

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра агроінжинірингу

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти  
на тему: «Проектування ремонтно-відновлювальної ділянки з розробкою  
стенду для правки колінчатих валів»

Виконав:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Лихобаба І. В.  
(Прізвище, ініціали)

Група:

АІ 2201-2 с.т.

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Андрусак В. О.  
(Прізвище, ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерно-технологічний**

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 208 Агроінженерія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

\_\_\_\_\_ Шуляк М.Л.

“\_\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Лихобабі Ігорю Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Проектування ремонтно-відновлювальної ділянки з розробкою стенду для правки колінчатих валів,

керівник роботи: Андрусак Владислав Олегович, асистент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_ року  
№ \_\_\_\_\_

2. Строк подання здобувачем роботи: “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_ року.

3. Вихідні дані до роботи: Огляд стану питання в галузі ремонту машин. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Загальна характеристика господарства;
2. Проектування ремонтно-відновлювальної ділянки;
3. Розробка стенду для правки колінчатих валів;
4. Охорона праці;
5. Техніко-економічна оцінка пропонованих рішень.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Характеристика об'єкту проектування;
2. Схема гідравлічна;
3. Технологічне планування майстерні;
4. Загальний вигляд стенду для правки колінчатих валів;
5. Складальне креслення гідроциліндра;
6. Креслення нестандартних деталей.
7. Техніко-економічна оцінка пропонованих рішень.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Економічне обґрунтування			
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: “ \_\_\_\_\_ ” 2024 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Обрання теми		
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики		
3.	Складання плану роботи		
4.	Написання вступу		
5.	Написання першого розділу «Загальна характеристика господарства»		
6.	Написання другого розділу «Проектування ділянки з ремонту та відновлення деталей двигунів внутрішнього згорання»		
7.	Написання третього розділу «Розробка стенду для правки колінчатих валів»		
8.	Підготовка розділів «Охорона праці» та «Економічне обґрунтування»		
9.	Написання висновків		
10.	Подання роботи на перевірку унікальності		
11.	Подання роботи на рецензування		
12.	Подання роботи до попереднього захисту		

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

**Лихобаба І. В.**

(прізвище та ініціали)

**Андрусак В. О.**

(прізвище та ініціали)

## Реферат

Дипломна робота на тему «Проектування ремонтно-відновлювальної ділянки з розробкою стенду для правки колінчатих валів», виконана Лихобабою І. В. за спеціальністю 208 Агроінженерія (Сумський національний аграрний університет, м. Суми, 2025 р.), містить:

- пояснювальну записку: 62 стор., 11 іл., 12 табл., 20 викор. джерел, додатки;
- графічний матеріал.

Метою роботи є підвищення ефективності технологічного процесу поточного ремонту транспортних засобів шляхом реконструкції ремонтно-відновлювальної ділянки з розробкою стенду для правки колінчатих валів. Об'єктом дослідження є ремонтно-відновлювальна ділянка. Предметом дослідження є вплив прогресивних технологічних процесів і впровадження сучасного технологічного оснащення на ефективність її функціонування.

Приведено основні характеристики фермерського господарства «Гулого Олександра Леонтійовича». Розглянуто планування ділянки з ремонту деталей двигунів з визначенням необхідного обладнання. Запропоновано проект ділянки з ремонту та відновлення деталей двигунів внутрішнього згорання. Розроблено стенд для правки колінчатих валів. Встановлено імовірні ризики при роботі на ділянці та стан охорони праці в господарстві в цілому. За результатами досліджень викладено висновки та пропозиції. Проаналізовано економічний ефект від впровадження пропонованих рішень.

**ДІЛЯНКА, РЕМОНТ, ПРАВКА, КОЛІНЧАТИЙ ВАЛ, СТЕНД, ПРЕС ГІДРАВЛІЧНИЙ.**

## Зміст

Вступ	5
1 Загальна характеристика ФГ «Гулого Олександра Леонтійовича»	7
1.1 Основні відомості	7
1.2 Організація ремонтно-обслуговуючих робіт	13
1.3 Недоліки існуючої організації ремонтно-обслуговуючих робіт	14
Висновки до розділу 1	16
2 Проектування дільниці з ремонту та відновлення деталей двигунів внутрішнього згорання	18
2.1 Розрахунок програми ремонтно-відновлювальних робіт	18
2.2 Розрахунок відомості технологічного обладнання	20
2.3 Розрахунок площі дільниці	23
2.4 Технологічний процес нанесення покриттів	24
2.5 Розробка технологічного процесу відновлення розподільчого валу двигуна Cummins QSB 6,7	29
Висновки до розділу 2	37
3 Розробка стенду для правки колінчатих валів	39
3.1 Опис існуючих конструктивних рішень	39
3.2 Опис запропонованої конструкції	40
3.3 Конструктивні розрахунки	42
Висновки до розділу 3	48
4 Охорона праці	49
4.1 Стан охорони праці в господарстві	49
4.2 Шкідливі та небезпечні фактори. Шляхи запобігання	50
5 Техніко-економічна оцінка запропонованих рішень	54
Загальні висновки	58
Список використаних джерел	60
Додатки	63

## Вступ

Функціонування сільськогосподарських машин, незалежно від їхнього конструктивного рівня, технологічної досконалості чи експлуатаційної продуктивності, супроводжується деструктивними процесами фізико-механічного та хімічного характеру. Ці процеси є наслідком природного зношування конструкційних елементів і вузлів та поступового зниження їхніх початкових технічних характеристик. Навіть при використанні високотехнологічних систем, упродовж життєвого циклу відбувається деградація функціональних властивостей, що зумовлює потребу у реалізації системи технічного обслуговування та відновлення.

Ключовою метою виконання регламентованих технічних заходів є оптимізація сукупних витрат на забезпечення працездатного стану технічних систем із паралельною мінімізацією негативного антропогенного впливу на довкілля. Водночас забезпечення належного технічного стану виступає важливим чинником підтримання стабільності технологічних процесів та досягнення заданих рівнів виробничої ефективності.

У сфері аграрного виробництва механізація виробничих процесів досягла рівня повного витіснення ручної праці, що зумовлює критичну залежність виробничої продуктивності від технічної справності парку машин та техніки. Вихід з ладу окремих одиниць техніки може спричинити каскадне зниження загальної продуктивності.

З позиції системного управління якістю, експлуатація сільськогосподарської техніки має розглядатися як багатоаспектний процес, що поєднує заходи з моніторингу технічного стану, профілактичного обслуговування, оперативного реагування на відмови, а також управління технічними ризиками. Цей процес покликаний забезпечити не лише раціональне використання технічних ресурсів, а й створити належні умови для дотримання нормативів з забезпечення безпечних умов праці та захисту навколишнього середовища.

Інтенсивна динаміка зростання обсягів сільськогосподарських робіт зумовлює відповідне зростання попиту на сільськогосподарську техніку, що стимулює нарощування її виробництва. З цим зростають і вимоги до надійності, довговічності та ремонтпридатності техніки. Хоча сучасна техніка здебільшого відповідає діючим стандартам якості, посилюється необхідність у вдосконаленні систем технічного діагностування та сервісного обслуговування, які забезпечують підтримання необхідного рівня технічної готовності.

У сучасному світі стрімкого технологічного зростання питання раціонального використання технічних, матеріальних та енергетичних ресурсів, збереження навколишнього середовища привертають все більше уваги. У цьому контексті процеси відновлення та подовження життєвого циклу конструкційних елементів машин поступово трансформуються у стратегічний напрям інноваційного розвитку ремонтно-відновлювальних технологій.

Необхідність упровадження ефективних методик відновлення деталей є актуальною для широкого спектра галузей промисловості – від автомобілебудування та машинобудування до авіакосмічної та суднобудівної індустрії. Використання прогресивних технологій відновлення спрямовується на економію грошових ресурсів шляхом відсутності необхідності придбання нових комплектуючих, водночас мінімізуючи обсяги промислових відходів та зменшуючи негативний екологічний вплив. Крім того, застосування прогресивних відновлювальних технологій сприяє суттєвому подовженню ресурсу деталей, що є особливо важливим у випадках дефіциту оригінальних запасних частин або надмірної вартості їхнього виготовлення.

# 1 Загальна характеристика ФГ «Гулого Олександра Леонтійовича»

## 1.1 Основні відомості

Досліджуване підприємство знаходиться в селі Яструбине Сумського району Сумської області (рис. 1.1). Село знаходиться в північній частині України та знаходиться у підпорядкуванні Миколаївської сільської громади.

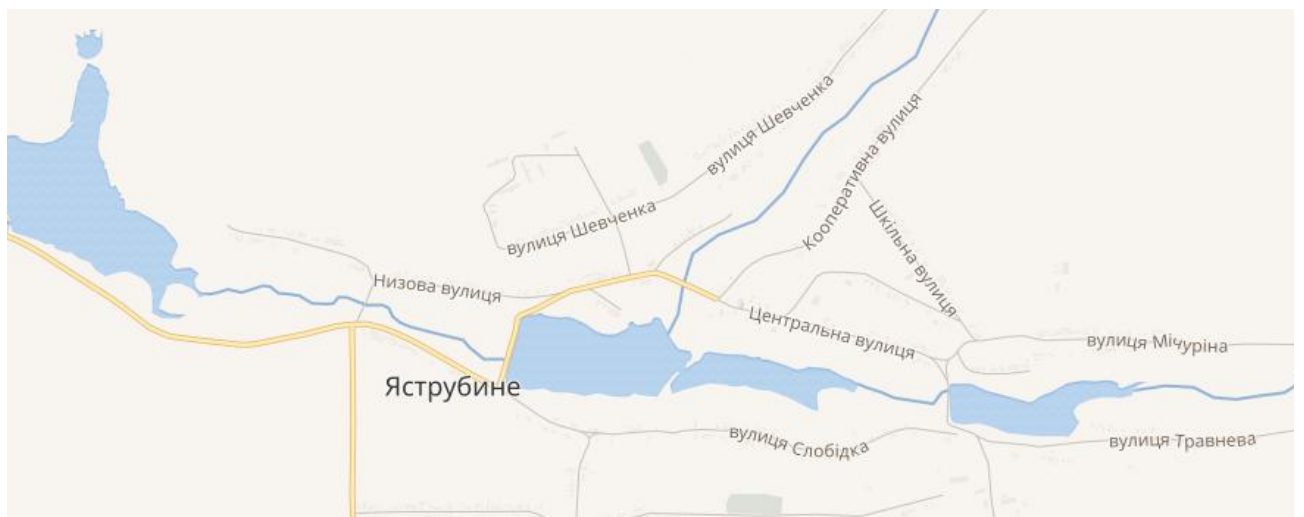


Рисунок 1.1 – Розташування фермерського господарства «Гулого Олександра Леонтійовича»

Найближчими населеними пунктами є село Бондарівщина, розташоване приблизно на відстані 5,5 км на захід, та село Графське, розташоване на відстані 6,4 км на південь. На північному-заході від села Яструбине розташоване село Степне (на відстані приблизно 7 км). Обласний центр (місто Суми) розташоване на відстані 37,7 км у південному напрямку. Через західну околицю села проходить траса Р44.

