**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: «Обґрунтування планово-попереджальної системи технічного обслуговування і ремонту мобільної сільськогосподарської техніки з розробкою стенду для розбирання-збирання муфт зчеплення»

Виконав: студент _4 курсу, групи 42-ім
освітньої програми___бакалавр_____
спеціальності _208 «Агроінженерія»_
__Плутар Олександр Сергійович_____
(прізвище та ініціали)
Керівник доцент Ковальчук Ю.О.
(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)

Плутару Олександру Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Обґрунтування планово-попереджальної системи технічного обслуговування і ремонту мобільної сільськогосподарської техніки з розробкою стенду для розбирання-збирання муфт зчеплення»
керівник проекту Ковальчук Юрій Олексійович, доцент
(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: система планово-запобіжного технічного обслуговування і ремонту; підходи до розвитку системи технічного сервісу

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; схема технологічного процесу відновлення трактора; стенд для монтажу і демонтажу муфт зчеплення; 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 | Примітка |
|---|---|---|---|
| 1. | Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу | 15.10.2025 р. | |
| 2. | Розділ 1. Стан питання | 19.11.2025 р. | |
| 3. | Розділ 2. Конструкторсько-технологічна частина | 18.12.2025 р. | |
| 4. | Розділ 3. Охорона праці | 12.02.2026 р. | |
| 5. | Розділ 4. Техніко-економічна частина | 09.03.2026 р. | |
| 6. | Виконання ілюстративної частини проекту | 15.04.2026 р. | |
| 7. | Представлення проекту керівнику на перевірку | 18.05.2026 р. | |

**Студент** _____ Плутар О.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

**Керівник проекту** _____ Ковальчук Ю.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

# ЗМІСТ

**1. СТАН ПИТАННЯ** ..... 5
1.1 Система планово-запобіжного технічного обслуговування і ремонту ..... 5
1.2 Підходи до розвитку системи технічного сервісу ..... 7
1.3 Формування системи технічного сервісу на рівні підприємства ..... 8
1.4 Напрями розвитку технічного обслуговування в районі ..... 9
1.5 Система фірмового обслуговування машин ..... 9
1.6 Можливості подальшого розвитку ремонтної та сервісної бази ..... 11
**2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА** ..... 14
2.1 Формування річної програми діяльності майстерні ..... 14
2.2 Побудова графіка виробничого циклу ..... 20
2.3 Розрахунок режиму роботи майстерні та балансу часу ..... 21
2.4 Розрахунок виробничих цехів і відділень. Перелік допоміжних дільниць ..... 23
2.5 Схема технологічного процесу відновлення трактора ..... 24
2.6 Дослідження запропонованого стенда для монтажу і демонтажу муфт зчеплення ..... 35
2.7 Розрахунок конструкції за умовами міцності ..... 37
2.8 Оцінка конструкції щодо відповідності вимогам охорони праці ..... 40
**3 ОХОРОНА ПРАЦІ** ..... 42
3.1 Мета і завдання охорони праці на підприємстві ..... 42
3.2 Правила безпечного виконання ремонтних робіт ..... 43
**4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА** ..... 45
4.1 Технічні та економічні показники діяльності ..... 45
4.2 Розрахунок економічної ефективності використання стенда ..... 47
**ВИСНОВОК** ..... 50
**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ** ..... 51

# 1. СТАН ПИТАННЯ

## 1.1 Система планово-запобіжного технічного обслуговування і ремонту

Досвід і практика роботи свідчать, що ефективність управління ремонтом і технічним обслуговуванням машин у сільському господарстві значною мірою визначається раціональною організацією ремонтного виробництва. При цьому до найважливіших параметрів, які характеризують його раціональність, належать рівень функціонування планово-попереджувальної системи ремонту й технічного обслуговування, структура ремонтно-технічних впливів, а також організаційні умови, що визначаються місцем виконання робіт і ступенем централізації ремонтних операцій.

Планово-попереджувальна система ремонту, що застосовується в нашій країні, являє собою сукупність організаційно-технічних заходів, спрямованих на підтримання машин у постійній готовності до виконання робіт за мінімально можливих виробничих витрат. Її називають плановою тому, що всі види технічного обслуговування виконуються після чітко встановленого часу роботи машини або після досягнення нею певного напрацювання, відповідно до заздалегідь складеного плану-графіка.

Попереджувальний характер цієї системи полягає в тому, що вона передбачає суворо регламентовану періодичність і обов’язковий перелік технологічних операцій, спрямованих на запобігання появі несправностей, аварійних відмов, прискореного зношування та поломок деталей машин. Узагальнення практичного досвіду забезпечення високої працездатності техніки підтверджує, що подібні системи та нормативи широко застосовуються в різних галузях господарства, повністю виправдовують себе та забезпечують вагомий економічний ефект.

Аналіз організації планово-попереджувального ремонту в аграрному виробництві показує, що його сутність полягає у збереженні працездатності машин і механізмів упродовж усього строку служби шляхом послідовного виконання комплексу профілактичних операцій технічного обслуговування та ремонту. Важливу роль у запобіганні аварійним зносам і відмовам, які зумовлюють зростання непродуктивних витрат, відіграє повне та своєчасне виконання всіх передбачених операцій технічного обслуговування. Це, у свою чергу, сприяє зменшенню обсягів поточних і капітальних ремонтів, скороченню кількості відмов під час експлуатації та загальному зниженню витрат на утримання техніки.

Попри очевидну доцільність такого підходу, питання підвищення ефективності

функціонування планово-попереджувальної системи ремонту і технічного обслуговування в сільському господарстві тривалий час розв'язується недостатньо швидко. У значній кількості господарств порушуються строки проведення номерних технічних обслуговувань, а самі роботи нерідко виконуються не в повному обсязі. Унаслідок цього профілактичний характер обслуговування істотно послаблюється, а технічна готовність машин забезпечується переважно за рахунок ремонтів після аварійних поломок, що спричиняє значне перевищення нормативних витрат на ремонт техніки.

Дослідження показують, що через неповне виконання операцій технічного обслуговування та порушення строків їх проведення змінюється співвідношення між різними видами ремонтно-технічних впливів. Зокрема, якщо трудомісткість усіх видів технічного обслуговування становить лише 52 % від нормативного рівня, то потреба в поточних і капітальних ремонтах перевищує норму відповідно у 2,6 та 1,7 раза. Низький рівень функціонування системи планово-попереджувального ремонту разом зі зростанням технічної оснащеності господарств, підвищенням конструктивної складності машин і диспропорцією між їх вартістю та продуктивністю є однією з головних причин збільшення обсягів ремонтних робіт і технічного обслуговування.

Відповідно до вимог планово-попереджувальної системи весь комплекс робіт із підтримання сільськогосподарської техніки у працездатному стані поділяють на дві основні групи. Перша група спрямована на повне відновлення технічного ресурсу машин, їхніх вузлів і агрегатів. До неї належить капітальний ремонт комплектної техніки та її складових, що включає повне розбирання, відновлення або заміну зношених деталей, обкатку, регулювання та випробування відповідно до технологічних вимог, максимально наближених до умов промислового виробництва. На капітальний ремонт направляють трактори, автомобілі та комбайни у випадках, коли відновлення потребує більшість вузлів і агрегатів.

Друга група робіт має на меті збереження наявного ресурсу машин і часткове його відшкодування. До неї належать експлуатаційна обкатка нових і відремонтованих машин, планові технічні обслуговування під час використання техніки, а також поточний ремонт у період її простою. Експлуатаційну обкатку проводять для приробітки поверхонь тертя та сполучень вузлів, забезпечуючи їх подальшу нормальну роботу в режимі природного зношування. Планове технічне обслуговування являє

собою комплекс обов’язкових операцій із систематичного контролю технічного стану машини через установлені інтервали напрацювання. За результатами таких перевірок і усунення виявлених відхилень підтримуються в заданих межах технічні, економічні та експлуатаційні показники техніки.

У зв’язку з широким упровадженням засобів і методів технічної діагностики під час кожної операції технічного обслуговування обов’язковою є перевірка технічного стану вузла або агрегата, а регулювання, змащування та інші дії виконують залежно від фактичної потреби. Планове технічне обслуговування, залежно від періодичності та обсягу робіт, охоплює щозмінне обслуговування та періодичні технічні огляди, основною метою яких є контроль дотримання правил технічної експлуатації, оцінювання фактичного стану машин і визначення можливості їх подальшого використання або необхідності ремонту. Отже, належне функціонування планово-попереджувальної системи ремонту і технічного обслуговування забезпечує економію матеріальних і трудових ресурсів, підтримання високої технічної готовності машин та відновлення їх втраченої працездатності.

## 1.2 Підходи до розвитку системи технічного сервісу

Найбільший ефект від використання машин і обладнання, особливо складної та дорогої техніки, якою дедалі інтенсивніше оснащується сільське господарство, може бути досягнутий лише за умови належної організації системи технічного сервісу в державі.

Технічний сервіс — це процес забезпечення основного виробництва машинами, обладнанням і приладами, а також організації їх ефективного використання та підтримання у справному стані протягом усього строку експлуатації.

До складу технічного сервісу входять: вивчення попиту споживачів, рекламне забезпечення, своєчасне й достовірне інформування про машини, обладнання та прилади; передпродажна підготовка техніки, її доставка, складання, монтаж і налагодження; гарантування якості нової та відремонтованої техніки, а також відповідальність партнерів за виконання робіт і надання послуг.

Форма організації технічного сервісу визначається особливостями конкретної машини, зокрема її складністю, серійністю, транспортабельністю, а також регіональними умовами, станом ремонтно-обслуговувальної бази та іншими чинниками.

Із усього різноманіття наявних і новоутворених структур, форм та методів організації технічного сервісу найбільш життєздатними слід вважати ті, що передбачають пріоритет інтересів власника техніки та взаємну вигоду всіх учасників процесу.

За таких умов ремонтно-обслуговувальні підприємства виконують роль посередників між заводами-виробниками та споживачами техніки, співпрацюючи з ними на основі довгострокових господарських договорів на взаємовигідних засадах.

Концепція розвитку технічного сервісу в сучасних умовах передбачає:

– обов’язкову участь виробників машин, обладнання та приладів у виконанні комплексу робіт технічного сервісу з метою повного і своєчасного задоволення потреб споживачів техніки;

– створення надійно діючого економічного механізму на засадах господарського розрахунку, із широким різноманіттям функцій, форм власності та організації праці за умов взаємної зацікавленості сторін;

– оптимальне розміщення мережі підприємств і виробництв технічного сервісу по регіонах країни та максимальне наближення їх до споживача;

– забезпечення різним категоріям споживачів техніки в аграрному секторі можливості вільного вибору виконавців ремонтно-обслуговувальних робіт шляхом розвитку ринку послуг;

– надання послуг, спрямованих на подовження строку служби машин, викуп у споживачів техніки, що була у використанні, її відновлення та подальший продаж за пільговими цінами з гарантією;

– суттєве поліпшення забезпечення запасними частинами, обладнанням і матеріалами.

### 1.3 Формування системи технічного сервісу на рівні підприємства

Технічний сервіс на рівні господарства — це передусім належна організація ефективного використання машин, їх зберігання, технічного обслуговування та ремонту. У найближчі роки основний обсяг робіт із технічного обслуговування і ремонту техніки, як і раніше, виконуватиметься безпосередньо на місці її експлуатації силами ремонтних бригад за участю механізатора або оператора.

Резерви підвищення ефективності сервісної служби господарств полягають насамперед у вдосконаленні організації праці та економічного механізму, створенні

фермерами машинно-тракторних кооперативів, формуванні спеціалізованих ремонтних кооперативів, а також у впровадженні орендних форм організації виробництва.

Першочерговим завданням є організація на кожному підприємстві ремонтних цехів або дільниць, а також дооснащення вже діючих підрозділів із формуванням необхідного обмінного фонду вузлів і агрегатів. Не менш важливим є створення спеціалізованих підприємств для ремонту масового обладнання та налагодження випуску запасних частин до імпортної техніки.

Оплата праці працівників ремонтної служби повинна визначатися результатами основного виробництва, а не кількістю виконаних ремонтів чи їх обсягом.

### 1.4 Напрями розвитку технічного обслуговування в районі

Раціональне використання можливостей технічного сервісу на районному рівні в інтересах сільськогосподарських підприємств може і повинно забезпечувати відчутний позитивний результат.

Наявність спеціалізованого обладнання та висококваліфікованих кадрів дає змогу районним сервісним комплексам професійно виконувати такі роботи, які для багатьох господарств є надто складними або взагалі недоступними. Більше того, районний комплекс завдяки своєму місцю в системі обслуговування може виконувати функцію центральної ланки всієї структури технічного сервісу в аграрному секторі, розв’язуючи широкий спектр виробничих і організаційних завдань.

