики для здоров'я працівників і негативний вплив на навколишнє середовище.

3.2 Вимоги до техніки безпеки при експлуатації технологічного обладнання

Забезпечення належного рівня безпеки під час експлуатації пристрою для перевірки термостатів трактора МТЗ-892 є обов'язковою умовою запобігання нещасним випадкам і збереження здоров'я персоналу. Основні вимоги до техніки безпеки охоплюють такі положення.

Загальні вимоги.

Ознайомлення з інструкціями: кожен працівник повинен знати правила безпечної експлуатації обладнання та пройти відповідне навчання й інструктаж перед початком роботи.

Застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): обов'язкове використання захисних окулярів, рукавичок, спецодягу та взуття; за потреби – респіраторів при роботі з шкідливими випарами.

Організація робочого місця: воно має бути чистим, добре освітленим і вентильованим; проходи та евакуаційні виходи не повинні бути захаращені.

Вимоги до електробезпеки.

Заземлення обладнання: усі елементи повинні бути надійно заземлені для запобігання ураженню струмом.

Регулярна перевірка електрообладнання: огляд кабелів, розеток і з'єднань на наявність пошкоджень та своєчасна заміна несправних елементів.

Використання захисних пристроїв: установлення автоматичних вимикачів і запобіжників для захисту від перевантажень і коротких замикань.

Вимоги до роботи з рідинами.

Безпечне використання охолоджувальних рідин: застосування лише

рекомендованих виробником теплоносіїв; зберігання у спеціальних промаркованих ємностях.

Запобігання витокам: регулярний контроль герметичності з'єднань і наявність засобів для швидкої локалізації та очищення розливів.

Вимоги до механічної безпеки.

Захист рухомих частин: установлення кожухів на всі рухомі елементи для попередження травм.

Безпечна експлуатація: забороняється торкатися рухомих частин під час роботи обладнання; ремонт і обслуговування виконуються лише при вимкненій установці.

Вимоги до пожежної безпеки.

Наявність вогнегасників: робоче місце має бути оснащене вогнегасниками відповідного типу.

Пожежна сигналізація та плани евакуації: наявність справної сигналізації, розроблених маршрутів евакуації та проведення регулярних навчань персоналу.

Додаткові вимоги.

Регулярне технічне обслуговування: виконання планових оглядів і сервісних робіт для підтримання обладнання в справному стані.

Документування процесів: ведення журналів обліку технічного обслуговування, інструктажів і аварійних ситуацій.

Дотримання вимог техніки безпеки є необхідною умовою збереження здоров’я працівників, забезпечення надійної роботи обладнання та запобігання виробничим ризикам. Систематичний моніторинг, навчання персоналу й упровадження сучасних засобів захисту сприятимуть безпечній експлуатації пристрою для перевірки термостатів трактора МТЗ-892.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок техніко-економічних показників обладнання

Розрахунок техніко-економічних показників є одним із ключових етапів під час розроблення та впровадження нового обладнання. Він дає змогу оцінити ефективність, економічну доцільність і раціональність використання пристрою для перевірки термостата трактора МТЗ-892. До основних техніко-економічних показників належать капітальні витрати, експлуатаційні витрати, економічний ефект від упровадження, а також показники надійності та продуктивності обладнання.

Вартість матеріалів для виготовлення пристрою.

Для виготовлення корпусу та опорних елементів установки передбачається використання сталі марки Ст5. Орієнтовна ринкова вартість цього матеріалу становить:

– для листової сталі товщиною 3 мм – близько 30 грн за умовну одиницю;

– для круглого прокату тієї ж марки сталі – близько 35 грн.

Отже, знаючи масу заготовок, необхідних для виготовлення окремих деталей, можна визначити орієнтовну вартість матеріалів для елементів, що виготовляються з листової сталі. Такий підхід дозволяє попередньо оцінити капітальні витрати на матеріали та використати ці дані для подальших економічних розрахунків доцільності впровадження пристрою для перевірки термостатів трактора МТЗ-892 заформулою 4.1:

де: m_1 – маса заготовки під упор, кг ($m_1 = 0{,}21$ кг);

m_2 – маса заготовки під утримувач, кг ($m_2 = 0{,}08$ кг);

m_3 – маса заготовки під листові деталі, кг ($m_3 = 10{,}62$ кг).