Розташування села Яструбине не сприяє розвитку торгівлі та промисловості, адже в 4 км на схід розташований державний кордон України з країною-загарбником. На сьогоднішній день село живе в складних умовах війни.

Найближча залізнична станція Волфине розташована на відстані 22,1 км від села Яструбине на державному кордоні України. На південь від села в напрямку міста Суми розташована залізнична станція Головашівка (23,8 км), що є відносно більш безпечною. Найближчим великим транспортним вузлом є залізнична станція у місті Суми.

Через село Яструбине протікає річка Крига, що є правою притокою Виру (басейн Дніпра). В селі розташовано три великих озера, ще одне озеро розташовано на його західній околиці.

Станом на 2022 рік населення села Яструбине складало 706 осіб.

У період існування Радянського Союзу село Яструбине відіграло важливу роль у сільськогосподарському житті регіону. Саме тут розташовувалася центральна садиба колгоспу, який носив назву «Україна». Цей колгосп був одним із найбільших господарств на території нинішнього Сумського району та займав значні території. За господарством було закріплено 6848 гектарів угідь. З цієї території майже вся частина – приблизно 6299 гектарів – була відведена під рілля, тобто для обробітку та вирощування різноманітних культур.

Головний напрямок діяльності колгоспу був рільництво, зокрема вирощування зернових культур, таких як пшениця, ячмінь, кукурудза та інші. Окрім цього, значна увага приділялася вирощуванню технічних культур

(соняшник, цукровий буряк тощо), а також овочевих культур та картоплі, яка традиційно займала важливе місце в аграрній діяльності села.

Таким чином, у радянську добу Яструбине було не лише житловим населеним пунктом, а й значним аграрним центром, де поєднувалися великомасштабне землеробство та розвиток колективного господарства.

Клімат у селі Яструбине помірно континентальний, що характерно для північно-східної частини України. Це означає, що тут спостерігається помірно тепле літо з середньою температурою в липні близько  $+19...+21$  °С. Зима є холодною з середньою температурою в січні близько  $-6...-8$ °С, але можливі періоди значних морозів, коли температура опускається до  $-15$ °С і нижче. Однією з проблем є пізні весняні заморозки, які іноді настають навіть у травні. Це створює загрозу для ранніх посівів та розсади овочевих культур. Перехідні сезони (весна та осінь) часто супроводжуються різкими коливаннями температури, що може впливати на розвиток озимих культур, а також ускладнювати строки посівних робіт.

Річна кількість опадів складає приблизно 500 – 600 мм, що є цілком сприятливим для вирощування основних сільськогосподарських культур – пшениці, ячменю, жита, картоплі, соняшнику та овочевих культур. Оподи розподіляються відносно рівномірно, хоча трохи більша кількість дощів випадає в теплий період року (весна – літо). Узимку випадає значна кількість снігу, яка не піддається таненню кілька місяців. Стійкий сніговий покрив взимку сприяє накопиченню вологи у ґрунті, що позитивно впливає на весняну посівну кампанію. Хоча опадів у цілому достатньо, в окремі роки спостерігаються періоди літніх посух, що може негативно позначатися на врожаї, особливо в другій половині літа, коли рослини потребують найбільше вологи.

В регіоні переважають північно-західні та західні вітри. У зимовий період можливі сильні вітри, хуртовини. Влітку вітри є помірними, іноді спостерігаються грози та короткочасні зливи. У теплий період можливі грози з сильними вітрами, які можуть пошкоджувати посіви (особливо зернові) та викликати вилягання рослин.

Кліматичні умови є сприятливими для вирощування зернових, технічних та овочевих культур. Вегетаційний період (період активної рослинності) триває від 190 до 200 днів на рік, що дає змогу вирощувати не лише зернові культури, а й технічні (соняшник, цукровий буряк) та овочеві культури. Також це створює умови для можливого отримання двох урожаїв деяких культур за сезон.

Отже, клімат у селі Яструбине загалом сприятливий для розвитку традиційних видів сільського господарства, зокрема рільництва. Завдяки помірним температурам і відносно стабільній кількості опадів тут можливо вирощувати широкий спектр культур: зернові, технічні, кормові та овочеві. Однак, успіх сільськогосподарської діяльності значною мірою залежить від грамотного врахування погодних ризиків – запізнілих заморозків, локальних посух, грозових дощів і шквальних вітрів.

Основні відомості про фермерське господарство «Гулого Олександра Леонтійовича» зведено в таблицю 1.1.

**Таблиця 1.1 – Характеристика фермерського господарства «Гулого Олександра Леонтійовича»**

<b>№</b>	<b>Назва</b>	<b>Показник</b>
1	Назва господарства	ФГ «Гулого Олександра Леонтійовича»
2	Адреса господарства	Україна, 42314, Сумська обл., Сумський р-н, село Яструбине, вулиця Мічуріна, будинок 11а
3	Керівник	Гулий Олександр Леонтійович
4	Сфера діяльності	Зернові і технічні
5	Основний КВЕД	01.11 Вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур
6	Додаткові КВЕДи	01.13 Вирощування овочів і баштанних культур, коренеплодів і бульбоплодів; 01.61 Допоміжна діяльність у рослинництві; 03.22 Прісноводне рибництво (аквакультура);

	46.21 Оптова торгівля зерном, необробленим тютюном, насінням і кормами для тварин; 46.31 Оптова торгівля фруктами й овочами; 46.90 Неспеціалізована оптова торгівля
--	---

Фінансова звітність фермерського господарства «Гулого Олександра Леонтійовича» за 2021–2023 роки представлена в таблиці 1.2.

**Таблиця 1.2 – Фінансова звітність фермерського господарства «Гулого Олександра Леонтійовича»**

	2021 р.	2022 р.	2023 р.
Дохід, грн	1 011 300	810 000	750 000
Чистий прибуток, грн	422 900	200 000	150 000
Активи, грн	2 178 000	698 000	748 000
Зобов'язання, грн	1 655 100	598 000	598 000
Кількість співробітників, чол.	–	4	4

Показники урожайності основних сільськогосподарських культур, що вирощуються у фермерському господарстві «Гулого Олександра Леонтійовича», наведені в таблиці 1.3 та на рисунках 1.2–1.3.

**Таблиця 1.3 – Показники урожайності основних культур фермерського господарства «Гулого Олександра Леонтійовича»**

Культура	Площа, га	Урожайність, ц/га
Пшениця озима	200	45
Гречка	200	10
Просо	75	15
Соя	75	20
Соняшник	50	25

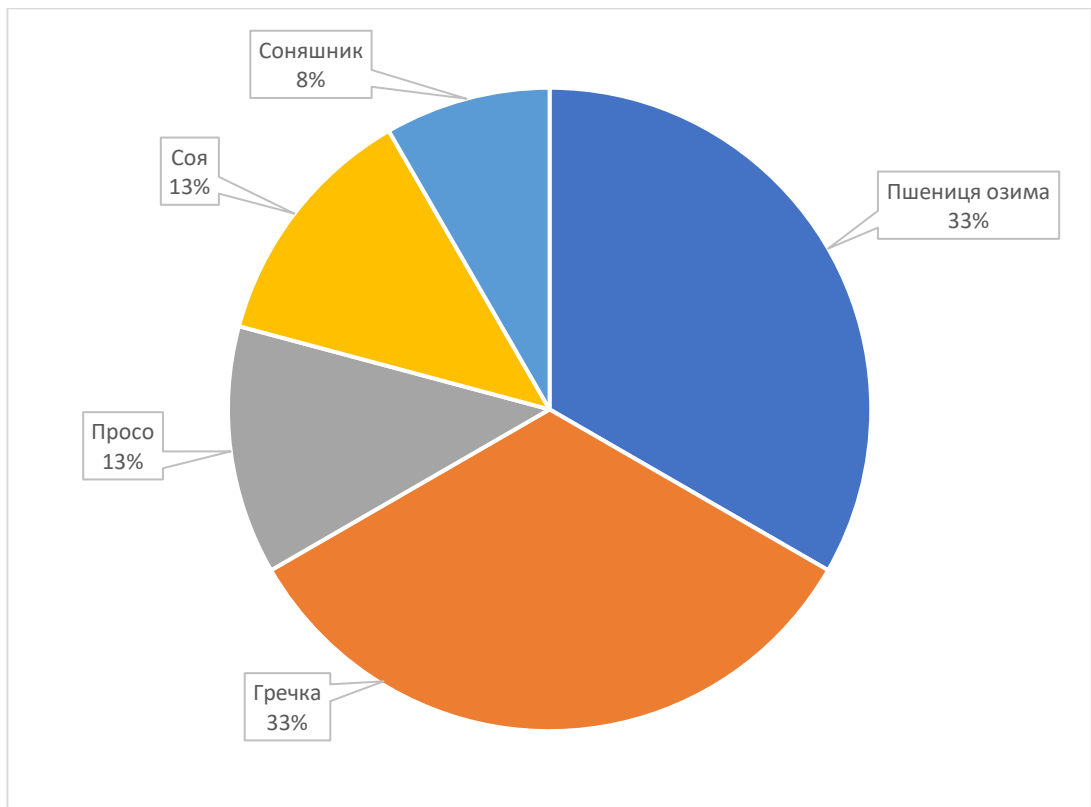


Рисунок 1.2 – Площа земельних угідь під основні культури фермерського господарства «Гулого Олександра Леонтійовича»