Районні підрозділи технічного сервісу в сільському господарстві мають виконувати посередницькі функції між споживачами та виробниками техніки, діючи на базі чинних ремонтно-технічних і постачальних підприємств, а також їхніх цехів чи спеціалізованих станцій.

У кожному окремому регіоні перелік таких функцій і послуг повинен формуватися безпосередньо на місці з урахуванням попиту з боку господарств. Водночас споживач техніки має мати реальну можливість вибору тієї чи іншої форми сервісного обслуговування.

### 1.5 Система фірмового обслуговування машин

Нарощування парку сільськогосподарської техніки й обладнання в господарствах в умовах переходу до економічних принципів взаємовідносин висуває нові вимоги до розширення ринку послуг, які надаються сільськогосподарським і переробним підприємствам у сфері технічного сервісу.

Участь заводів-виробників у системі технічного сервісу сприятиме підвищенню надійності та працездатності машин.

Поліпшення технічного сервісу машинобудівні підприємства мають забезпечувати насамперед шляхом істотного підвищення якості виготовлюваної техніки, гарантованого постачання споживачів запасними частинами, організації фірмового ремонту й обслуговування найбільш складних машин, їх вузлів та агрегатів, а також створення на базі чинних ремонтних підприємств спеціалізованих технічних центрів.

Розвиток технічного сервісу пов’язаний із формуванням технічних центрів, максимально наближених до місць експлуатації машин, що повинно здійснюватися спільними зусиллями заводів-виробників і споживачів техніки. З огляду на обмежені сучасні можливості виробників, створення таких центрів доцільно реалізовувати насамперед на рівні областей і регіонів із подальшим розвитком районних сервісних підприємств, здатних виконувати повний комплекс робіт і послуг для товаровиробників.

Окремі заводи вже протягом тривалого часу створюють у районах зосередження своєї техніки фірмові опорні пункти, які усувають дефекти, виявлені в гарантійний період експлуатації. Проте така форма фірмового обслуговування не може повною мірою задовольнити потреби споживача. Постійне ускладнення техніки, що використовується в агропромисловому виробництві, зумовлює необхідність виконання цілого комплексу ремонтно-обслуговувальних робіт упродовж усього строку її служби.

Згідно з чинними положеннями, виробники зобов’язані під час визначення собівартості виробу враховувати витрати на гарантійний ремонт. Однак лише окремі заводи, які включають такі витрати до оптової ціни продукції, змогли сформувати службу гарантійного ремонту та на її основі розвивати систему фірмового сервісу. Фірмовий технічний сервіс, особливо реалізація техніки й запасних частин через прямі зв’язки між виробником і споживачем або через технічні центри, активно розвиватиметься лише за умови збалансованого ціноутворення на машини, послуги та сільськогосподарську продукцію.

Головні заводи-виробники покликані забезпечувати споживачів запасними частинами за всією номенклатурою, причому не лише тими, що виготовляються на головному підприємстві, а й тими, які постачаються суміжними підприємствами в порядку кооперації та комплектації відповідно до нормативно-технічної документації.

Підприємства-виробники техніки повинні також надавати технічним центрам допомогу в їх оснащенні на договірних засадах необхідним спеціалізованим ремонтно-технологічним обладнанням, спеціальним інструментом, вимірювальними й діагностичними засобами, випробувальними стендами та оснащенням, потрібним для виконання сервісних робіт з обслуговування і ремонту техніки, що випускається.

Створення технічного центру та його господарська діяльність можуть здійснюватися на державній, орендній або кооперативній основі.

Упродовж гарантійного строку експлуатації техніки фірмове обслуговування та ремонт здійснюються на підставі договорів, укладених між заводом-виробником і технічним центром. У цьому разі витрати на виконані послуги та ремонтні роботи відшкодовує завод-виробник.

Після завершення гарантійного періоду фірмове технічне обслуговування і ремонт проводяться на основі окремих договорів між господарствами, підприємствами, що експлуатують техніку, та технічними центрами. Оплату таких робіт здійснює безпосередньо господарство або інше підприємство-споживач техніки.

Джерелами фінансування розвитку виробничої діяльності технічного центру є кошти, отримані за виконані роботи та надані послуги, від реалізації продукції, у вигляді торговельних націнок на продану техніку, запасні частини та інші матеріальні ресурси, а також інші надходження.

Взаєморозрахунки за витратами, пов’язаними з ремонтом техніки, що перебуває на гарантії, сплатою штрафних санкцій за постачання неякісної продукції, а також неустойок за простої машин, обладнання та приладів понад установлені строки, здійснюються відповідно до договорів, укладених технічним центром, з одного боку, з господарствами та підприємствами-споживачами, а з іншого — із заводами-виробниками.

Отже, значний і постійно зростаючий технічний потенціал сільського господарства може бути використаний максимально ефективно лише за умови цілеспрямованої та узгодженої роботи сервісних служб усіх рівнів, спрямованої на всебічне вдосконалення системи технічного сервісу.

### 1.6 Можливості подальшого розвитку ремонтної та сервісної бази

Найважливішими напрямами розвитку ремонтно-обслуговувальної бази є вдосконалення організації її роботи, підвищення рівня технічного оснащення та активне

впровадження досягнень науково-технічного прогресу.

Нині ведеться розроблення системи машин для комплексної механізації сільськогосподарського виробництва на перспективу, з урахуванням потреб не лише великих, а й малих підприємств.

Формування автомобільного парку здійснюватиметься за рахунок постачання автомобілів загального призначення, а також машин, що входять до складу технологічних комплексів. Для агрегатування з машинами, призначеними для внесення різних видів добрив, передбачається використання автомобілів із дизельними двигунами.

Програми створення та освоєння серійного виробництва нових видів техніки і систем машин передбачають підвищення продуктивності технологічного обладнання на 50–80 % порівняно з наявними зразками.

Одним із провідних напрямів науково-технічного прогресу в ремонтно-обслуговувальному виробництві є комплексна механізація та автоматизація технологічних процесів. Насамперед механізація й автоматизація мають упроваджуватися на важких, трудомістких і шкідливих для працівників операціях, де доцільно застосовувати різноманітний механізований і гідрофікований інструмент.

Перехід до нових умов господарювання неминуче посилює тенденцію до виконання максимально можливого обсягу ремонту техніки безпосередньо в господарствах, а отже, і до відновлення деталей у майстернях підприємств, що експлуатують техніку.

Відновлення зношених деталей, яке дає змогу повторно, а інколи й багаторазово використовувати деталі та вузли, що вичерпали свій ресурс, є важливим резервом підвищення ефективності використання техніки, поліпшення якості ремонту й технічного обслуговування, а також економії матеріальних, паливно-енергетичних і трудових ресурсів.

Упровадження нових технологій сприятиме підвищенню якості відновлення деталей завдяки використанню зміцнювальних покриттів і вдосконаленню способів обробки поверхонь.

Освоєння перспективних розробок у ремонтно-обслуговувальному виробництві дасть змогу істотно прискорити науково-технічний прогрес, забезпечити помітне підвищення якості ремонту, а також поліпшити умови експлуатації машин і обладнання.

У міру розвитку ринкових відносин ремонтно-обслуговувальна база господарств братиме участь на кооперативних засадах у виготовленні запасних частин і товарів народного споживання, що сприятиме забезпеченню постійної зайнятості працівників і більш повному використанню обладнання.

Районний сервіс має стати ключовою ланкою в загальній системі агротехнічного обслуговування. Науково-технічний прогрес на районному рівні повинен розвиватися шляхом докорінного вдосконалення організації інженерно-технічного забезпечення сільськогосподарського виробництва, розширення ринку ремонтно-обслуговувальних робіт та інших послуг, зокрема:

– створення технічних центрів фірмового ремонту та обслуговування з налагодженням прямих зв’язків із заводами-виробниками техніки;

– організації спеціалізованих дільниць для технічного обслуговування і ремонту складних машин та їхніх складових частин;

– розвитку пунктів прокату техніки з виконанням механізованих робіт за заявками;

– удосконалення методів управління системою інженерно-технічного забезпечення;

– розширення можливостей запобігання відмовам завдяки застосуванню інформаційно-попереджувальних бортових систем оперативного контролю технічного стану машин;

– викупу зношеної техніки та реалізації відремонтованих машин.

За наявності великої різноманітності послуг, що надаються на районному рівні, перевагу доцільно надавати створенню інженерно-технічних підприємств, які об’єднуватимуть районні майстерні та інші сервісні підрозділи.

Районний комплекс має функціонувати як державна або кооперативна структура, здатна максимально повно задовольняти потреби товаровиробників у виробничому та матеріально-технічному забезпеченні експлуатації техніки.

Ремонтно-обслуговувальні роботи підвищеної складності повинні виконуватися на індустріальній основі, за умови високого рівня технічного оснащення виробництва та залучення кваліфікованих робітників і інженерно-технічних працівників.

# 2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 2.1 Формування річної програми діяльності майстерні

Організація технічного обслуговування і поточного ремонту тракторів та інших сільськогосподарських машин починається з визначення планової кількості технічних обслуговувань і поточних ремонтів. Це необхідно для подальшого складання річного плану ремонтно-обслуговувальних робіт. Основними вихідними даними для визначення обсягу таких робіт є:

– кількість тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин у господарстві;

– напрацювання кожного трактора в еталонних гектарах або в кілограмах витраченого палива;

– періодичність проведення та трудомісткість технічного обслуговування і поточного ремонту.

Розрахунок обсягів ремонтно-обслуговувальних робіт розпочинають із визначення кількості ремонтів і технічних обслуговувань, яку встановлюють за відповідними формулами.

Кількість капітальних ремонтів $N_{\text{кр}}$ для тракторів iii-ї марки визначають за такою формулою:

$$N_{\text{кр}} = \frac{W_r \cdot n_i}{M_k} \tag{2.1}$$

де $W_r$ — середньорічне напрацювання машин даної марки, яке може виражатися в мотогодинах, кілограмах витраченого палива або в умовних еталонних гектарах;

$n$ — кількість машин даної марки;

$M_k$ — планова періодичність проведення капітального ремонту для машин відповідної марки.

Кількість поточних ремонтів Nп.р. для тракторів iii-ї марки визначають за відповідною формулою:

$$N_{\text{т.р.}} = \frac{W_r \cdot n_i}{M_{\text{т.р.}}} - N_{\text{кр}} \tag{2.2}$$

де:

$M_{\text{т.р.}}$ — планова періодичність виконання поточного ремонту для машини відповідної марки.

Кількість технічних обслуговувань № 3 ($N_{\text{ТО}-3}$) визначають за відповідною формулою:

$$N_{\text{ТО}-3} = \frac{W_r \cdot n_i}{M_{\text{ТО}-3}} - (N_{\text{КР}} + N_{\text{ТР}}) \quad (2.3)$$

де: $M_{\text{ТО}-3}$ — планова періодичність проведення технічного обслуговування № 3 для машини даної марки.

$$N_{\text{ТО}-2} = \frac{W_r \cdot n_i}{M_{\text{ТО}-2}} - (N_{\text{КР}} + N_{\text{ТР}} + N_{\text{ТО}-3}) \quad (2.4)$$

де:

$M_{\text{ТО}-2}$ — планова періодичність проведення технічного обслуговування № 2 для машини відповідної марки.

Кількість технічних обслуговувань № 1 ($N_{\text{ТО}-1}$) визначають за відповідною формулою:

$$N_{\text{ТО}-1} = \frac{W_r \cdot n_i}{M_{\text{ТО}-1}} - (N_{\text{КР}} + N_{\text{ТР}} + N_{\text{ТО}-3} + N_{\text{ТО}-2}) \quad (2.5)$$

де:

$M_{\text{ТО}-1}$ — планова періодичність проведення технічного обслуговування № 1 для машини даної марки.

Показники напрацювання тракторів і комбайнів узято з річного звіту про господарську діяльність підприємства.

Окрім того, у майстерні передбачається виконання додаткових робіт.

Таблиця 2.1 – Перелік і обсяг додаткових робіт

| Додаткові роботи | Обсяг робіт у % від Таб. | Додаткові роботи | Обсяг робіт у % від Таб. |
|---|---|---|---|
| Ремонт обладнання | 8% | Ремонт обмінного фонду | 6% |
| Виготовлення інструменту та пристроїв | 4% | Інші роботи | 18,5% |
| Ремонт обладнання тваринницьких ферм | 6% | Обслуговування селянських та фермерських господарств | 10% |
| Відновлення та виготовлення деталей | 5% | | |

Підставляючи вихідні дані у формули (2.1–2.5), визначаємо кількість ремонтів і технічних обслуговувань для кожної групи машин.