Розрахунок затрат на матеріал:

$$10{,}91 \cdot 30 = 327{,}3 \text{ грн}$$

Орієнтовна ринкова ціна круглого прокату сталі Ст5 становить близько 35 грн за умовну одиницю. Знаючи масу заготовок, необхідних для виготовлення відповідних деталей (упорів, втулок, осей тощо), загальні витрати на матеріал із круга сталі можна обчислити за формулою 4.2:

де: m_1 – маса заготовки під упорну шайбу, кг ($m_1 = 1{,}0$ кг);

m_2 – маса заготовки під втулку, кг ($m_2 = 0{,}1$ кг).

$$m_{\text{сум.лист}} = 1 + 0{,}1 = \text{кг}$$

Тепер, маючи сумарну масу заготовок і орієнтовні ціни матеріалів, можна визначити загальні витрати на матеріал для виготовлення деталей пристрою:

$$1{,}1 \cdot 35 = 38{,}5 \text{ грн}$$

Вартість стандартних виробів

Середня ринкова вартість стандартних елементів, що використовуються в конструкції пристрою, становить:

– індикатор годинникового типу ГОСТ 6279–71 – 500 грн;

– гвинт М6–8g × 220 ГОСТ 13268–88 – 5 грн;

– трубчастий електронагрівач ГОСТ 13268–88 – 300 грн;

– терморегулятор з механічним керуванням ГОСТ 30815 – 300 грн.

Сумарна вартість стандартних виробів:

$$\text{М} = 327{,}3 + 38{,}5 + 500 + 5 + 300 + 300 = 1470{,}8 \text{ грн}$$

Для виготовлення даного приладу загальні витрати на матеріали становитимуть 1470,8 грн. Це значення отримано шляхом підсумовування вартості матеріалів для деталей власного виготовлення та вартості стандартних комплектуючих, що застосовуються в конструкції пристрою.

4.2 Рохрахунок економічної доцільності

Для визначення економічної доцільності впровадження пристрою для перевірки термостатів трактора МТЗ-892 виконаємо розрахунок витрат на його виготовлення, експлуатацію та строк окупності.

Вартість матеріалів і стандартних виробів для виготовлення пристрою становить 1470,8 грн за формулою 4.3.

Приймаємо додаткові витрати на виготовлення деталей, зварювальні, слюсарні та складальні роботи: $\text{С}_{\text{вир}} = 600$ грн.

Витрати на електромонтажні роботи, кабель, наконечники, ізоляційні матеріали, автоматичний вимикач та допоміжні елементи приймаємо:$\text{С}_{\text{ел}} = 350$ грн.

Тоді сумарні витрати на виготовлення пристрою розраховуються за формулою 4.4 та становлять:

$$\text{С}_{\text{заг}} = 1470{,}8 + 600 + 350 = 2420{,}8 \text{ грн}$$

Отже, загальна вартість виготовлення пристрою становить: $\text{С}_{\text{заг}} \approx 2421$ грн.

Для визначення експлуатаційних витрат на один цикл перевірки врахуємо витрати на електроенергію, оплату праці оператора та амортизаційні відрахування.

Згідно з розрахунками потужність нагрівального елемента становить: $\text{Р} = 6{,}5$ кВт.

Тривалість одного циклу нагрівання приймаємо: $t = 15$ хв $= 0{,}25$ год.

Тоді витрата електроенергії за один цикл розраховується за формулою 4.5 та становить:

$$W = 6{,}5 \cdot 0{,}25 = 1{,}625 \text{ кВт/год}$$

Приймаємо тариф на електроенергію: $\text{Т}_\text{е} = 4{,}32$ грн/кВт-год.

Тоді витрати на електроенергію за один цикл розраховується за формулою 4.6 та становить:

$$\text{С}_\text{е} = 1{,}625 \cdot 4{,}32 = 7{,}02 \text{ грн}$$

Витрати на оплату праці оператора визначимо з урахуванням того, що один цикл перевірки разом із підготовкою, установленням термостата, нагріванням, зняттям показників і демонтажем займає приблизно 30 хв, тобто: $t_\text{п} = 0{,}5$ год.

Приймаємо погодинну оплату праці оператора: $\text{С}_\text{год} = 80$ грн/год.

Тоді витрати на оплату праці за один цикл розраховується за формулою 4.7 та становить:

$$\text{С}_\text{п} = 80 \cdot 0{,}5 = 40 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування на один цикл приймаємо орієнтовно: $\text{С}_\text{а} = 3$ грн.

Тоді експлуатаційні витрати на один цикл перевірки розраховуються за формулою 4.8 та становитимуть:

$$\text{С}_\text{ц} = 7{,}02 + 40 + 3 = 50{,}02 \text{ грн}$$

Отже, вартість одного циклу діагностування термостата становить приблизно: $\text{С}_\text{ц} \approx 50$ грн.

Для визначення річного економічного ефекту приймаємо, що протягом року в ремонтній майстерні перевіряється: $N = 60$ термостатів.

До впровадження пристрою перевірка термостата виконувалась традиційним способом, який потребував більше часу, мав нижчу точність і міг призводити до повторного розбирання або помилкової оцінки технічного стану. Середні витрати на одну перевірку до впровадження пристрою приймаємо: $\text{С}_\text{до} = 150$ грн.