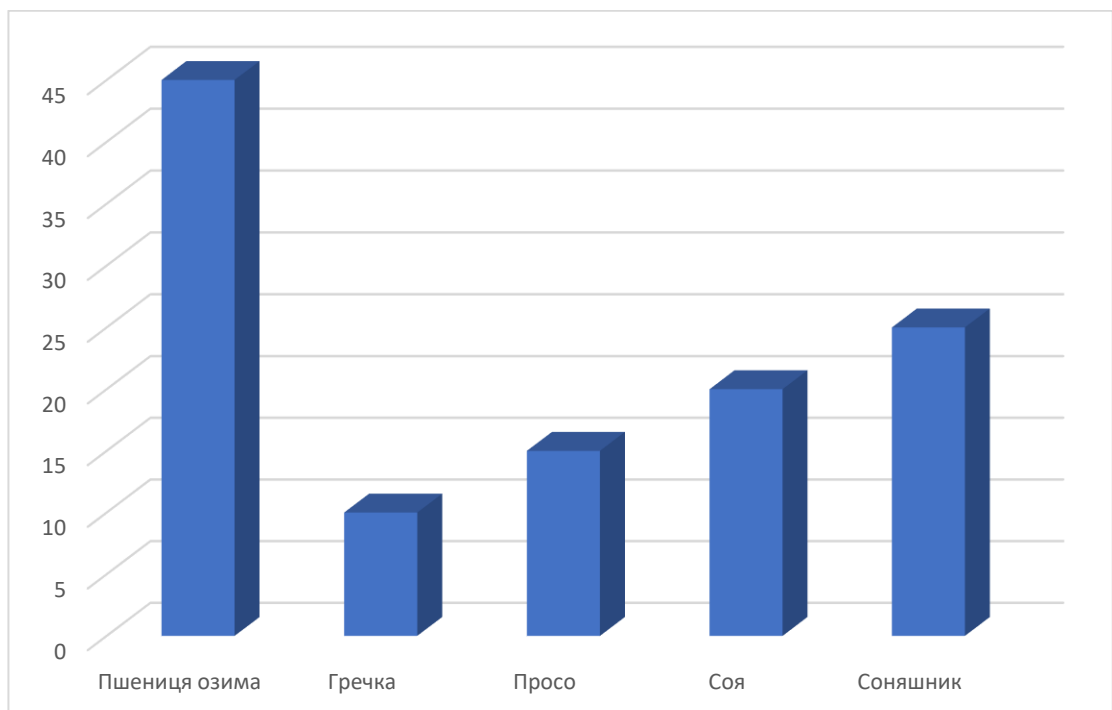


Рисунок 1.3 – Урожайність основних культур фермерського господарства «Гулого Олександра Леонтійовича»

## 1.2 Організація ремонтно-обслуговуючих робіт

У фермерському господарстві «Гулого Олександра Леонтійовича» ремонтно-обслуговуючі роботи техніки проводяться за попереджувальною системою. Така система передбачає проведення обслуговування і ремонтних робіт за заздалегідь розробленим планом з метою запобігання виникненню несправностей та забезпечення чіткої організації процесів догляду за технікою.

Завдяки використанню різних діагностичних методів у межах цієї системи, можна виконувати техобслуговування та ремонти не за жорстким графіком, а відповідно до фактичного технічного стану машини. Тобто регулярно контролюється технічний стан, а самі ремонтні роботи виконуються лише тоді, коли виникає така необхідність. Проте, через те, що діагностичні засоби та підходи ще не впроваджені повною мірою, техобслуговування та ремонти здебільшого виконуються за планом, який складається механічним відділом на основі нормативів робочого часу, періодичності обслуговування та трудомісткості робіт. Таким чином, від коректного вибору методів організації цих процесів залежить ефективність технічного обслуговування та ремонтів.

У фермерському господарстві «Гулого Олександра Леонтійовича» система техобслуговування та ремонту організована за тупиковим принципом. Це зумовлено тим, що кількість транспортних засобів на підприємстві порівняно невелика, а їх типи дуже різноманітні. Автомобілі, трактори та причепа, що потребують ремонту, передаються на перевірку дільничному техніку, який зобов'язаний оцінити їх технічний стан. Якщо водій виявляє несправність, складається відповідний акт із зазначенням пошкодженого вузла або описом поломки. Цей документ подається головному інженеру, який приймає рішення щодо винних осіб та необхідних заходів.

Залежно від складності поломки та обсягу необхідних робіт технік визначає, де саме буде проводитися ремонт, а також ставить завдання бригаді слюсарів та водіїв, залучених до процесу. Якщо у водія виникають обґрунтовані

претензії до якості ремонту, транспортний засіб повертають у зону ремонту для усунення недоліків.

Для забезпечення процесу ремонту та техобслуговування підприємство підтримує необхідні запаси запчастин та витратних матеріалів як на центральному складі, так і в проміжних та оборотних депо. Інженер з дистрибуції визначає нормативний час на виконання ремонту та повідомляє керівництво, зазначаючи цю інформацію у відповідних формах.

Якщо виникає потреба виконати ремонт безпосередньо на місці (наприклад, якщо трактор неможливо доставити до майстерні), ремонтні роботи виконуються водієм за участю слюсаря під контролем механіка, який також фіксує хід та результати робіт у встановленому порядку.

У випадках, коли водій не бере участі у ремонті, для виконання робіт формується окрема ремонтна бригада. Вона виконує ремонтні роботи, забезпечує необхідну технічну підтримку та відповідає за дотримання вимог безпеки.

Після завершення ремонтно-обслуговуючих робіт механік перевіряє їх якість та повноту, складає відповідний акт та проводить контрольну перевірку справності транспортного засобу. У разі відсутності зауважень він підписує акт і документально підтверджує завершення робіт.

Технологічна схема розташування обладнання у майстерні наведена на рисунку 1.4.

### **1.3 Недоліки існуючої організації ремонтно-обслуговуючих робіт**

Великий обсяг виробничих завдань та різноманіття техніки, що експлуатується, суттєво ускладнюють виконання ремонтно-обслуговуючих робіт та перевантажують зону їх виконання. Це знижує продуктивність праці, а також викликає порушення вимог техніки безпеки та норм захисту довкілля.

Значна кількість машин у парку та необхідність замовлення окремих деталей (зокрема, колінчастих і розподільчих валів) у сторонніх постачальників призводить до помітного зростання витрат на ремонт техніки.

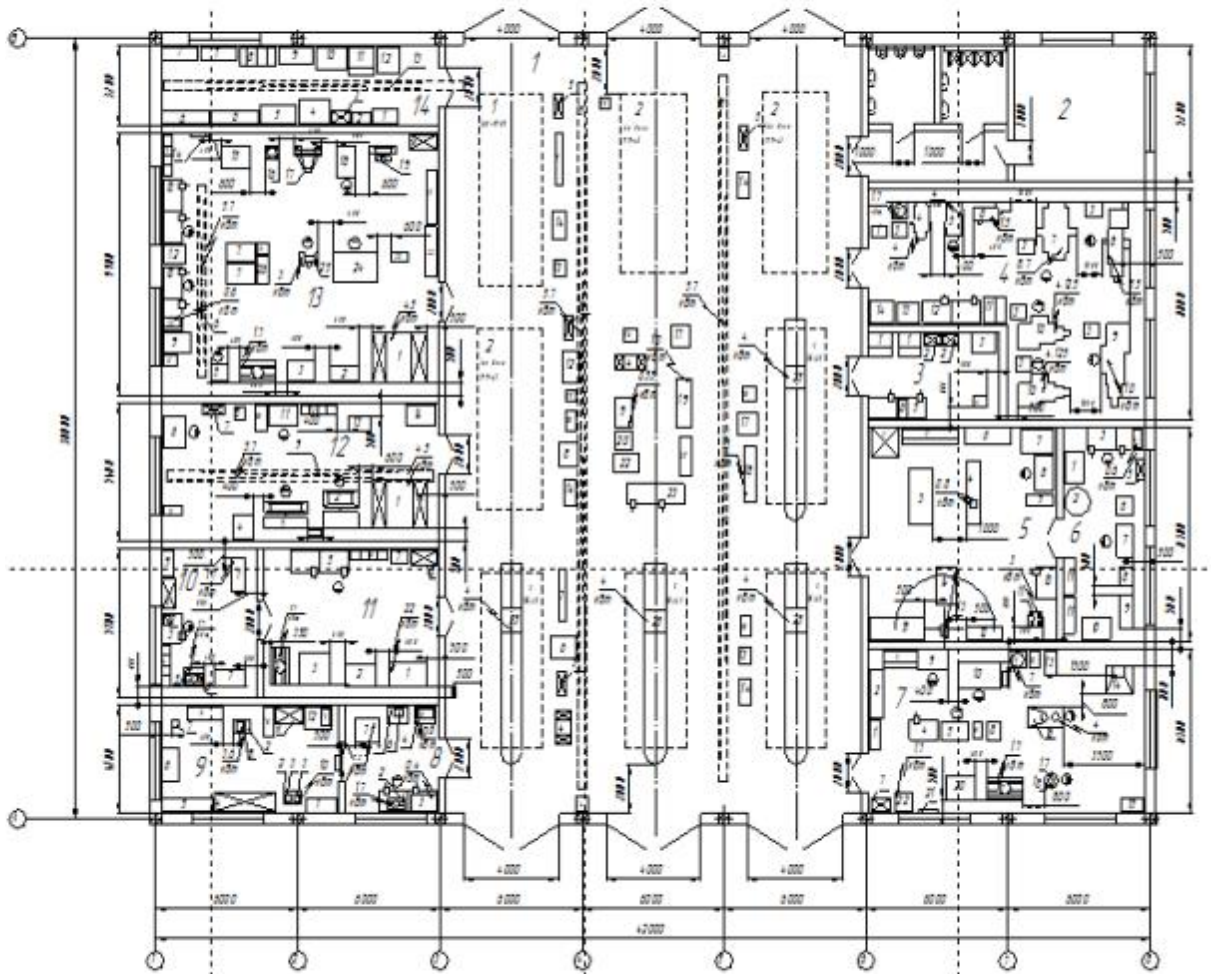


Рисунок 1.4 – Ремонтно-механічна майстерня: 1 – Зона ТО та ПР, 2 – тепловий пункт, 3 – агрегатна дільниця, 4 – дільниця ремонту ДВЗ, 5 – дільниця ремонту гідроагрегатів, 6 – дільниця ремонту паливної апаратури, 7 – склади, 8 – вулканізаційна дільниця, 9 – дільниця виконання замовлень, 10 – акумуляторна дільниця, 11 – дільниця ремонту електрообладнання, 12 – слюсарно-механічна дільниця, 13 – інструментально-роздавальна дільниця, 14 – службові та побутові приміщення

Хоча у господарстві діє механічний ремонтний підрозділ, його робота практично паралізована через недоліки в організації процесів та відсутність сучасних технологій відновлення деталей.