1. Трактори К-701:

$$N_{\text{кр}} = \frac{2708 \cdot 2}{18600} = 0{,}2$$

$$N_{\text{тр}} = \frac{2708 \cdot 2}{6200} - 0{,}2 = 0{,}7$$

$$N_{\text{ТО}-3} = \frac{2708 \cdot 2}{3100} - (0{,}2 + 0{,}7) = 0{,}85$$

$$N_{\text{ТО}-2} = \frac{2708 \cdot 2}{775} - (0{,}2 + 0{,}7 + 0{,}85) = 5{,}2$$

$$N_{\text{ТО}-1} = \frac{2708 \cdot 2}{193{,}8} - (0{,}2 + 0{,}7 + 0{,}85 + 5{,}2) = 21$$

Результати виконаних розрахунків зводимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Дані щодо кількості ремонтів і технічних обслуговувань тракторів

| Найменування та марки машин | Кількість капітальних ремонтів | Кількість поточних ремонтів | Кількість технічних обслуговувань | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | № 1 | № 2 | № 3 |
| К – 700 | 0,35 | 0,69 | 21 | 5,2 | 1,05 |
| К – 701 | 0,2 | 0,7 | 21 | 5,2 | 0,85 |
| Т – 4А | 0,45 | 0,9 | 16,3 | 2,7 | 1,4 |
| ДТ – 75М | 0,94 | 1,9 | 67,8 | 17 | 12,8 |
| МТЗ | 0,94 | 1,9 | 33,9 | 5,6 | 2,8 |
| Т – 40 | 0,21 | 0,41 | 15,5 | 3,8 | 0,66 |
| ЮМЗ 6Л | 0,25 | 0,5 | 9,2 | 1,5 | 0,78 |
| Т –16 | 0,064 | 0,13 | 2,3 | 0,38 | 0,19 |

Планування ремонту сільськогосподарських машин здійснюється з використанням коефіцієнта охоплення ремонтом, величина якого залежить від зональних умов експлуатації та конструктивних особливостей робочих органів машини:

Для сільськогосподарських машин кількість технічних обслуговувань визначається таким чином:

1. Сівалки: $N_{\text{тсг}} = 24 \cdot 0{,}7 = 16{,}8$;
2. Плуги: $N_{\text{тсг}} = 9 \cdot 0{,}8 = 7$;
3. Культиватори: $N_{\text{тсг}} = 10 \cdot 0{,}75 = 7{,}5$;
4. Борони: $N_{\text{тсг}} = 3 \cdot 0{,}7 = 2{,}1$;
5. Жатки: $N_{\text{тсг}} = 11 \cdot 0{,}7 = 7{,}7$;
6. Підбирачі: $N_{\text{тсг}} = 10 \cdot 0{,}65 = 6{,}5$;
7. Прес-підбирачі: $N_{\text{тсг}} = 3 \cdot 0{,}65 = 1{,}95$;

8. Зчіпки: $N_{\text{тсг}} = 3 \cdot 0{,}65 = 1{,}95$;

9. Стогометачі: $N_{\text{тсг}} = 2 \cdot 0{,}65 = 1{,}3$;

10. Граблі: $N_{\text{тсг}} = 5 \cdot 0{,}6 = 3$;

11. Тракторні сінокосарки: $N_{\text{тсг}} = 1 \cdot 0{,}6 = 0{,}6$.

Для зернозбиральних і спеціалізованих комбайнів визначають лише кількість технічних обслуговувань ТО-2 та ТО-1 за формулами 2.4 і 2.5:

Зернозбиральні комбайни:

– СКД-5:

$$N_{\text{ТО}-2} = \frac{225}{360} = 0{,}6$$

$$N_{\text{ТО}-1} = \frac{225}{90} - 0{,}6 = 2$$

– СКД-6:

$$N_{\text{ТО}-2} = \frac{225 \cdot 4}{320} = 2{,}8$$

$$N_{\text{ТО}-1} = \frac{225 \cdot 4}{80} - 2{,}8 = 8{,}4$$

– «Енисей» - 1200:

$$N_{\text{ТО}-2} = \frac{225 \cdot 2}{360} = 1{,}3$$

$$N_{\text{ТО}-1} = \frac{225 \cdot 2}{90} - 1{,}3 = 4$$

– КСК-100:

$$N_{\text{ТО}-2} = \frac{110 \cdot 3}{320} = 1$$

$$N_{\text{ТО}-1} = \frac{110 \cdot 3}{80} - 1 = 3$$

Вихідні дані для визначення кількості видів технічного обслуговування і поточного ремонту автомобілів приймають відповідно до «Положення про технічне обслуговування і ремонт рухомого складу автомобільного транспорту в сільському господарстві».

Кількість капітальних ремонтів, а також технічних обслуговувань, визначають за формулами 2.1, 2.4 і 2.5:

2. Легкові автомобілі:

$$N_{\text{кр}} = \frac{50000 \cdot 3}{192000} = 0{,}8$$

$$N_{\text{ТО}-2} = \frac{50000 \cdot 3}{12800} - 0{,}8 = 11{,}7$$

$$N_{\text{ТО}-1} = \frac{50000 \cdot 3}{320} - (0{,}8 + 11{,}7) = 34$$

– ГАЗ:

$$N_{\text{кр}} = \frac{50000 \cdot 3}{192000} = 3$$

$$N_{\text{ТО}-2} = \frac{50000 \cdot 10}{100000} - 3 = 47$$

$$N_{\text{ТО}-1} = \frac{50000 \cdot 10}{2500} - (3 + 47) = 150$$

– КамАЗ:

$$N_{\text{кр}} = \frac{50000 \cdot 1}{150000} = 0{,}33$$

$$N_{\text{ТО}-2} = \frac{50000 \cdot 1}{100000} - 0{,}33 = 5$$

$$N_{\text{ТО}-1} = \frac{50000 \cdot 1}{2500} - (0{,}33 + 5) = 15$$

– ЗИЛ:

$$N_{\text{кр}} = \frac{50000 \cdot 1}{150000} = 0{,}33$$

$$N_{\text{ТО}-2} = \frac{50000 \cdot 1}{100000} - 0{,}33 = 5$$

$$N_{\text{ТО}-1} = \frac{50000 \cdot 1}{2500} - (0{,}33 + 5) = 15$$

– Автобус:

$$N_{\text{кр}} = \frac{50000 \cdot 1}{170000} = 0{,}3$$

$$N_{\text{ТО}-2} = \frac{50000 \cdot 1}{112000} - 0{,}3 = 4$$

$$N_{\text{ТО}-1} = \frac{50000 \cdot 1}{2800} - (0{,}3 + 4) = 13$$

Виробнича діяльність майстерні здійснюється у взаємодії зі спеціалізованими підприємствами та організаціями, що виконують капітальний ремонт машин, агрегатів і складальних одиниць.

У майстерні проводять поточний ремонт і технічне обслуговування гусеничних і колісних тракторів, самохідних шасі, комбайнів, а також токарні та зварювальні роботи щодо сільськогосподарських машин. Ремонт сільгоспмашин виконують на майданчику машинного двору.

Оскільки для ремонту і технічного обслуговування тракторів потрібні спеціалізоване обладнання та кваліфіковані фахівці, капітальний ремонт, а також технічне обслуговування № 3 і № 2 тракторів К-700 і К-701 передаються на кооперацію. Капітальний ремонт трактора Т-4А виконують на спеціалізованому підприємстві. Капітальний ремонт тракторів ДТ-75М, МТЗ-80/82 та автомобілів передають до центральної ремонтної майстерні. У власній майстерні залишають лише виконання поточних ремонтів і технічного обслуговування.

Під час розрахунку майстерні та визначення її виробничої потужності додатково враховують ще 10 % обсягу робіт на обслуговування техніки селянських господарств. Після цього складають план робіт, які виконуватимуться майстернею таблиця 2.3.

Таблиця 2.3 – Перелік запланованих робіт майстерні

| Найменування та марки машин | Кількість поточних ремонтів прим. | Кількість технічних обслуговувань №3 шт. |
|---|---|---|
| Трактори | | |
| Т-4А | 1 | 1 |
| ДТ-75М | 2 | 3 |
| МТЗ –80/82 | 2 | 3 |
| ЮМЗ – 6Л | 1 | 1 |
| Т-40 АМ | 1 | 1 |
| Т – 16 | 0 | 1 |

Щодо комбайнів, капітальні ремонти виконують на спеціалізованому підприємстві, поточний ремонт проводять у майстерні господарства, а технічне обслуговування здійснюють у польових умовах за допомогою пересувної станції технічного обслуговування. Загальна кількість поточних ремонтів за всіма видами комбайнів становить 10, з яких 7 припадає на зернозбиральні комбайни, а 3 — на силосозбиральні.

Капітальний ремонт автомобілів виконують у центральній ремонтній майстерні. У майстерні господарства проводять лише технічне обслуговування № 1 і № 2,

показники яких наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Графік проведення поточного технічного обслуговування автомобілів у майстерні

| Найменування та марка автомобіля | Кількість ТО №1, шт. | Кількість ТО №2, шт. |
|---|---|---|
| Легкові | 34 | 12 |
| Вантажні; | | |
| ГАЗ | 150 | 47 |
| КамАЗ | 15 | 12 |
| ЗиЛ | 15 | 5 |
| Автобус | 13 | 4 |
| Сільськогосподарські машини | Кількість ремонтів | |
| Культиватори | 8 | |
| Борони | 90 | |
| Лущильники | 2 | |
| Сівалки | 17 | |
| Жниварки | 8 | |
| Підбирачі | 7 | |
| Прес-підбирачі | 2 | |
| Стогометальники | 1 | |
| Граблі | 3 | |
| Сінокосарки тракторні | 1 | |

На підставі наведених даних складають таблицю для подальшого розрахунку на ЕОМ.

## 2.2 Побудова графіка виробничого циклу

Графік циклу виробництва будують з метою узгодження послідовності виконання операцій, розподілу їх між окремими виконавцями, а також для визначення кількості робочих місць і тривалості перебування об’єкта в ремонті. Крім того, графік циклу виробництва дає змогу наочно відобразити повний комплекс робіт, пов’язаних із ремонтом певної машини.

Такт виробництва — це проміжок часу, після закінчення якого з майстерні виходить один відремонтований об’єкт.

Такт виробництва визначають за формулою:

$$\tau = \frac{\Phi_n \cdot t_i}{\text{T}} \tag{2.6}$$

де $\Phi_n$ — річний фонд часу роботи підприємства.

Для виконання розрахунків за п’ятиденного або шестиденного робочого тижня фонд часу в середньому приймають рівним 2100 год.

$t_i$ — трудомісткість ремонту переважної машини. Для трактора МТЗ $t_i = 167$ год.

$T$ — сумарна трудомісткість.

$$T = 9114 + 10\% = 9114 + 911{,}4 = 10025$$

$$\tau = \frac{2100 \cdot 167}{10025} = 34{,}98 \approx 35 \text{ год}$$

Після визначення такту виробництва можна переходити до побудови графіка циклу виробництва. Оскільки майстерня є невеликою за розмірами, а такт виробництва досить значний і становить 35 годин, фронт ремонту майстерні перебуває в межах 1,2–1,5. Це свідчить про те, що протягом приблизно половини такту виробництва в майстерні одночасно перебувають дві машини, а в решту часу — лише одна.

Фронт ремонту визначають за формулою:

$$\Ф = \frac{\П}{\tau} \tag{2.7}$$

П — тривалість циклу ремонту.

Далі визначаємо час циклу:

$$\П = \Ф \cdot \tau = 1{,}2 \cdot 35 = 42 \text{ год}$$

Пропускна здатність майстерні характеризується кількістю машин, які можуть бути випущені з ремонту за певний плановий період, як правило, за рік.

Пропускну здатність визначають за відповідною формулою:

$$N_{n.p.e} = \frac{\Ф \cdot f_{\text{о}}^{\text{д}} \cdot n}{\П} \tag{2.8}$$

де $f_{\text{о}}^{\text{д}}$ - дійсний фонд часу роботи обладнання;

$n$ — кількість змін.

$$N_{n.p.e} = \frac{42 \cdot 1892 \cdot 1}{42} = 1892$$

## 2.3 Розрахунок режиму роботи майстерні та балансу часу

Для визначення параметрів виробничого процесу необхідно встановити режим роботи майстерні. Його характеризують тривалість робочого тижня, робочого дня та кількість робочих змін.

Для працівників майстерні приймаємо семигодинний робочий день за однозмінного режиму роботи. У передвихідні та передсвяткові дні тривалість робочого дня скорочується на одну годину.

Під фондом часу ремонтної майстерні розуміють період, протягом якого в межах розрахункового проміжку часу можуть функціонувати виробничі засоби, обладнання та

інші технічні ресурси.

Відповідно до прийнятого режиму роботи визначаємо річний фонд часу майстерні, обладнання та працівника. Номінальний фонд часу майстерні й обладнання в даному випадку буде однаковим, оскільки робота майстерні здійснюється в єдиному встановленому режимі.