Після впровадження пристрою витрати на одну перевірку становлять: $\text{С}_\text{після} = 50$ грн.

Річні експлуатаційні витрати на технічне обслуговування пристрою, очищення, перевірку електричних з’єднань та дрібний ремонт приймаємо:$\text{С}_\text{експ} = 300$ грн.

Річний економічний ефект визначаємо за формулою 4.9 та становить:

$$E_р = (150 - 50) \cdot 60 - 300 = 5700 \text{ грн}$$

Отже, річний економічний ефект від упровадження пристрою становить: $E_р = 5700$.

Строк окупності пристрою визначається за формулою 4.10 та становить:

$$T_{ок} = \frac{2420,8}{5700} = 0,42 \text{ року}$$

Таблиця 4.1 – Розрахунок економічної доцільності впровадження пристрою

Назва	**Значення**
Вартість матеріалів і стандартних виробів	1470,8 грн
Витрати на виготовлення деталей, зварювальні, слюсарні та складальні роботи	600 грн
Витрати на електромонтажні роботи та допоміжні матеріали	350 грн
Загальні витрати на виготовлення пристрою	2420,8 грн
Потужність нагрівального елемента	6,5 кВт
Тривалість одного циклу нагрівання	0,25 год
Витрата електроенергії за один цикл	1,625 кВт·год
Тариф на електроенергію	4,32 грн/кВт·год
Витрати на електроенергію за один цикл	7,02 грн
Тривалість одного циклу перевірки з підготовчими операціями	0,5 год
Погодинна оплата праці оператора	80 грн/год
Витрати на оплату праці за один цикл	40 грн
Амортизаційні відрахування на один цикл	3 грн
Експлуатаційні витрати на один цикл перевірки	50,02 грн
Кількість перевірених термостатів за рік	60 шт.
Середні витрати на одну перевірку до впровадження пристрою	150 грн
Середні витрати на одну перевірку після впровадження пристрою	50 грн

Річні експлуатаційні витрати на обслуговування пристрою	300 грн
Річний економічний ефект	5700 грн
Строк окупності пристрою	0,42 року

Таким чином, розрахунок показує, що впровадження пристрою для перевірки термостатів трактора МТЗ-892 є економічно доцільним. За орієнтовної вартості виготовлення 2420,8 грн і річного економічного ефекту 5700 грн пристрій окупається приблизно за 5 місяців експлуатації. Крім прямої економії коштів, його використання забезпечує підвищення точності діагностування, скорочення часу перевірки, зменшення ризику перегріву двигуна та попередження дорогих ремонтів системи охолодження і двигуна в цілому.

ВИСНОВОК

У межах даної кваліфікаційної роботи було спроєктовано та обґрунтовано пристрій для перевірки термостатів трактора МТЗ-892, який відіграє суттєву роль у забезпеченні стабільної та ефективної роботи системи охолодження двигуна. За результатами виконаних досліджень і розрахунків сформульовано такі узагальнення.

Оцінка результатів розробки.

Створений пристрій характеризується високою точністю вимірювання температури, що дає змогу надійно визначати працездатність термостатів і моменти їх спрацьовування. Конструкція є економічно доцільною завдяки застосуванню доступних матеріалів, стандартних комплектуючих і простих у виготовленні деталей. Використання пристрою в процесі технічного обслуговування зменшує ймовірність перегріву або переохолодження двигуна, що сприяє подовженню його ресурсу та скороченню витрат на ремонт і сервіс.

Порівняння з сучасними аналогами.

Аналіз наявних пристроїв-аналогів показав, що запропонована конструкція має низку переваг, зокрема за показниками точності вимірювань, зручності експлуатації та простоти налаштування. Розроблений прилад відповідає сучасним вимогам до засобів перевірки термостатів і за окремими параметрами перевершує існуючі рішення як у технічному виконанні, так і в ергономічності.

Сутність технічного рішення.

В основу роботи покладено інженерне рішення, що передбачає застосування простого, але ефективного механізму для контролю температури відкриття та закриття термостатів. Запропонована конструкція поєднує в собі раціональність, надійність і функціональність. Крім того, у роботі реалізовано підхід до збирання та аналізу результатів вимірювань, який забезпечує підвищену точність і відтворюваність результатів випробувань.

Практичні рекомендації.

Розроблений пристрій доцільно впроваджувати на підприємствах, що спеціалізуються на технічному обслуговуванні та ремонті тракторів МТЗ-892. Його застосування дасть змогу знизити експлуатаційні витрати, підвищити надійність роботи машин і покращити умови праці ремонтного персоналу. Для подальшого вдосконалення приладу рекомендовано провести додаткові дослідження, спрямовані на оптимізацію конструкції та розширення його функціональних можливостей.