До основних проблем у роботі слюсарно-механічного цеху можна віднести використання застарілого обладнання, застарілих планувальних рішень, малоефективних методів виконання робіт, а також дефіцит сучасного інструменту.

Обслуговування старих верстатів та обладнання обходиться надто дорого, при цьому їх ефективність є вкрай низькою. Виконання навіть найпростіших операцій займає забагато часу і стає економічно не вигідним. Окрім того, старе обладнання складніше обслуговувати, ніж нове.

Чимало часу втрачається через неефективні методи роботи, які використовуються у слюсарній та механічній ділянках. При цьому якість виконаних робіт не відповідає сучасним вимогам.

Окрему небезпеку становить використання зношених та пошкоджених інструментів у майстерні, що підвищує ризик виробничого травматизму. Багато інструментів давно вичерпали свій ресурс, а деякі перебувають у несправному стані.

## **Висновки до розділу 1**

В межах даного дослідження планується підвищення ефективності технологічного процесу поточного ремонту транспортних засобів шляхом реконструкції ремонтно-відновлювальної ділянки з розробкою стенду для правки колінчатих валів. Об'єктом дослідження є ремонтно-відновлювальна ділянка. Предметом дослідження є вплив прогресивних технологічних процесів і впровадження сучасного технологічного оснащення на ефективність її функціонування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- розрахувати річне завантаження обладнання;
- визначити та обґрунтувати необхідні коефіцієнти та нормативи;
- спроектувати спеціалізовану ділянку для ремонту деталей двигунів;

- розробити технологічний процес ремонту розподільчого валу;
- розробити стенд для правки колінчатих валів;
- запланувати заходи з охорони праці;
- провести техніко-економічний аналіз та оцінку ефективності запропонованих рішень.

## 2 Проектування ділянки з ремонту та відновлення деталей двигунів внутрішнього згорання

### 2.1 Розрахунок програми ремонтно-відновлювальних робіт

Основні складові двигуна включають картер, головку, колінчастий та розподільний вали, тому основна увага приділяється розрахункам для відновлення саме цих елементів [3].

З огляду на збільшення кількості транспортних засобів у регіоні та зменшення обсягу ремонтних робіт, які виконуються конкурентами, розглядається програма відновлення 1000 колінчастих валів щороку. За статистичними даними Управління сільського господарства та Державтоінспекції, у місті Суми та його області експлуатується близько 4000 тракторів і комбайнів, а також 6000 вантажних автомобілів.

Таким чином, загальний потенціал техніки, що може потребувати відновлення, становить 10000 одиниць. У регіоні налічується близько 15 підприємств, які спеціалізуються на ремонті колінчастих валів. Проте більшість із них працюють нерегулярно через застаріле обладнання, низьку ефективність організації робочих процесів та використання енергоємних технологій.

За таких умов можна претендувати на 50 % ринку, що становить приблизно 5000 одиниць техніки. Оскільки капітальний ремонт машин виконується раз на 5 – 6 років, необхідно оцінити поточний обсяг робіт, визначивши, яка кількість техніки потребує ремонту саме цього року:

$$N = 5000 \cdot 0,2 = 1000 \text{ шт.} \quad (2.1)$$

Слід врахувати 10 % незапланованих ремонтів, що становить приблизно 100 одиниць техніки.

Таким чином, затверджується програма, яка передбачає відновлення  $N_1 = 1200$  колінчастих валів на рік.

Для забезпечення стабільного та ритмічного функціонування дільниці необхідно узгодити роботу всіх робочих місць у часі, для чого для кожного робочого місця встановлюється виробничий такт:

$$\tau = \frac{\Phi_{\text{д.р.}}}{N_1}, \quad (2.2)$$

де  $\Phi_{\text{д.р.}} = 2009$  год – дійсний фонд часу робітника.

$$\tau = \frac{2009}{1200} = 1,7.$$

Необхідно розрахувати ключові параметри дільниці відповідно до обраного режиму роботи, а також забезпечити виконання технологічних процесів, дотримання нормативного навантаження та встановлених стандартів роботи [15]:

$$T = N_1 \cdot T_H \cdot K, \quad (2.3)$$

де  $T_H = 5,80$  люд.-год. – нормативні витрати праці за технологією ремонту;

$K = 1$  – коефіцієнт охоплення капітальним ремонтом.

$$T = 1200 \cdot 5,80 \cdot 1 = 6960 \text{ люд.-год.}$$

Кількість виробничих працівників за списком визначається на основі трудомісткості робіт та річних часовитрат:

$$P_c = \frac{T}{\Phi_{\text{д.р.}} \cdot K_{\text{п}}}, \quad (2.4)$$

де  $K_{\text{п}} = 1,05 \dots 1,2$  – коефіцієнт перевиконання.

$$P_c = \frac{6960}{2009 \cdot 1,1} = 3,15 \text{ чол.}$$

Явочна кількість виробничих працівників визначається на основі трудомісткості робіт та річних часовитрат:

$$P_{\text{я}} = \frac{T}{\Phi_{\text{н.р.}} \cdot K_{\text{п}}}, \quad (2.5)$$

де  $\Phi_{\text{н.р.}} = 2424$  год – номінальний фонд часу робітника.

$$P_{\text{я}} = \frac{6960}{2424 \cdot 1,1} = 2,6 \text{ чол.}$$

## 2.2 Розрахунок відомості технологічного обладнання

Визначимо необхідну кількість мийних машин за формулою:

$$N_M = \frac{Q}{\Phi_{\text{н.р.}} \cdot q \cdot K_{\text{ЗМ}}}, \quad (2.6)$$

де  $q = 0,6 \dots 2,7$  т/год – продуктивність;

$K_{\text{ЗМ}} = 0,65 \dots 0,75$  – коефіцієнт завантаження.

$Q$  – вага деталей, що підлягають очищенню, т:

$$Q = Q_1 \cdot N_1, \quad (2.7)$$

де  $Q_1 = 30$  кг – вага колінчатого валу.

$$Q = \frac{30 \cdot 1200}{1000} = 36 \text{ т.}$$

Відповідно за формулою (2.6):

$$N_M = \frac{36}{2424 \cdot 0,6 \cdot 0,65} = 0,04 \text{ шт.}$$

Отже, приймаємо одну мийну машину.

Кількість контрольно-випробувальних стендів визначається за виразом:

$$N_C = \frac{N_1 \cdot t_k}{\Phi_{\text{н.р.}} \cdot K_C}, \quad (2.8)$$

де  $t_k = 0,14$  – тривалість контролю однієї деталі;

$K_C = 0,75 \dots 0,8$  – норма експлуатації обладнання в часі.

$$N_C = \frac{1200 \cdot 0,14}{2424 \cdot 0,75} = 0,09 \text{ шт.}$$

Отже, приймаємо один контрольно-випробувальний стенд та один дефектоскоп.

Розрахуємо кількість одиниць наплавочного обладнання наступним чином:

$$N_H = \frac{T_H}{\Phi_{\text{н.р.}} \cdot K_H}, \quad (2.9)$$

де  $K_H = 0,8$  – норма експлуатації обладнання для виконання наплавочних робіт;

$T_H$  – трудомісткість наплавочних робіт:

$$T_H = 0,96 \cdot N_1 = 0,96 \cdot 1200 = 1152 \text{ люд.-год.} \quad (2.10)$$

Тоді за формулою (2.9):

$$N_{\text{н}} = \frac{1152}{2424 \cdot 0,8} = 0,59 \text{ шт.}$$

Отже, приймаємо одну одиницю наплавочного обладнання.

Кількість круглошліфувальних верстатів розраховується за формулою [19]:

$$N_{\text{ш}} = \frac{T_{\text{ш}} \cdot N_1}{\Phi_{\text{н.р.}} \cdot K_{\text{н}}}, \quad (2.11)$$

де  $T_{\text{ш}} = 1,8$  люд.-год. – трудомісткість шліфування корінних та шатунних шийок.

Тому:

$$N_{\text{ш}} = \frac{1,8 \cdot 1200}{2424 \cdot 0,8} = 1,11 \text{ шт.}$$

Приймається два круглошліфувальних верстати: один призначений для шліфування шатунних шийок, а інший – для шліфування корінних шийок.

Кількість іншого обладнання приймаємо наступною [4]:

- балансувальних верстатів – 1 одиниця.
- свердлильних верстатів – 1 одиниця.
- фрезерних верстатів – 2 одиниці.

Перелік основного та допоміжного обладнання дільниці із приведенням необхідної для його розташування площі наведено в таблиці 2.1.

**Таблиця 2.1 – Відомість основного та допоміжного обладнання дільниці**

Найменування	Тип, марка	Кіл-сть	Потужність, кВт		Габарити, мм	Площа, м <sup>2</sup>
			одиниці	заг.		
1. Прес гідравлічний	Proflin 97385	2	1,7	1,7	1465x760	1,1
2. Верстат токарно-гвинторізний	9craft PL305	1	10	10	2160x975	2,1
3. Верстат шліфувальний	CORMAK MM2315	2	10,8	21,6	4600x2100	19,3

4. Зварювальний напівавтомат	Tesla Weld 302	1	3,0	3,0	2400x1600	3,8
5. Верстат круглошліфувальний	Bernardo URS 500 N	1	3,0	3,0	2650x1750	4,6
6. Верстак свердлильний	Hesler LS-2200	1	1,5	1,5	1765x660	1,2
7. Верстат круглошліфувальний для перешліфовування кулачків	3E642E	1	7,0	7,0	3200x2000	6,4
8. Верстат горизонтально-фрезерний	9craft 7550HV	1	3,0	3,0	1340x1789	2,4
9. Верстак слюсарний	21 1200 Ф	1	-	-	1240x800	1,0
10. Металевий стелаж	MRL-1800	4	-	-	1400x500	2,8
11. Пересувний стелаж для колінчатих валів	-	2	-	-	Ø 900	0,64
12. Візок вантажний платформний для розподільчих валів	Yi-Lift XF3060	1	-	-	900x900	1,8
13. Кран-укосина	-	1	-	-	-	-
14. Кран-балка підвісний електричний	-	1	-	-	-	-
<b>Всього</b>	-	<b>20</b>	-	-	-	<b>47,1</b>
Зона напилення						
15. Установка металізаційна	УМ-3	1	10	10	1200x600	0,7
16. Пристрій для кріплення деталі при металізації	ПМ-1	1	0,6	0,6	2700x864	2,3
17. Шафа металева для оснащення та інструменту	Levmetal ШБМ-18	1	1	1	800x600	0,5
18. Стелаж металевий для матеріалів	MRL-1800	1	-	-	1200x500	0,6
19. Балон з захисним газом	БГ-40	1	-	-	Ø 250	0,2
<b>Всього</b>	-	<b>5</b>	-	-	-	<b>4,3</b>

### 2.3 Розрахунок площі ділянки

По-перше, необхідно розрахувати необхідну площу, на якій має бути розміщене виробниче обладнання. Вона визначається за формулою [11]:

$$F_{д1} = F_{об} \cdot K_{п}, \quad (2.12)$$

де  $F_{об} = 47,1 \text{ м}^2$  – потреби у виробничій площі (табл. 2.1);

$K_{п} = 4,5$  – норматив, що враховує роботу операторів виробничого обладнання, зону проходів тощо.

$$F_{д1} = 47,1 \cdot 4,5 = 212 \text{ м}^2.$$

Приймаємо розміри ділянки 18x12 м (площа становить 216 м<sup>2</sup>).