Номінальний фонд часу визначають за формулою:

$$Ф_р^н = (Д_к - Д_в - Д_п) \cdot t_{зм} - (Д_{нв} + Д_{нн}) \quad (2.9)$$

де $Д_к$, $Д_в$, $Д_п$ — відповідно кількість календарних, вихідних і святкових днів;

$t_{зм}$— тривалість зміни;

($Д_{нв}$+$Д_{нн}$) — кількість передвихідних і передсвяткових днів, у які тривалість робочого дня скорочується на 1 годину.

$$Ф_р^д = (Д_к - Д_в - Д_п - Д_о) \cdot t_{зм} \cdot \eta - (Д_{нв} + Д_{нн}) \quad (2.10)$$

де $Д_о$ — кількість днів відпустки;

$\eta$ — коефіцієнт, що враховує невиходи на роботу з поважних причин.

Кількість днів відпустки для різних категорій працівників приймають такою:

1. Для ковалів, електро- та газозварювальників, а також акумуляторників тривалість відпустки становить 24 робочі дні.

2. Для мийників, вулканізаторників і мотористів передбачено 18 робочих днів відпустки.

3. Для всіх інших категорій працівників тривалість відпустки становить 15 робочих днів.

$$Ф_р^д = (365 - 52 - 7 - 24) \cdot 7 \cdot 0{,}96 - (52 + 7) = 1836 \text{ год}$$

Це фонд часу працівників першої категорії. Для другої категорії працівників розрахунок виконують аналогічно:

$$Ф_р^д = (365 - 52 - 7 - 15) \cdot 7 \cdot 0{,}96 + (52 + 7) = 1899 \text{ год}$$

Дійсний фонд робочого часу визначають за такою формулою:

$$Ф_о^д = Ф_о^н \cdot \eta \quad (2.11)$$

де $\eta = 0{,}9$ — коефіцієнт, що враховує простої обладнання, пов’язані з його ремонтом.

$$Ф_о^д = 2080 \cdot 0{,}96 = 1892 \text{ год}$$

## 2.4 Розрахунок виробничих цехів і відділень. Перелік допоміжних дільниць

Склад дільниць визначають, виходячи з технологічного процесу ремонту машин і типового проєкту 816-1-47.83 ремонтного підприємства. До складу виробничих дільниць, передбачених типовим проєктом, входять: ковальсько-зварювальна, дільниця обкатки та регулювання двигунів, слюсарно-механічна, дільниця ремонту паливної апаратури, ремонту електрообладнання, ремонту гідравлічних систем, мідницько-жерстяна, дільниця ремонту сільськогосподарських машин, зовнішнього очищення та миття, розбирально-мийна, дільниця діагностування, дефектації та комплектування, а також ремонтно-монтажна.

Окрім цього, проєктом передбачаються окремі допоміжні приміщення: санітарно-побутовий вузол, кімната відпочинку, контора та інструментально-роздавальна комора.

Середньорічну чисельність працівників визначають за відповідною формулою:

$$P_{pi} = \frac{T_i}{\Phi_p^д \cdot \varepsilon} \quad (2.12)$$

де $P_{pi}$ — середньорічна чисельність робітників, осіб;

$T_i$ — сумарна річна трудомісткість, люд.-год;

$\Phi_p^д$ — дійсний річний фонд часу одного працівника, год;

$\varepsilon$ — коефіцієнт, що враховує підвищення продуктивності праці.

$$P_{pi} = \frac{10025}{1892 \cdot 1{,}05} = 5{,}04 \text{ приймаємо 5 людей}$$

Штат ремонтної майстерні визначають за відповідною формулою:

$$P = P_р + P_в + P_{ітр} + P_{моп} + P_с \quad (2.13)$$

де $P_р$ — кількість виробничих робітників, осіб;

$P_в$ — кількість допоміжних робітників, що приймається в розмірі 10 % від числа виробничих робітників, осіб;

$P_{ітр}$ — кількість інженерно-технічних працівників, яка становить 14 % від суми виробничих і допоміжних робітників, осіб;

$P_{моп}$ — кількість молодшого обслуговуючого персоналу, що приймається в розмірі 8 % від загальної кількості виробничих і допоміжних робітників, осіб.

$$P_в = 5 \cdot 0{,}1 = 0{,}5 \text{ приймаємо 1 людину}$$

$$P_{ітр} = (5 + 1)0{,}14 = 1 \text{ люд}$$

$$P_{моп} = (5 + 1)0{,}08 = 1 \text{ люд}$$

$P_c$ — кількість службовців, що приймається в розмірі 8 % від числа виробничих і допоміжних робітників, осіб.

$$P_c = (5 + 1)0{,}08 = 1 \text{ люд}$$

$$P = 5 + 1 + 1 + 1 + 1 = 9 \text{ люд}$$

Штат працівників майстерні з ремонту техніки становитиме 9 осіб. Аналогічно виконують розрахунок чисельності працівників за окремими відділеннями.

Наявний штат персоналу майстерні дає змогу закріпити щонайменше по одному працівнику за кожним видом робіт.

Таблиця 2.5 – Структура розподілу персоналу за видами робіт

| Найменування робіт | Кількість робітників |
|---|---|
| Розбирально-мийні | 1 |
| Ковальські | 1 |
| Зварювальні | 1 |
| Стомочні | 1 |
| Складальні | 1 |
| Слюсарні | 1 |
| Меднично-бляшані | 1 |
| Обкатальні | 1 |

## 2.5 Схема технологічного процесу відновлення трактора

Технологічний процес ремонту являє собою складну систему взаємопов’язаних операцій, що виконуються із застосуванням різноманітного обладнання.

Наведемо коротку характеристику цього технологічного процесу.

1. Приймання і підготовка трактора до ремонту

Трактор передається до ремонтної майстерні господарства трактористом-машиністом, за яким він закріплений. Передання машини в ремонт оформлюється відповідним актом. В акті зазначають кількість витраченого палива в кілограмах або обсяг виконаних умовних еталонних гектарів після останнього ремонту, технічний стан машини, її комплектність і вид необхідного ремонту.

Підготовка трактора до ремонту охоплює такі операції: доставку до майстерні, зовнішнє очищення і миття, злив паливно-мастильних матеріалів, попереднє розбирання, переміщення машини на місце основного розбирання, а також складання

дефектної відомості із зазначенням агрегатів і вузлів, що підлягають ремонту або заміні.

2. Миття техніки

У майстерні передбачена універсальна дільниця, призначена для зовнішнього миття всіх машин, які надходять у ремонт. Трактор, що потребує очищення, подають на дільницю зовнішнього миття. Процес починають з очищення агрегатів і вузлів, які мають складні забруднення, що важко видаляються. Як мийні засоби можуть застосовуватися препарати «Лабомід-101», МС-6, МС-8, «Темп-100».

Після завершення миття трактор переміщують на розбирально-складальну дільницю.

3. Розбирання трактора

Спочатку трактор розбирають на агрегати, а потім — на окремі вузли. Двигуни, паливні насоси, елементи гідросистеми та інші агрегати, які потребують поточного ремонту, знімають залежно від їх технічного стану та потреби у відновленні.

Розбиральні операції виконують у певній послідовності, визначеній технологічними картами типової технології. Не допускається знеособлення базових деталей, які визнані придатними для подальшої експлуатації. Також не рекомендується розукомплектовувати вузли й деталі, що залишаються придатними до роботи, порушувати співвісність та динамічне балансування. Зняті агрегати та вузли підлягають повторному миттю.

4. Миття агрегатів і вузлів

Агрегати миють у мийній машині, а великогабаритні складові — на окремій дільниці миття машин.

5. Дефектація та комплектування деталей і вузлів

Дефектацію й комплектування виконують безпосередньо на робочих місцях, де здійснюється розбирання та складання агрегатів і вузлів.

Під час дефектації деталі розподіляють на три групи: придатні без ремонту, ті, що потребують ремонту, та непридатні до подальшого використання. Після цього їх позначають відповідним кольором: придатні — зеленим, такі, що підлягають ремонту — білим, вибраковані — червоним.

Після завершення дефектації складають дефектну відомість, яка є основним документом для організації ремонтних робіт, визначення потреби в запасних частинах і матеріалах.

Вузли та деталі, що потребують ремонту, передають на відповідні дільниці майстерні. Придатні деталі спрямовують на робочі місця складання. Комплектування вузлів і деталей здійснюють або на місці дефектації, або безпосередньо на робочому місці складання агрегату чи вузла. Відремонтовані вузли та агрегати подають на робочі місця складання тракторів.

6. Складання і регулювання трактора

Перед початком складання працівник повинен ознайомитися з технологічним процесом складання, технічними умовами на складання та регулювання відповідних вузлів і агрегатів, а також перевірити оснащеність робочого місця. Під час складання трактора необхідно суворо дотримуватися послідовності виконання операцій, передбаченої типовою технологією.

Після складання трактор заправляють паливно-мастильними матеріалами, заповнюють водою та направляють на обкатку.

7. Перевірка і обкатка трактора після ремонту

Перед початком обкатки тракторист повинен перевірити стан усіх кріплень. Обкатку трактора виконують поза межами майстерні у суворій відповідності до технічних вимог щодо обкатки тракторів.

Незначні несправності тракторист усуває безпосередньо на місці проведення обкатки. Ті несправності, для усунення яких потрібне регулювання або розбирання вузлів і агрегатів, ліквідують працівники майстерні. Після завершення обкатки трактор власним ходом подають на фарбування.

8. Фарбування трактора

Фарбування виконують у спеціально відведеному приміщенні майстерні за допомогою пульверизатора.

9. Приймання відремонтованого трактора

На відремонтовану машину оформлюють акт приймання з ремонту, після чого її або ставлять на зберігання, або передають у подальшу експлуатацію.

### 2.5.1 Розрахункове обґрунтування та добір обладнання

Під час проєктування необхідно визначити кількість основного обладнання, на якому виконуються головні та найбільш складні роботи з ремонту машин, агрегатів і вузлів.

Кількість мийних машин періодичної дії визначають за формулою:

$$S_{\text{м}} = \frac{Q \cdot t}{\Phi_{\text{о}}^{\text{д}} \cdot g \cdot \eta_0 \cdot \eta_t} \quad (2.14)$$

де $Q$ — загальна маса деталей, що підлягають миттю; її приймають у розмірі 30 % від маси машини, кг;

$t$ — час миття однієї партії деталей, $t = 0{,}5$ год;

$g$ — маса деталей одного завантаження, тобто вантажопідйомність поворотного стола, кг;

$\eta_t$ — коефіцієнт використання мийної машини, який приймають у межах від 0,8 до 0,9;

$\eta_0$ — коефіцієнт, що враховує одночасне завантаження мийної машини за масою залежно від конфігурації та габаритних розмірів деталей.

$$S_{\text{м}} = \frac{900 \cdot 0{,}5}{1892 \cdot 600 \cdot 0{,}7 \cdot 0{,}9} \approx 1$$

Приймаємо одну мийну машину. Визначаємо кількість машин для миття корпусних деталей:

$$S_{\text{в}} = \frac{0{,}15 \cdot Q_{\text{в}} + 0{,}4 \cdot Q_{\text{в}}}{\Phi_{\text{о}}^{\text{д}} \cdot g_{\text{в}} \cdot \eta_0 \cdot \eta_t} \quad (2.15)$$

де $0{,}15 \cdot Q_{\text{в}}$ — маса деталей трактора, що підлягають виварюванню, кг;

$0{,}4 \cdot Q_{\text{в}}$ — маса деталей двигуна, що підлягають виварюванню, кг;

$g_{\text{в}}$ — маса деталей, які можна виварити за одну годину, кг.

$$S_{\text{в}} = \frac{450 + 160}{1892 \cdot 100 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}9} \approx 1 \text{ шт}$$

Інше обладнання мийної дільниці добирають відповідно до прийнятого технологічного процесу. Кількість металорізальних верстатів визначають за формулою:

$$S_{\text{ст}} = \frac{\text{Т}_{\text{ст}} \cdot \text{К}_{\text{п}}}{\Phi_{\text{о}}^{\text{д}} \cdot \eta_0} \quad (2.16)$$

де $T_{\text{ст}}$ — річна трудомісткість верстатних робіт, год;

$K_{\text{п}}$ — коефіцієнт нерівномірності завантаження підприємства, який приймають у межах 1,0…1,3;

$\eta_0$ — коефіцієнт використання верстатного обладнання.

$$S_{\text{ст}} = \frac{848 \cdot 1200}{1892 \cdot 0{,}9} = 0{,}5 \text{ приймаємо } 1$$

Оскільки весь обсяг металорізальних робіт неможливо виконати на одному верстаті, у майстерні встановлюють лише необхідний комплект обладнання.