Загалом отримані результати підтверджують актуальність і новизну виконаної розробки, а також її відповідність сучасним вимогам до технічних засобів контролю термостатів тракторів. Запропонований пристрій має практичну цінність і може бути ефективно використаний в аграрному секторі для підвищення надійності та продуктивності сільськогосподарської техніки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Двигуни внутрішнього згоряння: підручник / за ред. А. П. Марченка. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017.

2. Гащук П. М. Експлуатація та технічне обслуговування автомобілів і тракторів. – Львів: Українські технології, 2015.

3. BELARUS-892/892.2. Technical specifications. Engine model D-245.5, power and operating parameters.

4. Руководство по эксплуатации тракторов BELARUS-892/892.2/892.3. – Минск: МТЗ, 2014.

5. Устройство и обслуживание системы охлаждения дизеля Д-245. Дані щодо температурного режиму 85–95 °C і термостата 87±2 °C.

6. Бойко М. Ф. Трактори та автомобілі. Основи конструкції і технічного обслуговування. – Київ: Вища освіта, 2009.

7. Кравчук В. І., Погорілий В. М. Технічне обслуговування і ремонт машин в агропромисловому комплексі. – Київ: Урожай, 2012.

8. ДСТУ ГОСТ 28084:2009. Рідини охолоджувальні низькозамерзаючі. Загальні технічні умови.

9. ДСТУ ISO 17359:2019. Моніторинг стану та діагностика машин. Загальні настанови.

10. ISO 13381-1:2015. Condition monitoring and diagnostics of machines – Prognostics – Part 1: General guidelines.

11. Engineering ToolBox. Water thermal properties: density, specific heat capacity and conductivity.

12. Engineering ToolBox. Ethylene glycol heat-transfer fluid properties.

13. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків.

14. НПАОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском.

15. Закон України «Про охорону праці».

16. Правила улаштування електроустановок. – Київ: Міненерговугілля України.

17. Heywood J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. – 2nd ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2018.

18. Stone R. Introduction to Internal Combustion Engines. – 4th ed. – London: Palgrave

Macmillan, 2012.

19. Pulkrabek W. W. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine. – 2nd ed. – Pearson, 2004.

ДОДАТОК

Додаток А

Формули до розділу 1

$$Q_{\text{дв}} = Q_{\text{кор}} + Q_{\text{ох}} + Q_{\text{вг}} + Q_{\text{вт}} \quad (1.1)$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (1.2)$$

$$Q_{\text{рад}} = k \cdot F \cdot \Delta T_{\text{ср}} \quad (1.3)$$

$$S = S_2 - S_1 \quad (1.4)$$

Формули до розділу 2

$$\Delta T = T_2 - T_1 \quad (2.1)$$

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (2.2)$$

$$\text{P} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{t} \quad (2.3)$$

$$V = a \cdot b \cdot h \quad (2.4)$$

$$Q_{\text{втрат}} = U \cdot A \cdot \Delta T \quad (2.5)$$

$$R = \frac{U^2}{P} \quad (2.6)$$

$$I = \frac{P}{U} \quad (2.7)$$

Формули до розділу 3

$$R = P \cdot S \quad (3.1)$$

Формули до розділу 4

$$m_{\text{сум.лист}} = m_1 + m_2 + m_2 + m_3 \quad (4.1)$$

$$m_{\text{сум.круг}} = m_1 + m_2 \quad (4.2)$$

$$\text{С}_{\text{м}} + \text{С}_{\text{к}} = 1470{,}8 \text{ грн} \quad (4.3)$$

$$\text{С}_{\text{заг}} = \text{С}_{\text{м}} + \text{С}_{\text{к}} + \text{С}_{\text{виг}} + \text{С}_{\text{ел}} \quad (4.4)$$

$$W = P \cdot t \quad (4.5)$$

$$\text{С}_{\text{е}} = W \cdot \text{Т}_{\text{е}} \quad (4.6)$$

$$\text{С}_{\text{п}} = \text{С}_{\text{год}} \cdot t_{\text{п}} \quad (4.7)$$

$$\text{С}_{\text{ц}} = \text{С}_{\text{е}} + \text{С}_{\text{п}} + \text{С}_{\text{а}} \quad (4.8)$$

$$\text{Е}_{\text{р}} = \left(\text{С}_{\text{до}} - \text{С}_{\text{після}}\right) \cdot N - \text{С}_{\text{експ}} \quad (4.9)$$

$$\text{Т}_{\text{ок}} = \frac{\text{С}_{\text{заг}}}{\text{Е}_{\text{р}}} \quad (4.10)$$