Оскільки процеси наплення супроводжуються значним рівнем шуму та потенційними небезпеками, відповідно до гігієнічних стандартів ці зони мають бути відокремлені від основних приміщень стінами [6]. Тому зона для наплення проектується окремо:

$$F_{д2} = 4,3 \cdot 4,5 = 19,4 \text{ м}^2.$$

Відповідно до проведених розрахунків приймаємо розміри ділянки для проведення напилувальних робіт 4x5 м.

Відповідно до розрахунків загальна площа становить:

$$F_{д} = F_{д1} + F_{д2} = 216 + 20 = 236 \text{ м}^2. \quad (2.13)$$

З урахуванням того, що у виробничому приміщенні з висотою стелі 7,2 м розміщується сітка колон 12x6 м, отриману за формулою (2.13) величину заокруглюємо і приймаємо необхідну виробничу площу на рівні 240 м<sup>2</sup>. В приміщенні наявні основні та додаткові коридори, проїзди, що відповідає санітарно-гігієнічним нормам до даного виду робіт і вимогам пожежної служби.

З метою виконання невідкладних дрібних ремонтних робіт встановлено відповідне ремонтне обладнання, яке організовано ремонтними або функціональними лініями за своїм призначенням: колінчастих та розподільчих валів [17], чим забезпечується оптимізація його використання. На плані (рис. 2.1) зазначено розташування основного і допоміжного технологічного

обладнання, робочих місць тощо з урахуванням необхідних проходів, нормативів стосовно відстані розміщуваного обладнання від стін та між собою [10]. Крім того, на плані зазначено підвісні крани-балки та консольні поворотні крани, за допомогою яких оброблювальні деталі переміщуються між станками чи обладнанням [1].

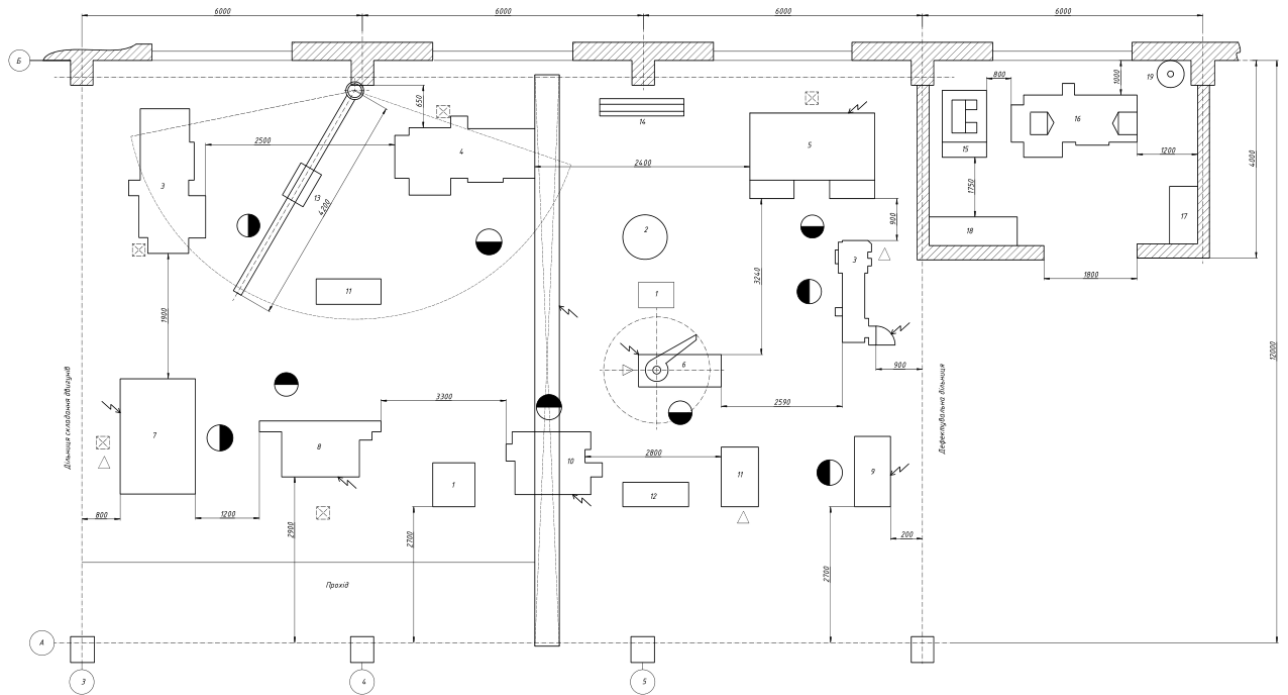


Рисунок 2.1 – Технологічне планування дільниці з ремонту та відновлення деталей двигунів

## 2.4 Технологічний процес нанесення покриттів

Для проведення відновлювальних робіт було застосовано метод газотермічного наплення покриттів [5]. Технологічний процес їх нанесення (рис. 2.2) може змінюватися залежно від особливостей виробництва, конструкції деталей та використовуваних матеріалів. У практичних умовах цей процес може включати різну кількість технологічних операцій і методів, а також передбачати їхнє комбінування [2].

Залежно від організації виробництва, технологічні операції можуть виконуватися як у межах одного цеху або дільниці, так і в окремих спеціалізованих підрозділах. Для великосерійного та масового виробництва

доцільним є використання автоматизованих ліній, поточкових технологій і багатофункціональних верстатів, що дозволяє підвищити ефективність процесу [16].

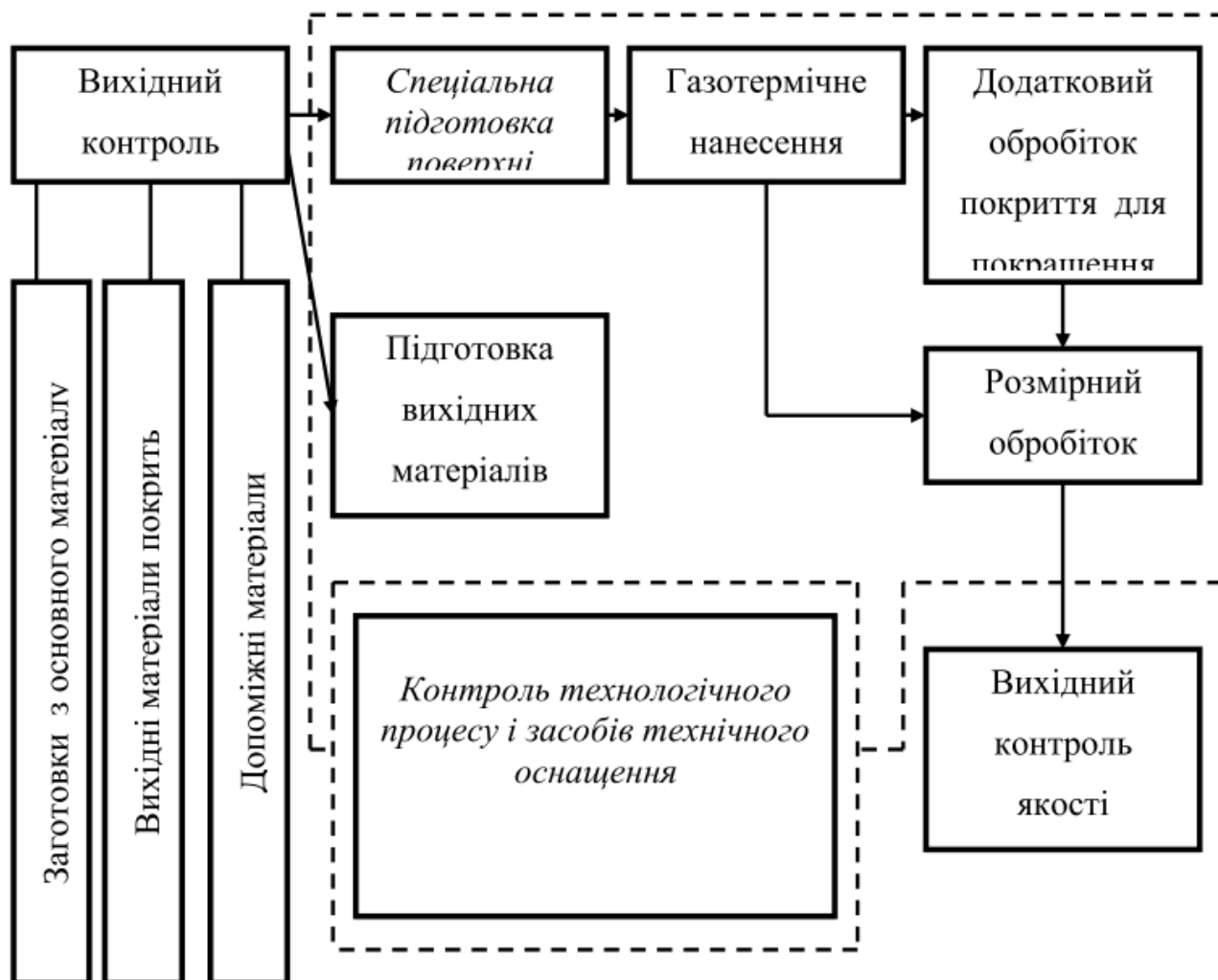


Рисунок 2.2 – Технологічна схема нанесення газотермічних покриттів

Для забезпечення високої якості покриттів за допомогою електродугової металізації на шатунах необхідно володіти інформацією про базові матеріали покриттів, що відповідають рівню зарубіжних аналогів. Це передбачає вибір і вдосконалення матеріалів, обладнання для роботи з матеріалами у вигляді дроту, а також дані про фізико-механічні, технологічні й експлуатаційні властивості електродугової металізації [9].