Кількість стендів для обкатки двигунів визначають за формулою:

$$S_{\text{п}} = \frac{N_d \cdot t_{\text{п}} \cdot \text{C}}{\Phi_{\text{о}}^{\text{д}} \cdot \eta_{\text{ет}}} \quad (2.17)$$

де:

$N_d$ — кількість двигунів, що проходять обкатку та випробування, шт.;

$t_{\text{п}}$ — тривалість обкатки й випробування, год;

$C$ — коефіцієнт, що враховує можливість повторної обкатки, який приймають у межах 1,1÷1,5;

$\eta_{\text{ет}}$ — коефіцієнт використання стендів, який становить $0{,}9 - 0{,}95$.

$$S_{\text{п}} = \frac{33 \cdot 2 \cdot 1{,}1}{1892 \cdot 0{,}9} \approx 1 \text{ приймаємо 1 стенд}$$

### 2.5.2 Обчислення виробничих площ ремонтного підприємства

До виробничих площ ремонтного підприємства належать площі дільниць, зайняті технологічним обладнанням, робочими місцями, верстаками, стендами, наземними транспортними пристроями, а також робочими зонами, проїздами і проходами між обладнанням, за винятком магістральних проїздів.

Площі виробничих дільниць визначають за питомими нормами на один верстат або одиницю іншого обладнання, на одного працівника, на одне робоче місце чи на одну ремонтну одиницю.

Площі дільниці зовнішнього очищення та миття, розбирально-мийної і ремонтно-монтажної дільниць визначають за відповідною формулою:

$$F_{\text{пл}} = (F_{\text{об}} + F_{\text{м}}) \cdot \delta \quad (2.18)$$

де $F_{\text{об}}$ і $F_{\text{м}}$ — площі, зайняті відповідно обладнанням і машинами, м²;

$\delta$ — коефіцієнт, що враховує робочі зони, проходи та проїзди між обладнанням.

$$F_{\text{пл}} = (8 + 42)3{,}4 = 41{,}5 \text{ м}^2$$

Аналогічно визначають і площі інших виробничих дільниць, після чого результати розрахунків зводять у підсумкову таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Результати визначення площ окремих дільниць

| Найменування ділянки | Площа під машини $F_м$ м$^2$ | Площа під обладнання. $F_{об}$ м$^2$ | Коеф-т проходу $\delta$ | Розрахункова площа $F_{роз}$ м$^2$ | Прийнята площа $F_п$ м$^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Зовнішнє очищення та миття | 8 | 4,2 | 3,4 | 41,5 | 45 |
| Ремонтно-монтажний | 72,4 | 21 | 4,2 | 392 | 400 |
| Розбирально-мийний | 8 | 7,4 | 3,5 | 78,4 | 80 |
| Дефентівка та комплектування | 4,1 | 11,5 | 3,5 | 54,6 | 55 |
| Ремонт двигунів | 2 | 10 | 4 | 48 | 50 |
| Обпатки та регулювання двигунів | 2 | 6 | 4 | 32 | 32 |
| Ковальсько-зварювальні | - | 9,2 | 5 | 46 | 50 |
| Мідно-жорсткий | - | 7 | 3 | 21 | 20 |
| Слюсарно-механічний | - | 11 | 3 | 33 | 33 |
| Ремонт паливної апаратури | 0,7 | 2,8 | 3,5 | 12,2 | 12 |
| Ремонт електроустаткування | 0,4 | 4,7 | 3,5 | 17,5 | 18 |
| Акумуляторний | - | 4,1 | 3 | 12,3 | 12 |
| Вулканізаційний | - | 6 | 5 | 30 | 30 |
| Інструментальний | - | 5 | 3,5 | 17,5 | 18 |
| Регулювання та заправки | 10,2 | 3,1 | 3 | 39 | 40 |
| Забарвлення | 8,2 | 0,9 | 4 | 37 | 37 |
| Ремонт сільськогосподарських машин | 10 | 4,1 | 4 | 54,4 | 55 |

### 2.5.3 Обчислення допоміжних площ підприємства

До допоміжних площ належать: контора, туалети, газогенераторна, цехові склади, котельня, компресорна та інші підсобні приміщення.

Санітарно-побутовий вузол і контора розміщуються в корпусі майстерні, а їх площі передбачаються типовими проєктами. Площа контори становить 15–20 м², а санітарно-побутового вузла — 40–50 м². Газогенераторну розміщують поза межами майстерні, при цьому її площу приймають за типовим проєктом у розмірі 6 м².

Площу складів запасних частин і матеріалів визначають, виходячи з кількості ремонтних матеріалів, які підлягають зберіганню в цих приміщеннях:

$$Q = \frac{Q_г \cdot t_м}{12} \quad (2.19)$$

де $Q_г$ — річна потреба ремонтного підприємства в матеріалах і запасних частинах, т;

$t_м$ — строк зберігання матеріалів і запасних частин, міс.; $t_м = 0{,}5 - 3$ місяці;

$Q_г$ приймають із розрахунку 7,5 % від маси трактора та 12,5 % від маси автомобіля для матеріалів, а масу запасних частин — у межах 15–20 % від маси машини, т.

$$Q = \frac{160 \cdot 2}{12} = 28 \text{ т}$$

Площу складських приміщень визначають за відповідною формулою:

$$F = \frac{Q}{q_д \cdot \eta_п} \quad (2.20)$$

де $q_д$ — допустиме навантаження на 1 м² площі складу, яке становить 0,5–2 т;

$\eta_п$ — коефіцієнт, що враховує збільшення площі складу; його приймають рівним 0,3.

$$F = \frac{28}{1{,}5 \cdot 0{,}3} = 62 \text{ м}^2$$

### 2.5.4 Розрахунок штучного освітлення виробничих приміщень

Під час проєктування та розрахунку освітлення виробничих площ і приміщень необхідно враховувати такі вимоги:

– освітлення має бути достатнім для того, щоб працівник міг безперешкодно виконувати операції з об’єктами ремонту;

– освітлення не повинно створювати різких тіней і відблисків;

– стійкість освітлення повинна забезпечуватися з урахуванням характеру виробничого процесу.

#### 2.5.4.1 Обчислення природного освітлення приміщення

Визначення кількості вікон і їх розмірів виконують у певній послідовності. Спочатку обирають вид природного освітлення з урахуванням розміщення дільниць у майстерні, можливого затінення вікон сусідніми будівлями, їх близького розташування, а також висоти приміщення. Після цього розраховують сумарну площу світлових прорізів відповідно до прийнятого виду освітлення. У даному випадку приймають бокове природне освітлення:

$$\sum S_б = \frac{S_п \cdot l_{min} \cdot \eta_0}{100 \cdot \chi \cdot \delta \cdot R} \quad (2.21)$$

де $S_n$ — площа підлоги слюсарно-механічної дільниці, м²;

$l_{min}$ — коефіцієнт природного освітлення;

$\eta_0$ — світлова характеристика вікон;

$\chi$ — коефіцієнт, що враховує вплив відбитого світла при боковому освітленні.

$$\sum S_б = \frac{330 \cdot 3 \cdot 7}{100 \cdot 0{,}4 \cdot 2 \cdot 1} = 8{,}6 \text{ м}$$

Розрахунок висоти вікна 4 виконують за такими формулами:

$$h_0 = H - (h_{під} + h_п) \quad (2.22)$$

де $H$ — висота будівлі, 4,24 м;

$h_{під}$ — висота від підлоги до підвіконня, 0,30 –0,50 м;

$h_п$ — відстань від верхнього краю вікна до підлоги.

Тоді висоту віконного прорізу визначають так:

$$h_0 = 4{,}2 - (0{,}5 + 1{,}5) = 2{,}2 \text{ м}$$

Ширину вікна вибирають залежно від його висоти. У даному випадку приймають вікно розміром 2,1×1,8 м.

Кількість вікон на слюсарно-механічній дільниці визначають за відповідною формулою:

$$N_0 = \frac{\sum S_б}{S_{вік}} \quad (2.23)$$

де $S_{вік}$ — площа одного вікна.

Кількість вікон визначають за формулою:

$$N_0 = \frac{8{,}6}{2{,}1 \cdot 1{,}8} = 2{,}3 \text{ приймаємо 2 вікна}$$

Аналогічно виконують розрахунок кількості вікон і для інших виробничих дільниць.

### 2.5.4.2 Визначення параметрів штучного освітлення

Штучне освітлення — це освітлення приміщення електричним світлом, яке створюється електролампами або лампами денного світла різної потужності та конструкції, що забезпечують достатній рівень освітленості робочих місць. Штучне освітлення може бути місцевим, загальним, комбінованим і спеціальним. Розрахунок виконують за потужністю ламп, що припадає на 1 м² площі розбирально-мийної дільниці, за відповідною формулою:

$$W = \frac{10E}{E_{ел}} \quad (2.24)$$

де $E$ — нормативна освітленість, установлена для даного виду робіт;

$E_{ел}$ — середня освітленість, яку забезпечує одна лампа.

$$W = \frac{10 \cdot 250}{455} = 13 \text{ Вт/м}^2$$

Загальну потужність ламп для освітлення приміщення визначають за відповідною формулою:

$$W_з = W \cdot F_n \quad (2.25)$$

де $F_n$ — площа підлоги розбирально-мийної дільниці, м².

$$W_з = 13 \cdot 79 = 1027 \text{ кВт}$$

Визначаємо кількість ламп, необхідних для освітлення приміщення:

$$N_л = W/\text{Р}_л \quad (2.26)$$

де $P_л$ — потужність однієї лампи.

$$N_л = \frac{1027}{200} = 5{,}1 \text{ шт}$$

Таблиця 2.7 – Кількість освітлювальних ламп у межах дільниць

| Найменування ділянки | Нормоване освітлення | Кількість ламп | |
|---|---|---|---|
| | | Розрахунок | Прийнято |
| Зовнішнього очищення та миття | 150 | 3,7 | 4 |
| Ремонтно-мийний | 150 | 2,2 | 2 |
| Дефектування та комплектування | 250 | 5,7 | 5 |
| Матеріало-ремонтний | 150 | 2,8 | 3 |
| Ковальсько-зварювальний | 150 | 4,3 | 4 |
| Медницько-желяницький | 200 | 3,1 | 3 |
| Слюсарно-механічний | 200 | 5,7 | 6 |
| Ремонт паливної апаратури | 150 | 3,7 | 4 |
| Ремонт електроустаткування | 150 | 4,1 | 4 |
| Акумуляторний | 150 | 3,9 | 4 |
| Вулканізації | 150 | 0,9 | 1 |
| Інструментальний | 150 | 2,2 | 2 |
| Регулювання та заправки | 150 | 2,1 | 2 |
| Забарвлення | 150 | 2,3 | 2 |
| Ремонт сільськогосподарських машин | 150 | 4,3 | 4 |

### 2.5.5 Розрахунок вентиляційного забезпечення приміщення

У всіх виробничих приміщеннях ремонтного підприємства передбачають природну вентиляцію, а в окремих з них — також штучну. Проєктування вентиляції у

виробничих приміщеннях ремонтного підприємства слід виконувати відповідно до будівельних норм і правил таким чином, щоб під час проведення всіх видів робіт на робочих місцях і в робочій зоні вміст шкідливих речовин у повітрі не перевищував допустимих норм.

**2.5.5.1 Обчислення природного вентилювання приміщення**

Згідно з нормами промислового будівництва, усі приміщення повинні бути забезпечені природним провітрюванням. Площу кватирок приймають у межах 2–4 % від площі підлоги:

$$L_{\text{р}} = \frac{79 \cdot 4}{100} = 3{,}16 \text{ приймаємо 3 кватирки.}$$

**2.5.5.2 Обчислення системи штучного вентилювання**

Штучну вентиляцію необхідно передбачати в тих приміщеннях, де кратність повітрообміну перевищує 3. Величину повітрообміну визначають за відповідною формулою:

$$L * \text{в} = V_n \cdot \text{к} \tag{2.27}$$

де $V_n$ — об’єм приміщення;

к — кратність повітрообміну.

За розрахованим об’ємом повітря підбирають тип вентилятора, його номер, необхідний напір і коефіцієнт корисної дії. Після цього визначають потрібну потужність електродвигуна для приводу вентилятора:

$$N_{ne} = (1{,}2 - 1{,}5)\frac{L_{\text{в}} \cdot \text{Н}_{\text{в}}}{3600 \cdot 102 \cdot \eta \cdot h} \tag{2.28}$$

де $\text{Н}_{\text{в}}$ — напір повітряного потоку;

$L_{\text{в}}$ — коефіцієнт корисної дії вентилятора;

$\eta$ — коефіцієнт корисної дії передачі;

$1{,}2 - 1{,}5$ — коефіцієнт, що враховує втрати напору повітря.

$$N_e = N_{\text{ел}} \cdot \text{К}_0 \tag{2.29}$$

де $K_0$ — коефіцієнт, що враховує витрати потужності на початковий пуск установки;

при $N_{\text{e}}$ до 5 кВт приймають $K_0 = 1{,}5$;

при $N_{\text{e}}$ від 5 до 10 кВт приймають $K_0 = 1{,}4$.

Для розбирально-мийної дільниці за формулами 2.27, 2.28, 2.29 одержуємо:

$$L_{\text{в}} = 262 \cdot 4 = 1048 \text{ м}^3$$

$$N_{ne} = 1{,}2 \cdot \frac{1048 \cdot 90}{3600 \cdot 102 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}9} = 0{,}57 \text{ кВт}$$

Для розбирально-мийної дільниці приймаємо осьовий вентилятор ЦАТІ серії МЦ № 4:

$$N_e = 0{,}57 \cdot 1{,}5 = 0{,}86 \text{ кВт}$$

Для приводу вентилятора вибираємо електродвигун серії АОЛ-21-4:

$$N = 1{,}1 \text{ кВт} \ldots n = 1400 \text{ с}$$

Аналогічно виконують розрахунок штучної вентиляції і для тих виробничих дільниць, де її встановлення є необхідним.

Таблиця 2.8 – Розподіл дільниць за наявністю штучної вентиляції

| Найменування ділянки | Об'єм приміщення м$^3$ | Кратність повітря | Необхідна кількість повітря | Марка вентилятора | Потужність електродвигуна |
|---|---|---|---|---|---|
| Медницько-бляшанковий | 105 | 3 | 315 | ЭВР-6 | 0,8 |
| Ковальсько-зварювальний | 201 | 5 | 1005 | МЦН-4 | 1,1 |
| Ремонт паливної апаратури | 136 | 5 | 686 | ЭВРПН | 0,8 |
| Обкатка та регулювання двигуна | 165 | 5 | 825 | МЦН-4 | 1,1 |
| Розбирально-мийний | 202 | 4 | 1008 | МЦН-4 | 1,1 |
| Ремонт ел.облад. | 252 | 5 | 1260 | МЦН-4 | 1,1 |

### 2.5.5.3 Визначення параметрів місцевої вентиляції

Під час проєктування місцевої вентиляції визначають годинний об’єм повітря, що

видаляється через витяжний зонт, за відповідною формулою:

$$V_з = U_з F \cdot 3600 \quad (2.30)$$

де $U_з$ — середня швидкість руху повітря в приймальній частині зонта, яка приймається рівною 0,9 м/с;

$F$ — площа приймальної частини зонта, м².

$$F = (0{,}84 \cdot H + n) \cdot (0{,}84 \cdot H + \text{В}) \quad (2.31)$$

де $n$ — відстань від поверхні обладнання до приймальної частини зонта, м.

Для зварювального стола розрахунок виконують за відповідною формулою:

$$V_з = 0{,}9 \cdot 2 \cdot 3600 = 6500 \text{ м}^3/\text{ год}$$

Потужність електродвигуна визначають за формулою 2.28. Для забезпечення роботи системи вибираємо вентилятор типу МЦ-5:

$$N_\text{е} = 1{,}5 \cdot \frac{6500 \cdot 97}{3600 \cdot 102 \cdot 0{,}54} = 4{,}7 \text{ кВт}$$

Для приводу вентиляційної установки вибираємо електродвигун типу АО-2-42-2 потужністю 4,7 кВт, $N = 1400^{-1}$с

Аналогічно виконують розрахунок і для інших робочих місць, де необхідно передбачити встановлення місцевої вентиляції.

Отримані результати зводимо у підсумкову таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Дані щодо робочих місць із локальною вентиляцією

| Робоче місце | Тип відсмоктування | Розрахункова формула | Годинний об'єм повітря, що відсмоктується | Потужність ел. двигуна, кВт |
|---|---|---|---|---|
| Ковальське | | $V_з$=1,8*3600 | 6500 | 5,5 |
| Зварювальне | зонд | $V_з$=2*0,9*3600 | 6500 | 5,5 |
| Медницько-бляшанкове | зонд | $V_з$=0,9*1*3600 | 3240 | 3,7 |
| Забарвлення | зонд | $V_з$=0,9*2*3600 | 6500 | 5,5 |

## 2.6 Дослідження запропонованого стенда для монтажу і демонтажу муфт зчеплення

Стенд для розбирання та складання муфт зчеплення призначений для стискання пружин під час виконання операцій розбирання і складання муфт зчеплення двигунів А-01М, А-41, СМД-17КН, СМД-18КН, СМД-19, СМД-20, СМД-23, СМД-60, СМД-62, СМД-64, СМД-72, Д-65М, Д-240, Д-240Л, а також комбайна СКД-6 «Єнісей-1200».

Упровадження цього стенда зумовлене необхідністю заміни ручної праці під час ремонту муфт зчеплення в господарстві на механізований спосіб виконання робіт. Це дає змогу підвищити продуктивність праці, полегшити процес ремонту та знизити рівень травматизму під час виконання ремонтних операцій.

### 2.6.1 Будова стенда

Стенд складається з основи 1, зварної конструкції із закріпленою на ній плитою 7, яка призначена для встановлення муфт зчеплення, що підлягають ремонту; пневмоциліндра 2 з пружинами 3 для стискання пружин муфт, розміщеного всередині стенда; механізму регулювання розведення притискачів; апаратури підготовки повітря; а також стійки 6 для інструменту та деталей, розташованої над плитою стенда, що і становить суть конструктивної розробки.

### 2.6.2 Схема функціонування стенда

Шток 9 пневмоциліндра 2 за допомогою сферичного шарніра 10 з’єднаний із центральною частиною плити 6. Притискачі 3 шарнірно закріплені на кришці, а їхні робочі кінці розміщені в повзунах, які, у свою чергу, встановлені в радіальних пазах плити 7. Механізм регулювання розведення притискачів містить поворотний диск 4, змонтований на корпусі сферичного шарніра 10, з трьома спіральними пазами, що взаємодіють із повзунами 5 через закріплені на них пальці.

Під час подачі стисненого повітря в поршневу порожнину гільза циліндра переміщується вниз, унаслідок чого притискачі зближуються, захоплюють установлену на стенді муфту зчеплення та притискають її до плити, стискуючи пружини і створюючи умови для розбирання або складання муфти. Під час повороту диска 4 за допомогою рукоятки 11, яка одночасно виконує функцію фіксатора, повзуни 5 переміщуються в радіальних пазах плити, забезпечуючи встановлення притискачів у потрібному положенні.

Стенд укомплектований ложементом, одна сторона якого призначена для встановлення муфт зчеплення двигуна А-01М, а інша — для муфт двигуна А-41. Крім того, до комплекту входять три ловителі та оправка, які використовуються під час складання муфт зчеплення коробки передач зернозбирального комбайна.

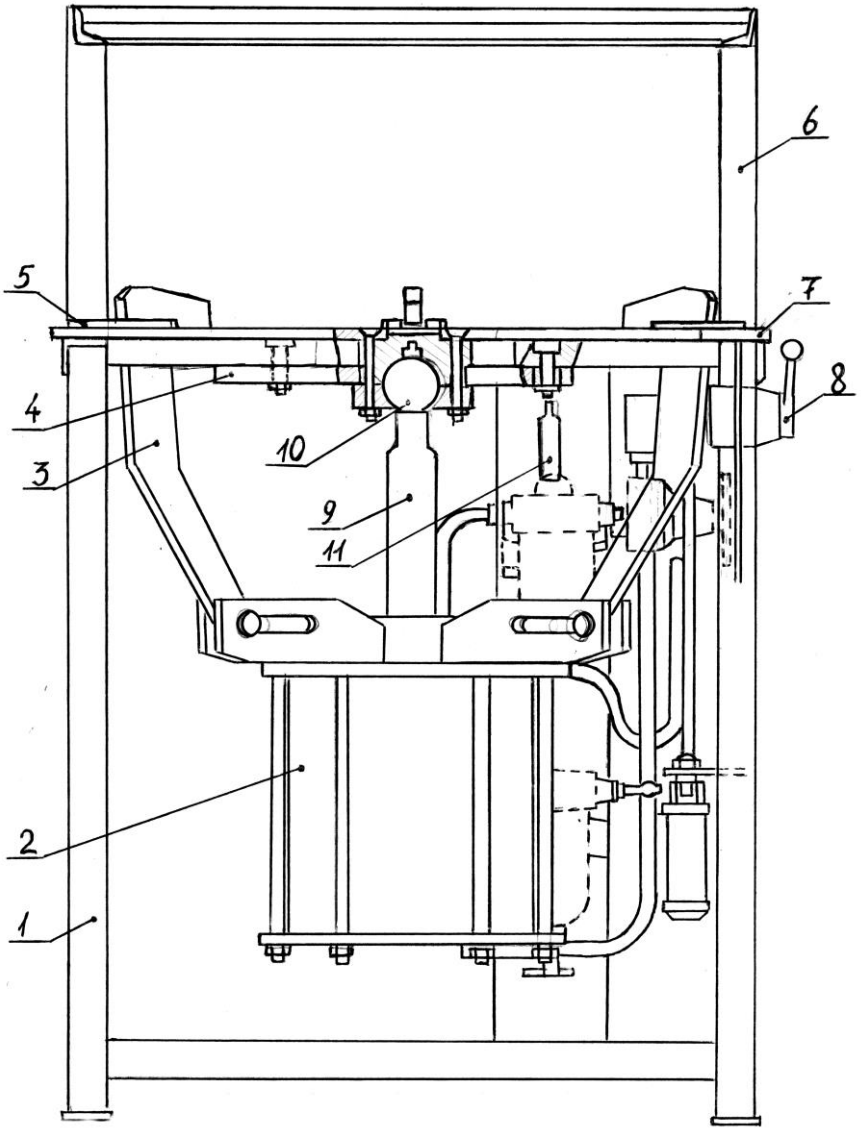



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд стенда для розбирання і складання муфт зчеплення

1 – опорна основа; 2 – пневматичний циліндр;3 – притискний елемент; 4 – диск; 5 – повзун; 6 – стійка; 7 – плита; 8 – пневморозподільник; 9 – шток; 10 – кульовий шарнір; 11 – рукоятка фіксатора;

## 2.7 Розрахунок конструкції за умовами міцності

Розрахунок кутника № 4 на стійкість, гнучкість, критичну силу та напруження кручення [10]. Кутник защемлений одним кінцем. Довжина кутника $l = 400$ мм.

Габаритні розміри профілю — 40×40×4 мм, площа поперечного перерізу $F = 3{,}08$ см$^2$, $j_{min} = 1{,}9$ см$^2$; E $= 200000$ Н/ см$^2$ ; $i_{min} = 0{,}78$; $[\delta_{сж}] = 1300$ Н/ см$^2$; $\mu = 2$, Ст-3.

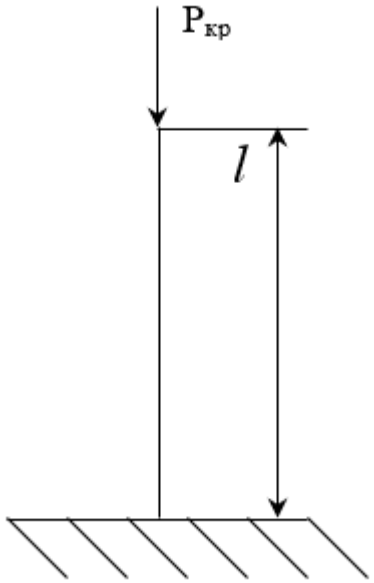



Рисунок 2.2 – Розрахункова схема стержня при дії сили $P_{кр}$

Визначаємо критичну силу $P_{кр}$:

$$P_{кр} = 2{,}5 \cdot \frac{E \cdot j_{min}}{l^2} \tag{2.32}$$

де $E$ – модуль пружності матеріалу;

$j_{min}$ – момент інерції перерізу кутника;

$l$ – довжина кутника.

$$P_{кр} = 2{,}5 \cdot \frac{200000 \cdot 1{,}9}{160000} = 59{,}575 \text{ Н/см}^4$$

Розрахунок напруження кручення:

$$\delta_к = \frac{P_{кр}}{F} \tag{2.33}$$

де $F$ — площа поперечного перерізу.

$$\delta_к = \frac{59{,}375}{3{,}08} = 19{,}27 \text{ Н/см}^2$$

Визначення критичного напруження:

$$\delta_{кр} = a - b\lambda + c\lambda^2 \tag{2.34}$$

де: $a, b, c$ — табличні параметри для сталі Ст3, які відповідно дорівнюють 3100; 11,4; 0 [10].