Для досягнення цієї мети паралельно з визначенням номенклатури швидкозношуваних деталей, проводився комплекс експлуатаційно-технологічних заходів, що включав:

- контроль і підготовку вихідного дроту та деталей для нанесення покриттів;
- оптимізацію технологічних режимів нанесення та подальшої обробки покриттів;
- аналіз хімічного складу вихідних матеріалів та нанесених покриттів;
- металографічні дослідження вихідних матеріалів, мікро- та макроструктури покриттів;
- випробування фізико-механічних властивостей, зокрема тестування міцності та дослідження зношуваності;
- коригування технологічного процесу [13].

Перед нанесенням газотермічного покриття електродуговою металізацією було проведено аналіз взаємодії матеріалів під час напилення. Це дозволило виділити та обрати найбільш результативні способи й технологічні підходи для керування характеристиками отриманих покриттів.

Детальний технологічний процес охоплював:

- ✓ спеціальну підготовку поверхонь;
- ✓ вихідний контроль матеріалів;
- ✓ газотермічне нанесення покриття;
- ✓ додаткову обробку покриттів для покращення їх властивостей;
- ✓ розмірну обробку покриттів;
- ✓ фінальний контроль якості покриттів;
- ✓ контрольні заходи [20].

Завдяки комплексному підходу забезпечується підвищення якості, надійності та довговічності отриманих покриттів.

Способи підготовки поверхонь умовно поділяються на термічні та хімічні. Аналіз цих методів та практичний досвід промислового застосування вказують

на потребу у проведенні підготовчих робіт. Така підготовка включає очищення поверхні та виведення її зі стану термодинамічної рівноваги у взаємодії з навколишнім середовищем, що хімічно активує підкладку [14]. Така активація стрімко знижується із-за окислювальних процесів. Отже, час між проведенням підготовчих та основних робіт має бути мінімізовано. Попередня обробка поверхні, окрім очищення, сприяє збільшенню її шорсткості, що спричиняє температурний скачок в контактній зоні та збільшення загальної площі зчеплення частинок із підкладкою. Це також покращує ефективність зчеплення покриття з деталлю.

В рамках підготовчих робіт має бути проведено знежирення поверхні за допомогою тетрахлоретилену, трихлоретилену, інших хлорованих вуглеводних розчинників або бензину [7]. Для видалення оксидної плівки з виробів, зокрема деталей, таких як шатун, застосовується дробоструминна (або піскоструминна) обробка із використанням дроби або пісків. Дробоструминній обробці шатуна передують такі етапи:

- ✓ мийний етап;
- ✓ етап знежирення;
- ✓ шліфувальний етап.

Для створення шорсткості поверхні та покращення адгезії основного матеріалу використовуються такі методи:

- ✓ дробоструминна або піскоструминна обробка;
- ✓ механічна обробка;
- ✓ покриття поверхні матеріалом із високою адгезією до базового металу.

Для підвищення шорсткості поверхні використовується дробоструминна обробка, яка забезпечує рівномірність обробки всіх ділянок. Найчастіше для активації поверхні та досягнення необхідної шорсткості застосовуються методи абразивно-струминної обробки.

Залежно від характеру руху абразивних зерен виділяють такі способи очищення [12]:

✓ абразивно-пневматичний (один із найбільш ефективних і економічних методів очищення. Оброблена поверхня не піддається корозії, як це відбувається при використанні рідкого енергоносія);

✓ абразивно-відцентровий (застосовується до деталей, виготовлених литтям. Метод відповідає запитам стосовно енергозбереження та невисокої трудомісткості);

✓ абразивно-гравітаційний (заснований на русі частинок абразиву з певної висоти під дією вільного падіння або з додатковим прискоренням за допомогою струменя стисненого повітря або його суміші з абразивом).

Найбільш поширеними є абразивно-пневматичний і абразивно-відцентровий методи, відомі як дробоструминні та дробокидальні способи очищення поверхонь [18].

У промисловості також використовуються комбіновані способи очищення, наприклад:

- ✓ абразивно-пневморідинний;
- ✓ абразивно-пневмовідцентровий.

Найуніверсальнішим і найбільш перспективним серед перелічених способів є абразивно-пневматичний, також відомий як струменево-абразивний метод очищення металевих поверхонь.

Під час роботи з дробоструминним апаратом із одним соплом і використанням однакового середовища продуктивність процесу зростає зі збільшенням тиску стисненого повітря. Ефективність обробки підвищується зі збільшенням розміру частинок дробу, одночасно підвищуючи шорсткість поверхні. Для досягнення оптимального результату зазвичай використовують суміш частинок різного розміру, що дозволяє комбінувати переваги обох фракцій [8].

У технології дробоструминної обробки керуються такими параметрами, як норми витрати і тиску стисненого повітря, витрата дробу, а також марка і фракція абразиву. Основні фізико-механічні властивості абразивних матеріалів зведено в таблицю 2.2.

**Таблиця 2.2 – Основні фізико-механічні властивості абразивних матеріалів**

Абразив	Густина, кг/м <sup>3</sup> ·10 <sup>3</sup>	Насипна маса, кг/м <sup>3</sup> ·10 <sup>3</sup>	Твердість HRC	Міцність, Па
Дріб стальний (ДСП, ДСК)	7,4	4,23 – 4,75	35 – 48	20000
Дріб чавунний (ДЧП, ДЧК)	7,2	3,35 – 4,64	54 – 62	65000
Карборунд ДСР № 08	7,4	1,6	54 – 62	4000
Крихта алюмінієва	3,2	4,2 – 4,8	54 – 62	32000
Електрокорунд	7,8	1,3 – 1,6	60 – 70	22000

## **2.5 Розробка технологічного процесу відновлення розподільчого валу двигуна Cummins QSB 6,7**

Приведемо основні характеристики розподільчого валу двигуна Cummins QSB 6,7:

- номер по каталогу: 14 – 0671.12;
- матеріал: сталь 45 ГОСТ 1050 – 74;
- твердість: 58...62 HRCЭ;
- вага: 12 кг.

При роботі вал піддається впливу згинальних і змінних навантажень. Його робочі поверхні зношуються через дію чинників різної природи. Найбільш розповсюдженими видами несправностей, які виникають у процесі роботи валів, є зношення упорних шийок, кулачків, гвинтів, а також викривлення самих валів.

### **2.5.1 Вибір оптимального способу відновлення валу**

Під час ремонту деталей важливо обрати оптимальний спосіб відновлення, який гарантуватиме високу ефективність і надійність деталі з мінімізацією вкладень.

Наведемо критерії, за якими визначається доцільність застосування того чи іншого методу:

1. Критерій застосовуваності – технологічний критерій, що враховує можливість використання методу з урахуванням конструктивно-технологічних особливостей;

2. Критерій довговічності – технічний критерій, яким забезпечується тривалість служби деталі після відновлювальних операцій;

3. Критерій економічності, що оцінює ефективність методу з позиції витрат та результативності.

#### Критерій застосовуваності

Основу вибору методу відновлення складають конструктивно-технічні характеристики деталі. До них належать:

- геометрично-розмірні характеристики;
- характеристики матеріалу;
- характеристики виготовлення і оброблюваних робіт;
- рівень навантаження і його характер;
- особливості тертя та зношування;
- ступінь пошкодження або зносу.

Серед доступних методів ремонту можуть бути:

- нанесення електrolітичних покриттів;
- калібрувальні операції;
- нарощування металу зварюванням;
- шліфувальні операції.

#### Критерій довговічності

Такі критерії використовуються для аналізу кожного методу, обраного на основі технічних вимог, з метою усунення дефектів компонентів. Завдання полягає у відновленні, а за необхідності – й покращенні характеристик поверхні, щоб забезпечити її працездатність та відповідність експлуатаційним умовам.

Для кожного із методів розраховується коефіцієнт довговічності ( $K_d$ ), що є прямопропорційним терміну служби деталі:

$$K_d = K_{зн} \cdot K_v \cdot K_{зч} \cdot 0,9, \quad (2.14)$$

де  $K_{зн}$  – коефіцієнт зносостійкості;

$K_v$  – коефіцієнт витривалості;

$K_{зч}$  – коефіцієнт зчеплення.

Оптимальним є той метод відновлення, для якого значення коефіцієнта  $K_d$  наближається до максимуму.

Розглянемо визначення коефіцієнта довговічності для обраних методів.

#### *Пошкодження різьби*

- вібродугова наплавка:

$$K_d = 1 \cdot 0,62 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,56,$$

- калібровка різьби:

$$K_d = 0,91 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,71.$$

#### *Зношування поверхні*

- сталювання:

$$K_d = 0,91 \cdot 0,82 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 0,44,$$

- шліфування:

$$K_d = 0,85 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,9 = 0,37,$$

- нарощування металевої стрічки зварюванням:

$$K_d = 0,95 \cdot 0,9 \cdot 0,96 \cdot 0,9 = 0,74.$$

Аналіз технічних критеріїв показав, що найбільш ефективним методом є нарощування металевої стрічки зварюванням. Не набагато відстає від нього калібровка різьби. Найменш ефективним виявилось шліфування. Однак остаточний вибір методу ремонту має базуватися не лише на технічних показниках, але й враховувати економічні аспекти.

#### Критерій економічності

Цій критерій забезпечує зв'язок між вартістю виконання ремонту та довговічністю деталі після усунення дефектів. Умови, за якими ремонт буде техніко-економічно доцільним, були сформульовані професором Казарцевим:

$$C_B \leq K_d \cdot C_H \text{ або } \frac{C_B}{K_d} \leq C_H, \quad (2.15)$$

де  $C_B$  – витрати на відновлювальні роботи, грн;

$C_H$  – витрати на заміну деталей новими, грн.

Крім того, критерій економічності сформульовано професором Шандричевим:

$$K_T = \frac{C_B}{K_d}. \quad (2.16)$$

Найефективнішим методом вважається той, для якого критерій економічності ( $K_T$ ) наближається до мінімального значення.

У нашому випадку при відновленні деталі коефіцієнт  $K_T$  для ремонту різьби становить: для вібродугового наплавлення – 61,5 грн/м<sup>2</sup>, для калібрування – 32 грн/м<sup>2</sup>. При ремонті зношених поверхонь: для сталювання – 64,6 грн/м<sup>2</sup>, для шліфування – 54,8 грн/м<sup>2</sup>, для приварювання металевої стрічки – 44,3 грн/м<sup>2</sup>.

Таким чином, найбільш раціональним методом для відновлення різьби є її калібрування, а для зношених поверхонь – приварювання металевої стрічки.