Гнучкість стержня визначаємо:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{min}} \tag{2.35}$$

де: $\mu$ — коефіцієнт стійкості

$$\lambda = \frac{2 \cdot 40}{0{,}78} = 102{,}56$$

$$\delta_{\text{кр}} = 3100 - 11{,}4 \cdot 102{,}56 + 0 \cdot 102{,}56^2 = 19{,}31\ H$$

Знаходимо допустиму силу $P_{\text{дод}}$:

$$P_{\text{дод}} = \varphi \cdot [\delta_{\text{сж}}] \cdot F \tag{2.36}$$

де: $\varphi$ — коефіцієнт зниження допустимого напруження, який приймають рівним 0,6.

$$P_{\text{дод}} = 0{,}6 \cdot 1300 \cdot 3{,}08 = 2402\ \text{Н}$$

З виконаних розрахунків видно, що кутник почне втрачати стійкість і згинатися під дією сили, яка становить приблизно 24 кг. Однак, оскільки дана конструкція призначена лише для розміщення інструменту, а її фактичне навантаження не перевищуватиме 3–5 кг, можна зробити висновок, що вибраний кутник повністю відповідає умовам роботи та забезпечує необхідну міцність.

Розрахунок зварного з'єднання. Виконуємо розрахунок зварного напусткового з'єднання двох кутників із сталі Ст3, з'єднаних фланговим швом [11]: $Q = 50\ H; l = b =$ 40 мм; $\delta_{\text{т}} = 225$ Мпа; $[n] = 1{,}45$.

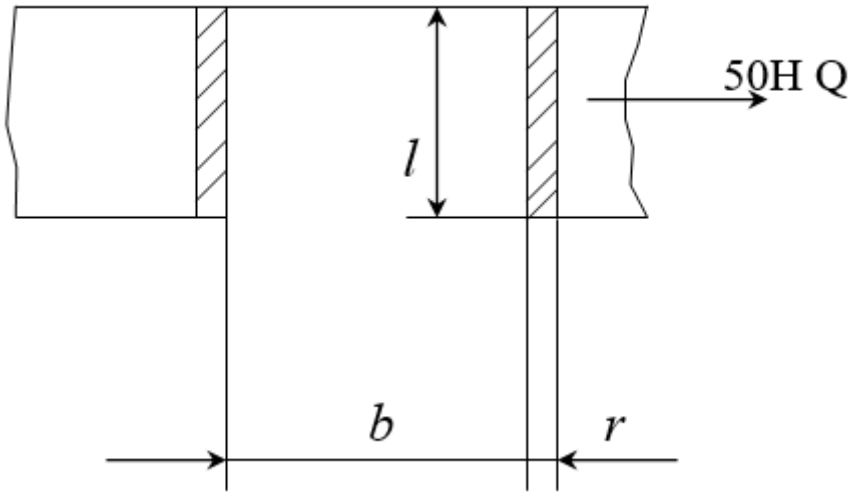



Рисунок 2.3 – Схема навантаження елемента при крученні

Визначаємо допустиме напруження розтягу для деталей, що з'єднуються:

$$[\delta_{\text{р}}] = \delta_{\text{т}}/n \tag{2.37}$$

$$[\delta_{\text{р}}] = \frac{225}{1{,}45} = 155\ \text{МПа}$$

Обчислюємо допустиме напруження зрізу зварного шва:

$$[\tau_{\text{ср}}] = 0{,}6 \cdot [\delta_{\text{р}}] \tag{2.38}$$

$$[\tau_{\text{ср}}] = 0{,}6 \cdot 155 = 93\ \text{Мпа} = 9{,}3\ \text{Н/мм}$$

Перевіряємо зварний шов на міцність:

$$\tau_{\text{ср}} = Q/(0{,}7 \cdot r \cdot 2l) \leq [\tau_{\text{ср}}] \quad (2.39)$$

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{50}{0{,}7 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 40} = 0{,}22 \text{ Н/мм}$$

Із виконаних розрахунків видно, що зварні шви сприймають навантаження, яке у кілька разів менше за допустиме напруження зрізу. Це свідчить про достатній запас міцності з'єднання та підтверджує надійність прийнятого конструктивного рішення.

## 2.8 Оцінка конструкції щодо відповідності вимогам охорони праці

Упровадження стенда дає змогу підвищити продуктивність праці у 1,4 раза, зменшити металоємність конструкції на 90 кг, утричі розширити номенклатуру муфт зчеплення, що підлягають ремонту, а також знизити трудомісткість виготовлення. Для обробки деталей стенда не потрібно спеціального обладнання, складного технологічного оснащення чи спеціального інструменту [12].

– Підготовка до роботи

Перед початком роботи працівник зобов'язаний перевірити технічний стан стенда. Необхідно впевнитися у відсутності тріщин або зламів на притискачах, а також перевірити надійність з'єднання трубопроводів.

Слід оглянути інструменти та пристрої, необхідні для виконання ремонту, переконатися в їх справності й розмістити їх на стійці таким чином, щоб ними було зручно користуватися під час роботи.

Також потрібно впевнитися, що робоче місце має достатній рівень освітлення.

– Робота на стенді

До роботи на стенді допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли вступний інструктаж та інструктаж безпосередньо на робочому місці, знають технологічний процес виконання робіт і будову стенда.

Під час роботи необхідно постійно контролювати надійність захоплення муфти зчеплення притискачами. Забороняється тримати руки на притискачах або поблизу них під час роботи стенда.

Операції розбирання і складання слід виконувати лише у суворій відповідності до встановленої технології.

Для роботи необхідно застосовувати гайкові ключі, розміри зіву яких відповідають розмірам гайок.

Зняті з муфти зчеплення деталі потрібно акуратно складати на стійку.

Робоче місце слід постійно підтримувати в чистоті та належному порядку.

– Після закінчення роботи

Після завершення роботи необхідно прибрати складові частини муфти зчеплення.

Далі слід відключити подачу стисненого повітря, зібрати інструмент і пристрої та покласти їх у спеціально відведене місце.

# 3 ОХОРОНА ПРАЦІ

## 3.1 Мета і завдання охорони праці на підприємстві

Охорона праці — це система законодавчих, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних та організаційних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Чинне законодавство у сфері охорони праці в нашій країні ґрунтується на правових, технічних і санітарно-гігієнічних нормах. Вихідним положенням при цьому є розуміння того, що здоров'я людини є не лише її особистим благом і важливою життєвою цінністю, а й вагомим суспільним надбанням. Саме тому турбота про збереження здоров'я кожного працівника повинна бути одним із першочергових завдань. У досягненні цієї мети важливу роль відіграє належна організація охорони праці та техніки безпеки на виробництві.

Технічне переоснащення народного господарства, розвиток механізації, автоматизації, комп'ютеризації, широке використання електроенергії та хімізації сільськогосподарського виробництва мають визначальне значення для якісної зміни змісту праці.

Якщо раніше виробнича праця мала переважно фізичний, м'язовий характер, то нині, під впливом науково-технічного прогресу, вона дедалі більше набуває інтелектуального змісту. Завдяки розвитку техніки значно розширилися можливості людини, але водночас зросли і вимоги до забезпечення безпечних умов праці.

У процесі трудової діяльності працівник зазнає впливу фізичних і хімічних небезпечних чинників, які можуть спричинити небажані зміни у стані його здоров'я. Це безпосередньо позначається як на рівні продуктивності праці, так і на загальних результатах виробництва.

Продуктивність праці нерозривно пов'язана з умовами, у яких працює людина. Для її підвищення необхідно усувати монотонність праці, забезпечувати належні санітарно-гігієнічні умови, раціонально організовувати режим праці та відпочинку, а також здійснювати інші заходи, спрямовані на поліпшення виробничого середовища. За умови реалізації таких чинників продуктивність праці істотно зростає, а рівень виробничого травматизму знижується.

Отже, головним завданням охорони праці є створення таких умов трудової діяльності, за яких виключається або максимально обмежується вплив на працівників

небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

### 3.2 Правила безпечного виконання ремонтних робіт

Працівники, які приймаються на ремонтне підприємство, повинні пройти вступний інструктаж, інструктаж безпосередньо на робочому місці, оволодіти практичними навичками безпечного виконання робіт і пройти перевірку засвоєних знань [14].

Перед початком роботи працівник зобов'язаний одягнути передбачені для відповідного виду робіт спецодяг, спецвзуття, головний убір, а за потреби — і засоби індивідуального захисту. Одяг має бути справним і застібнутим на всі ґудзики.

Приступаючи до виконання операцій на робочому місці, працівник повинен перевірити наявність і справність захисних огороджень, інструменту та пристроїв, а також надійність кріплення заземлювальних провідників.

Працівник зобов'язаний утримувати робоче місце в чистоті й порядку, не захаращувати проходи та проїзди, а заготовки й деталі складати лише у спеціально відведених місцях.

Розбирання і складання дрібних вузлів необхідно виконувати на верстаках, а великогабаритних — на спеціальних стендах, до яких має бути забезпечений вільний доступ з усіх боків. Виконання розбирально-складальних робіт безпосередньо на підлозі не допускається.

Під час монтажу деталей усередині та зовні сільськогосподарських машин слід користуватися переносними лампами напругою 12–36 В, а також застосовувати стійкі драбини, підставки, дерев'яні щити, спеціальні підкладки та інші пристрої, що гарантують безпеку під час виконання монтажних робіт. Використання випадкових підставок категорично забороняється.

Під час розбирання та складання вузлів і механізмів необхідно використовувати знімачі та пристрої, які забезпечують безпечні умови праці. Такі знімачі не повинні мати тріщин, погнутих стрижнів, деформованих робочих поверхонь, зірваної або зім'ятої різьби.

Забороняється подовжувати гайкові ключі шляхом приєднання іншого ключа чи труби, підкладати металеві пластини між гайкою та зівом ключа, а також бити молотком по ключу.

Вузли та деталі слід укладати на стелажі, при цьому важкі деталі необхідно

розміщувати на нижніх полицях. Забороняється класти важкі деталі на край верстака або стелажа.

Під час користування підйомно-транспортними засобами забороняється підіймати вантаж, маса якого перевищує вантажопідйомність механізму; необхідно надійно, без перекосів закріплювати вантаж на гаку й не залишати його в піднятому стані.

Після завершення складання машини або агрегата потрібно перевірити надійність кріплення вузлів і деталей, натяг ланцюгів і ременів, а також переконатися, що всередині не залишилися сторонні деталі чи інструменти.

Після закінчення роботи слід привести до ладу робоче місце, прибрати з верстака стружку, обрізки та тирсу, очистити інструмент і пристрої та покласти їх у встановлене місце.

# 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

## 4.1 Технічні та економічні показники діяльності

До основних техніко-економічних показників майстерні слід віднести: вартість основних виробничих фондів, кількість основного обладнання, виробничу програму підприємства в умовних ремонтах і грошовому вираженні, чисельність промислово-виробничого персоналу, собівартість ремонту виробу, а також обсяг річної економії підприємства, отриманої внаслідок зниження собівартості ремонту.

Вартість основних виробничих фондів нового ремонтного підприємства визначають за відповідною формулою [5]:

$$С_о = С_{зд} + С_{об} + С_{пр} \quad (4.1)$$

де: $С_{зд}$, $С_{об}$ — вартість виробничої будівлі та встановленого обладнання, грн;

$С_{пр}$ — вартість приладів, пристроїв та інструменту, одинична ціна яких перевищує 100 рублів, незалежно від строку їх служби.

Вартість додатково встановленого обладнання:

$$С_{об} = 149350 \text{ грн та } С_{пр} = 16153 \text{ грн}$$

де: $С_{об}$, $С_{пр}$ — вартість додаткового обладнання, приладів та інструменту в розрахунку на 1 м².

$$С_{дон} = 149350 + 16153 = 165503 \text{ грн}$$

Розрахунок планової калькуляції собівартості ремонту виробу. Повна заробітна плата виробничих робітників з нарахуваннями:

$$С_{пр.н} = t_{вир} \cdot С_{год} \cdot К_{дод} \cdot К_{соц} \cdot Р_к \quad (4.2)$$

де $t_{вир}$ — нормативна трудомісткість ремонту виробу, люд.-год;

$С_{год}$ — годинна тарифна ставка робітників середнього розряду за 1 годину;

$К_{дод}$ — коефіцієнт, що враховує доплати за понаднормові та інші види робіт; $К_{дод} = 1{,}1$;

$Р_к$ — районний коефіцієнт; $Р_к = 1{,}5$;

$К_{соц}$ — коефіцієнт відрахувань на соціальні потреби; $К_{соц} = 1{,}261$.

$$С_{пр.н} = 167 \cdot 15 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}261 \cdot 1{,}5 = 5212{,}03 \text{ грн}$$

Визначаємо собівартість ремонту виробу:

$$С_{сб} = С_{пр.н} + С_{з.ч} + С_{рем} + С_{оп} \quad (4.3)$$

де $С_{сб}$ — повна собівартість ремонту виробу;

$С_{пр.н}$— повна заробітна плата виробничих робітників;

$С_{з.ч}$ — вартість запасних частин; $С_{з.ч} = 9580$ грн.;

$С_{рем}$ — вартість ремонтних матеріалів; $С_{рем} = 1220$ грн.;

$С_{оп}$ — вартість загальновиробничих накладних витрат у розрахунку на одиницю приведеного ремонту.

$$С_{оп} = (R_{оп} \cdot С_{пр}/100)N_{пр} \quad (4.4)$$

де: $R_{оп}$ — відсоток загальновиробничих накладних витрат;

$С_{пр}$ — основна заробітна плата виробничих робітників;

$N_{пр}$ — кількість приведених ремонтів, 60 шт.

Тоді:

$$С_{оп} = \left(135 \cdot \frac{2505}{100}\right) 60 = 56{,}11 \text{ грн}$$

Повна собівартість ремонту виробу становитиме:

$$С_{пс} = 5212{,}03 + 9580 + 1220 + 56{,}11 = 16068{,}12 \text{ грн}$$

Розрахунок валової продукції. У проєктах майстерень колгоспів і радгоспів, які не випускають ремонтну продукцію для реалізації на сторону, обсяг умовної валової продукції на плановий період визначають за повною собівартістю виробу:

$$N_{пр} = Т_{об}/Т_{п} \quad (4.5)$$

де: $Т_{об}$ — загальна річна трудомісткість робіт майстерні;

$Т_{п}$ — трудомісткість ремонту однієї машини.

$$N_{пр} = \frac{10025}{167} = 60 \text{ од}$$

$$B_{п} = 60 \cdot 16068{,}12 = 9640872 \text{ грн}$$

Річна економія від зниження собівартості ремонту виробу:

$$Е_{г} = (С_{оц} - С_{пс})N_{пр} \quad (4.6)$$

де $С_{пс}$ — попередня собівартість ремонту виробу.

Тоді річна економія від зниження собівартості становитиме:

$$Е_{г} = (18740 - 16068{,}12)60 = 160320 \text{ грн}$$

Строк окупності капітальних вкладень:

$$Т_{о} = С_{о}/Е_{г} \quad (4.7)$$

де $С_{о}$ — вартість основних виробничих фондів у розрахунку на одного працівника, грн.

$$T_o = \frac{165503}{160320} = 1{,}03 \text{ роки}$$

З огляду на те, що економічна ефективність капітальних вкладень є невисокою, строк їх окупності буде досить тривалим. Проте, незважаючи на це, будівництво майстерні є необхідним і економічно виправданим.

Крім того, слід враховувати, що своєчасне технічне обслуговування та поточний ремонт дають змогу скоротити простої тракторів. Це, у свою чергу, безпосередньо впливає на підвищення ефективності використання машинно-тракторного парку, забезпечує дотримання оптимальних строків виконання весняно-польових робіт і сприяє покращенню виробничих результатів господарства.

Унаслідок належної організації технічного обслуговування можна очікувати підвищення врожайності приблизно на 1 %, а також зростання продуктивності тваринництва: виробництво молока може збільшитися на 0,5 %, а приріст м'яса великої рогатої худоби — на 0,25 % за рік.

## 4.2 Розрахунок економічної ефективності використання стенда

Для визначення ефективності впровадження стенда доцільно провести його порівняння з базовим, серійно виготовлюваним стендом за основними техніко-економічними показниками на прикладі використання в умовах господарства.

Таблиця 4.1 – Основні техніко-економічні показники

| Найменування показників | Позначення | Одиниці виміру | Показники | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Базовий I | Експериментальний II |
| Річна програма ремонту | $B_1$ $B_2$ | Шт | 60 | 60 |
| Відпускна ціна стенду | $Ц_{от}$ | руб | 5200 | - |
| Лімітна ціна стенду | $Ц_л$ | руб | - | 5500 |
| Балансова вартість обладнання | $Б_1$ $Б_2$ | руб | 6240 | 6600 |
| Середньозважена норма часу на розбирання | $t_1$ $t_2$ | час | 0,4 | 0,35 |
| Середній розряд робіт | | | 5 | 5 |
| Годинна тарифна ставка відповідає середньому розряду | $С_{чс}$ | | 5,33 | 5,33 |
| Норма річних амортизаційних | а | % | 13 | 13 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| відрахувань на капітальний ремонт обладнання | | | | |
| Коефіцієнт, що враховує додаткову зарплату та відрахування в соц. | $К_{д}$ | | 1,15 | 1,15 |
| Норма річних амортизаційних відрахувань на виробничу площу | $а_{п}$ | % | 3 | 3 |
| Виробнича площа займана обладнанням з урахуванням проходів та проїздів Кпр = 3,5 | $S_1$ $S_2$ | $м^2$ | 2,52 | 1,87 |
| Вартість 1 м2 виробничої площі | $П_{пл}$ | руб | 2140 | 2140 |
| Частки відрахування від балансової вартості обладнання на реновацію | $Р_1$ $Р_2$ | | 0,0627 | 0,0627 |

Розрахунок економічного ефекту виконують за відповідною формулою:

$$Е = З_1 \frac{В_1}{В_2} \cdot \frac{Р_1 + Е_н}{Р_2 + Е_н} + \frac{(U_I^I - U_2^I) - Е_н(К_I^I - К_2^I)}{Р_2 + Е_н} - З_2 \quad (4.8)$$

де:

$З_1$, $З_2$ — приведені витрати на виготовлення базового та нового стенда, руб.;

$В_1$, $В_2$ — річна програма ремонту, шт.;

$Р_1$, $Р_2$ — частки відрахувань від балансової вартості;

$Е_н$ — нормативний коефіцієнт порівняльної ефективності, $Е_н = 0{,}15$;

$U_1$, $U_2$ — річні витрати споживача;

$К_1$, $К_2$ — супутні капітальні витрати споживача, руб.

Розрахунок річних витрат споживача:

$$U_I^I = (С_{З1} + С_{А1} + А_{n1}) \cdot В_1 \quad (4.9)$$

$$U_2^I == (С_{З2} + С_{А2} + А_{n2}) \cdot В_2 \quad (4.10)$$

Заробітна плата (з нарахуваннями) розраховується:

$$С_З = С_{чс} \cdot t \cdot К_д \quad (4.11)$$

За першим варіантом заробітна плата з нарахуваннями становить:

$$С_{31} = 5{,}33 \cdot 0{,}4 \cdot 1{,}15 = 2{,}48$$

За другим варіантом цей показник дорівнює:

$$С_{32} = 5{,}33 \cdot 0{,}35 \cdot 1{,}15 = 2{,}17$$

Відрахування на капітальний ремонт обладнання:

$$C_a = \frac{Б \cdot \alpha}{100 \cdot 60} \quad (4.12)$$

За першим варіантом $C_{a1} = \frac{6240 \cdot 13}{100 \cdot 60} = 13{,}52$

За другим варіантом $C_{a2} = \frac{6600 \cdot 13}{100 \cdot 60} = 14{,}3$

Відрахування на амортизацію виробничої площі розраховується за формулою:

$$A_n = \frac{S \cdot Ц_{пл} \cdot a_n}{100 \cdot 60} \quad (4.13)$$

За першим варіантом $A_{n1} = \frac{2{,}52 \cdot 2140 \cdot 3}{100 \cdot 60} = 2{,}69$

За другим варіантом $A_{n2} = \frac{1{,}82 \cdot 2140 \cdot 3}{100 \cdot 60} = 1{,}94$

Річні експлуатаційні витрати становлять:

$$U_1^I = (2{,}48 + 13{,}52 + 2{,}69) \cdot 60 = 1121{,}4$$

$$U_2^I = (2{,}17 + 14{,}3 + 1{,}94) \cdot 60 = 1104{,}6$$

Розрахунок супутніх капітальних витрат:

$$К_1^I = S_1 \cdot П_{пл} \quad (4.14)$$

$$К_2^I = S_2 \cdot П_{пл} \quad (4.15)$$

$$К_1^I = 2{,}52 \cdot 2140 = 5393$$

$$К_2^I = 1{,}82 \cdot 2140 = 3894{,}8$$

Розрахунок очікуваної економічної ефективності:

$$Е = 6240 \cdot 1 \cdot 1 + \frac{(1121{,}4 - 1104{,}6) - 0{,}15 \cdot (3894 - 1498{,}2)}{0{,}0627 + 0{,}15} - 6600 = 775{,}54$$

# ВИСНОВОК

У роботі проведено аналіз основних дефектів блока циліндрів двигуна КамАЗ-740 та розглянуто способи їх усунення.

Розроблено технологічний процес заварювання тріщин у блоках циліндрів двигуна КамАЗ-740 методом газового зварювання. Для впровадження цієї технології підібрано необхідне обладнання. На підставі виконаних розрахунків установлено, що площа газозварювальної дільниці повинна становити 18 м².

Також спроєктовано мобільний гідравлічний підйомник і виконано технологічні та міцнісні розрахунки його основних елементів.

Опрацьовано заходи з охорони праці та екологічного забезпечення під час відновлення блоків циліндрів методом газового зварювання. Крім того, виконано розрахунок місцевої вентиляції для газозварювальної дільниці.

За результатами економічних розрахунків установлено, що річний економічний ефект від упровадження технології відновлення блоків циліндрів двигуна КамАЗ-740 газовим зварюванням становитиме 162270 грн., а строк окупності додаткових капіталовкладень дорівнюватиме 0,6 року.

# СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ремонт машин та обладнання : підручник / В. І. Черкун, М. І. Бєлов, О. В. Мельник. Київ : Урожай, 2018. 376 с.

2. Технологія ремонту машин : навч. посіб. / О. І. Сідашенко, О. А. Науменко, А. Я. Поліський. Харків : ХНТУСГ, 2017. 452 с.

3. Ремонт сільськогосподарської техніки : навч. посіб. / В. М. Кравчук, М. І. Грицишин, В. В. Каплун. Київ : Аграрна освіта, 2015. 320 с.

4. Технологічні процеси ремонту машин : навч. посіб. / А. І. Бойко, В. М. Чумак, С. П. Погорілий. Київ : НУБіП України, 2016. 428 с.

5. Надійність і ремонт машин : навч. посіб. / В. Я. Анілович, В. М. Гриньов, М. І. Черновол. Харків : ХДТУСГ, 2014. 348 с.

6. Організація та технологія ремонту машин : навч. посіб. / В. М. Барановський, С. М. Кухарець, В. М. Поліщук. Житомир : ЖНАЕУ, 2018. 286 с.

7. Технічна експлуатація машинно-тракторного парку : навч. посіб. / В. М. Кравчук, В. М. Погорілий, В. В. Каплун. Київ : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2015. 360 с.

8. Організація технічного сервісу машин агропромислового комплексу : навч. посіб. / О. І. Сідашенко, В. М. Власовець, В. П. Войтов. Харків : ХНТУСГ, 2019. 310 с.

9. Проєктування ремонтно-обслуговуючих підприємств : навч. посіб. / О. І. Сідашенко, В. М. Власовець, В. П. Войтов. Харків : ХНТУСГ, 2019. 310 с.

10. Технологічне обладнання для технічного обслуговування та ремонту автомобілів і тракторів : навч. посіб. / В. П. Волков, В. М. Павленко, О. Б. Комов. Харків : ХНАДУ, 2016. 440 с.

11. Машини та обладнання для технічного сервісу в АПК : навч. посіб. / В. М. Булгаков, В. В. Адамчук, В. Т. Надикто. Київ : Аграрна наука, 2018. 384 с.

12. Трактори та автомобілі : підручник / В. М. Погорілий, В. М. Кравчук, О. В. Лавріненко. Київ : Урожай, 2016. 420 с.

13. Сільськогосподарські машини : підручник / В. М. Булгаков, В. В. Адамчук, В. Т. Надикто, І. В. Головач. Київ : Аграрна наука, 2018. 608 с.

14. Машиновикористання в землеробстві : підручник / В. М. Булгаков, В. Т. Надикто, О. М. Калетнік. Київ : Аграрна наука, 2019. 492 с.

15. Деталі машин і основи конструювання : підручник / М. Н. Кіницький, В. О. Бойко, М. М. Кіницький. Київ : Кондор, 2018. 520 с.

16. Писаренко Г. С., Квітка О. Л., Уманський Е. С. Опір матеріалів : підручник. Київ : Вища школа, 2004. 655 с.

17. Розрахунок і конструювання пристроїв та оснащення : навч. посіб. / В. О. Бойко, О. М. Кіницький. Київ : Кондор, 2017. 280 с.

18. Металорізальні верстати та технологічне оснащення : навч. посіб. / В. В. Боженко, О. М. Литвиненко. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 368 с.

19. Технологія машинобудування : підручник / М. А. Солонинко, О. І. Капустян, В. В. Мельник. Львів : Новий Світ-2000, 2018. 536 с.

20. Зварювання та наплавлення в ремонтному виробництві : навч. посіб. / В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов. Київ : Арістей, 2005. 284 с.

21. Електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва : підручник / М. В. Роїк, В. Ф. Яковлєв, О. М. Бондаренко. Київ : Аграрна освіта, 2017. 420 с.