Перелік дефектів, які підлягають усуненню, наведено в таблиці 2.3.

**Таблиця 2.3 – Способи усунення дефектів розподільчого валу двигуна**

№	Найменування дефекту	Спосіб усунення дефекту	
		основний	допустимий
1	Пошкодження різьби не більше двох ниток	Калібрувати різьбу вручну мітчиком	Наплавлення
2	Знос поверхні	Приварити стрічку 65 ГТШ-С-М-0,6 електроконтактним способом, шліфування до номінального розміру	Електродугова металізація дротом Нп-105Х, шліфувати вал до номінального розміру

В порівнянні зі стандартними методами відновлення поверхонь, контактне зварювання має кілька суттєвих переваг: завдяки правильному вибору металевої стрічки воно забезпечує потрібну твердість деталі без термічної обробки. Цей метод також забезпечує менше тепловиділення при зварюванні, знижує витрати матеріалів та трудовитрати на підготовчі роботи, забезпечує комфортніші умови праці. Технологічний процес при цьому складається з таких етапів:

1. Підготовка валу до ремонту;
2. Нарощування металу зварюванням;
3. Шліфувальні роботи.

### **2.5.2 План технологічних операцій відновлення валу та розрахунок норми часу**

Слюсарна операція: калібрування різьби М10 в чотирьох отворах фланцю валу на довжині 15 мм. Обладнання: верстак слюсарний 21 1200 Ф, мітчик М10, вороток цеховий, шаблон.

Неповний штучний час калібрування різьби вручну мітчиком в деталях зі сталі:

$$T_{н.ш.} = 1,41 \cdot 4 = 5,64 \text{ хв.} \quad (2.17)$$

Допоміжний час становить:

$$T_{д} = T_{н.ш.} \cdot \frac{8}{100} = 5,64 \cdot \frac{8}{100} = 0,45 \text{ хв.} \quad (2.18)$$

Підготовчо-заключний час операції приймаємо  $T_{п.з.} = 3$  хв. Тоді час на весь процес становить:

$$T_{н} = T_{н.ш.} + T_{д} + T_{п.з.} = 5,64 + 0,45 + 3 = 9,1 \text{ хв.} \quad (2.19)$$

Шліфувальна операція: шліфування поверхонь валу. Обладнання: верстат круглошліфувальний Bernardo URS 500 N, 7102-0073-патрон, 7032-0029-центр, люнет, коло шліфувальне ПП 350x40x80 23 АСМ 1-С1, штангенциркуль ШЦ-2-160-0,05.

1. Шліфувати поверхню  $\varnothing 54,9$  мм до  $\varnothing 54,2$  мм на довжині 51 мм.

2. Шліфувати поверхню  $\varnothing 51,87$  мм до  $\varnothing 51,2$  мм на довжині 98 мм.

3. Шліфувати поверхню  $\varnothing 47,85$  мм до  $\varnothing 47,2$  мм на довжині 85 мм.

Припуски на обробку становлять:

$$h^1 = 0,35 \text{ мм}, h^2 = 0,33 \text{ мм}, h^3 = 0,32 \text{ мм}. \quad (2.20)$$

Подача та швидкість відповідно до довідкових даних:

$$S_{\text{поп}} = 0,03 \text{ мм}, S_{\text{поз}} = 0,35 \text{ мм}, V = 79 \text{ м/хв}. \quad (2.21)$$

Число проходів становить:

$$i = \frac{h}{S_{\text{поп}}} = \frac{0,35}{0,03} = 11. \quad (2.22)$$

Частота обертання деталі:

$$n = \frac{318 \cdot V}{d}, \quad (2.23)$$

де  $d$  – діаметр деталі, мм.

$$n^1 = \frac{318 \cdot 79}{54,9} = 457 \text{ хв}^{-1},$$

$$n^2 = \frac{318 \cdot 79}{51,87} = 484 \text{ хв}^{-1},$$

$$n^3 = \frac{318 \cdot 79}{47,85} = 525 \text{ хв}^{-1}.$$

Основний час визначаємо за формулою:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{\text{поз}}} \cdot K_3, \quad (2.24)$$

де  $K_3 = 1,45$  – коефіцієнт.

$$T_0^1 = \frac{51 \cdot 11}{457 \cdot 0,35} \cdot 1,45 = 5,08 \text{ хв},$$

$$T_0^2 = \frac{98 \cdot 11}{484 \cdot 0,35} \cdot 1,45 = 9,23 \text{ хв},$$

$$T_0^3 = \frac{85 \cdot 11}{525 \cdot 0,35} \cdot 1,45 = 7,38 \text{ хв}.$$

Сумарний основний час складе:

$$T_{\text{сум}} = T_0^1 + T_0^2 + T_0^3 = 5,08 + 9,23 + 7,38 = 21,69 \text{ хв}. \quad (2.25)$$

Допоміжний час приймаємо наступним:

$$T_1 = 1 \text{ хв}, T_2 = 1,2 + (0,7 \cdot 2) + (0,05 \cdot 30) = 4,1 \text{ хв}. \quad (2.26)$$

Загальний допоміжний час становить:

$$T_{\text{доп}} = T_1 + T_2 = 1 + 4,1 = 5,1 \text{ хв.} \quad (2.27)$$

Оперативний час становить:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{сум}} + T_{\text{доп}} = 21,69 + 5,1 = 26,8 \text{ хв.} \quad (2.28)$$

Додатковий час становить:

$$T_{\text{дод}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot K}{100} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot 9}{100} = \frac{26,8 \cdot 9}{100} = 2,4 \text{ хв.} \quad (2.29)$$

Підготовчо-заключний час за довідковими відомостями приймаємо  $T_{\text{пз}} = 11$  хв.

Норма часу на операцію відповідно до розрахунків становить:

$$T_{\text{н}} = T_0 + T_{\text{доп}} + T_{\text{дод}} + T_{\text{пз}} = 21,69 + 5,1 + 2,4 + 11 = 40,2 \text{ хв.} \quad (2.30)$$

Наплавлювальна операція: контактна приварка стрічки із сталі 65Г.  
Обладнання: установка 011-1-02М «Рем деталь», 7102-0073-патрон, 7030-0029-центр упорний, щітка металева.

1. Приварити електроконтактним способом стрічку зі сталі 65Г на  $\varnothing 54,2$  мм до  $\varnothing 55,4$  мм на довжині 48 мм;

2. Приварити електроконтактним способом стрічку зі сталі 65Г на  $\varnothing 51,2$  мм до  $\varnothing 52,4$  мм на довжині 53 мм;

3. Приварити електроконтактним способом стрічку зі сталі 65Г на  $\varnothing 47,2$  мм до  $\varnothing 48,4$  мм на довжині 40 мм.

Режими наплавлювання приймаємо наступними:

- сила зварювального струму: 55...60 кА;
- частота обертання деталі: 5 хв<sup>-1</sup>;
- подача зварювальних електродів: 3...4 мм/об;
- швидкість зварювання: 0,5 м/хв.

Час на прикатку стрічки до поверхні становить:

$$T_{\text{оп}} = 0,2 \cdot 3 = 0,6 \text{ хв.} \quad (2.31)$$

Частота обертання деталі по переходах становить:

$$n^1 = \frac{318 \cdot 0,5}{54,9} = 2,9 \text{ хв}^{-1},$$

$$n^2 = \frac{318 \cdot 0,5}{51,87} = 3,1 \text{ хв}^{-1},$$

$$n^3 = \frac{318 \cdot 0,5}{47,85} = 3,3 \text{ хв}^{-1}.$$

Основний час наплавлювання становить:

$$T_{\text{оп}}^{123} = \frac{(48+53+40)}{2,9 \cdot 3,5} = 13,9 \text{ хв.} \quad (2.32)$$

Основний час на виконання операції складе:

$$T_o = T_{\text{оп}} + T_{\text{оп}}^{123} = 0,6 + 13,9 = 14,5 \text{ хв.} \quad (2.33)$$

Допоміжний час приймаємо наступним:

$$\begin{aligned} T_d^1 &= 1 \text{ хв}, T_d^2 = 0,9 \cdot 3 = 2,7 \text{ хв}, \\ T_d &= T_d^1 + T_d^2 = 1 + 2,7 = 3,7 \text{ хв.} \end{aligned} \quad (2.34)$$

Оперативний час складе:

$$T_{\text{опер}} = 14,5 + 3,7 = 18,2 \text{ хв.} \quad (2.33)$$

Тоді додатковий час становить:

$$T_{\text{дод}} = \frac{T_{\text{опер}} \cdot K}{100} = \frac{18,2 \cdot 15}{100} = 2,73 \text{ хв.} \quad (2.34)$$

Тривалість підготовчо-заключного етапу приймаємо  $T_{\text{пз}} = 20 \text{ хв.}$

З урахуванням проведених розрахунків норма часу на виконання операції становить:

$$T_n = 14,5 + 3,7 + 2,73 + 20 = 40,9 \text{ хв.} \quad (2.35)$$

Шліфувальна операція: шліфування поверхні валу до номінального розміру. Обладнання: верстат круглошліфувальний Bernardo URS 500 N, 7102-0073-патрон, 7032-0029-центр, люнет, коло шліфувальне ПП 350x40x80 23 АСМ 1-С1, штангенциркуль ШЦ-2-160-0,05, мікрометри МК-50-1, МК-75-1, зразки шорсткостей.

1. Шліфувати поверхню з  $\varnothing 55,4 \text{ мм}$  до  $\varnothing 55 \text{ мм}$  на довжині 48 мм;
2. Шліфувати поверхню з  $\varnothing 52,4 \text{ мм}$  до  $\varnothing 52 \text{ мм}$  на довжині 53 мм;
3. Шліфувати поверхню з  $\varnothing 48,3 \text{ мм}$  до  $\varnothing 48 \text{ мм}$  на довжині 40 мм.

Приймаємо припуск на обробку  $h^{123} = 0,225 \text{ мм.}$

Поперечну, поздовжню подачі та швидкість обробки приймаємо наступними:

$$S_{\text{поп}} = 0,005 \text{ мм}, S_{\text{поз}} = 40 \cdot 0,2 = 8 \frac{\text{мм}}{\text{об}}, V = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}}. \quad (2.36)$$

Частота обертання деталі становить:

$$n^{123} = 318 \cdot \frac{15}{55} = 87 \text{ хв}^{-1}. \quad (2.37)$$

Основний час на операцію по переходам складе:

$$T_o = \frac{((48+3)+(53+40+5)+(48+40+5)) \cdot 45}{87 \cdot 8} \cdot 1,45 = 22,6 \text{ хв}. \quad (2.38)$$

Допоміжний час приймаємо наступним:

$$\begin{aligned} T_{\text{д}}^1 &= 1 \text{ хв}, T_{\text{д}}^2 = 9,2 \text{ хв}, \\ T_{\text{д}} &= T_{\text{д}}^1 + T_{\text{д}}^2 = 1 + 9,2 = 10,2 \text{ хв}. \end{aligned} \quad (2.39)$$

Оперативний час складе:

$$T_{\text{опер}} = 22,6 + 10,2 = 32,8 \text{ хв}. \quad (2.40)$$

Тоді додатковий час становить:

$$T_{\text{дод}} = \frac{T_{\text{опер}} \cdot K}{100} = \frac{32,8 \cdot 9}{100} = 2,95 \text{ хв}. \quad (2.41)$$

Тривалість підготовчо-заключного етапу приймаємо  $T_{\text{пз}} = 14 \text{ хв}$ .

З урахуванням проведених розрахунків норма часу на виконання операції становить:

$$T_{\text{н}} = 22,6 + 10,2 + 2,95 + 14 = 49,75 \text{ хв}. \quad (2.35)$$

Контрольна операція: контроль розмірів, якості наплавлення та механічної обробки згідно вимог ремонтного креслення. Обладнання: твердомір ТК-14-250, комплект засобів вимірювання 03,06-133 «Ремдеталь». Для усунення всіх дефектів створюються маршрутні карти. На ремонтних кресленнях та операційних картах наводяться докладні дані для виконання шліфувальних робіт.

## Висновки до розділу 2

1. На основі проведених розрахунків було визначено необхідну кількість основних працівників – 3 особи, потребу в основному та допоміжному

обладнанні, що дозволило провести технологічне планування ділянки з ремонту та відновлення деталей двигунів внутрішнього згорання;

2. Розрахунки площі ділянки, проведені з урахуванням робочих зон, проходів і площі під обладнання, показали, що необхідна мінімальна площа становить 240 м<sup>2</sup>;

3. Приведено технологічний процес відновлення розподільчого валу з приведенням способів усунення дефектів та плану технологічних операцій з розрахунком норм часу.

### 3 Розробка стенду для правки колінчатих валів

#### 3.1 Опис існуючих конструктивних рішень

Гідравлічний прес AZ CP-150 (рис. 3.1) призначено для правки різного типу валів, не довших за 1,6 м. Конструкція пресу з ручним приводом є простою та надійною. Технічні характеристики пресу наведено у таблиці 3.1.



Рисунок 3.1 – Прес гідравлічний AZ CP-150

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики пресу гідравлічного AZ CP-150

Характеристика	Значення
Габаритні розміри, мм	2000 x 700 x 1100
Вага, кг	300
Довжина стола, мм	1900
Максимальна відстань між патронами, мм	1600
Максимальна відстань від осі захвату до столу, мм	215
Максимальний діаметр валу, мм	110
Максимальне зусилля преса, кг	8000

Головними перевагами конструкції є її простота, надійність та недорогість. Основними недоліками є те, що правка виконується лише в центральній частині вала, тоді як більшість валів мають місцеві вигини, які не завжди розташовані посередині. Також конструкція має низьку продуктивність через ручний привід стану та обмежене навантаження до 8000 кг, що унеможливує виправлення локальних деформацій.

Схожим за принципом дії є прес AMC-SCHOU (рис. 3.2) моделей CP 1800 та CP 2700 (максимальне зусилля відповідно становить 10000 і 20000 кг).



Рисунок 3.2 – Прес гідравлічний AMC-SCHOU

### 3.2 Опис пропонованої конструкції

Пропонована конструкція являє собою раму 1, оснащену двома парами штоків, які можуть переміщуватися відносно осі колінчастого валу (рис. 3.3). Це забезпечує можливість виправлення колінчастих валів різних типів двигунів.

У комплекті пресу передбачено електродвигун 15, що фланцевою муфтою 18 приводить у дію масляний насос 17. Цей насос перекачує масло з масляного

бака 12 через рукав 19 до гідравлічного крану 16 і далі – у гідроциліндр 3. Гідроциліндр 3 встановлений на кронштейні 4, що пересувається по станині. Це забезпечує можливість виправлення вала в різних його місцях.

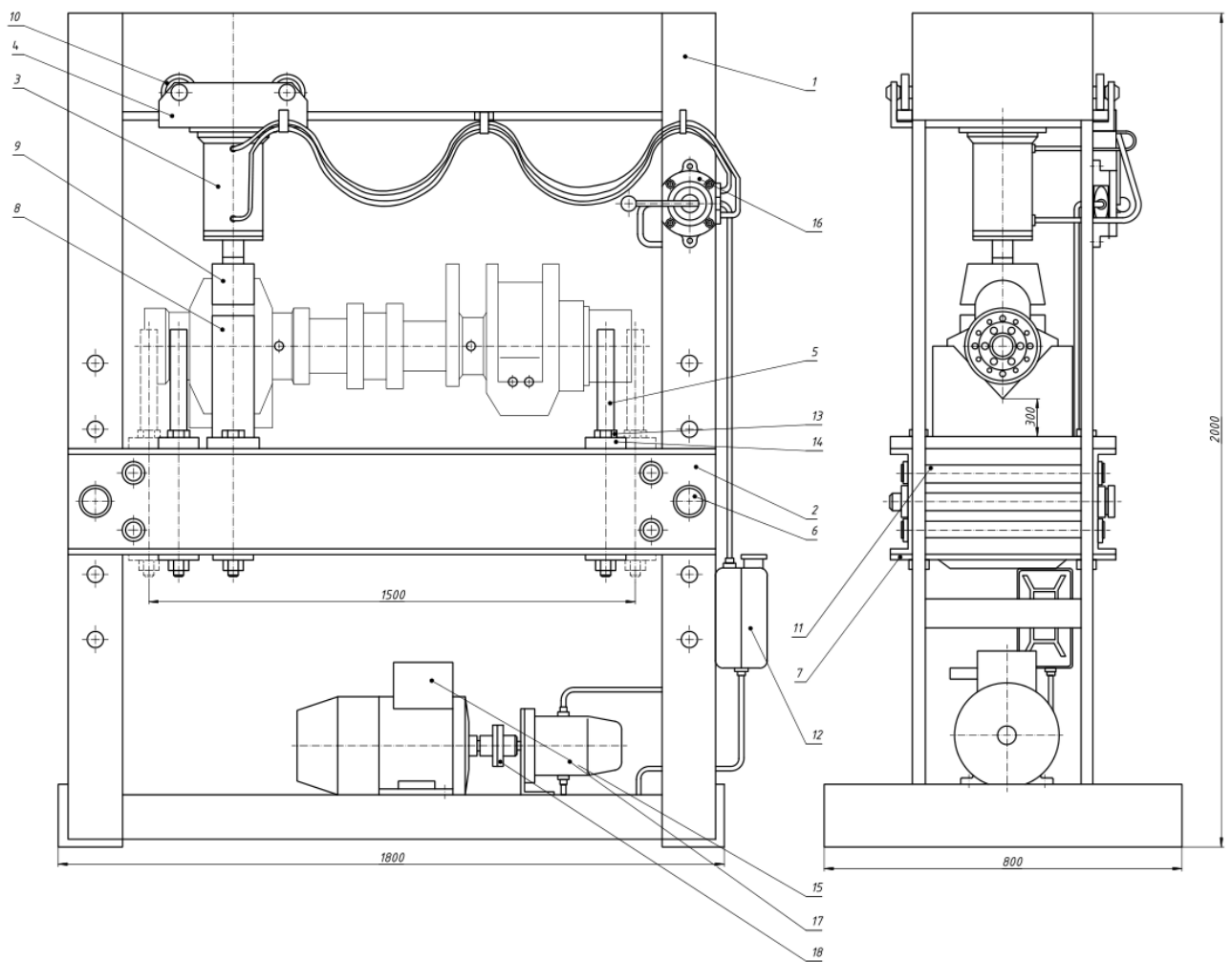


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд пропонованої конструкції: 1 – рама; 2 – підйомний стіл; 3 – гідроциліндр; 4 – кронштейн гідроциліндра; 5 – призма V-подібна; 6 – штифт фіксуючий; 7 – пластина; 8 – оправка нижня; 9 – оправка верхня; 10 – ролик; 11 – штифт розпирний; 12 – бак масляний; 13 – болт; 14 – гайка; 15 – електродвигун; 16 – кран гідравлічний; 17 – насос масляний; 18 – муфта фланцева; 19 – рукав

Фіксація валу відбувається у V-подібній призмі 5 болтами 13 і гайками 14. Після пуску гідроциліндр 3 починає поступально рухатись, активуючи клиновий механізм 9. Цей механізм підіймає шток, який тисне на шийку колінчастого вала та вигинає її до 5 мм. Якщо при цьому вирівнювання не відбувається, то під

шийку встановлюють оправку 8 для коригування деформації. Після цього знімають тиск штока, а ступінь вигину перевіряють контрольним прибором. Рихтування повторюється для центральної опорної шийки до вирівнювання з похибкою не більше 0,02 мм.

### 3.3 Конструктивні розрахунки

#### 3.3.1 Розрахунок насосу

Основні параметри насосу зведено в таблицю 3.2.

**Таблиця 3.2 – Основні параметри насосу**

Найменування	Позначення, одиниця вимірювання
Робочий об'єм	$V_H, \text{м}^3$
Номінальний тиск рідини	$p_{\text{НОМ}}, \text{Па}$
Номінальна швидкість обертання	$n_{\text{НОМ}}, \text{с}^{-1}$
Подача насоса	$Q_H, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$
Потужність насоса	$N_H, \text{кВт}$
Номінальна витрата рідини гідромотором	$Q_M, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$
Зусилля на штоку гідроциліндра	$P, \text{Н}$

Подача насоса, розрахована теоретично, – це об'єм рідини, який мав би проходити насосом за умови відсутності внутрішніх і зовнішніх витоків, а також за повного заповнення робочих камер рідиною. Цей параметр прямо пропорційний робочому об'єму насоса  $V_H$  та швидкості його обертання  $n_{\text{НОМ}}$ :

$$Q_T = V_H \cdot n_{\text{НОМ}}. \quad (3.1)$$

Номінальна подача насоса  $Q_H$  є меншою за теоретичну  $Q_T$ , що спричинено об'ємними втратами. Відношення цих значень визначає об'ємний коефіцієнт корисної дії (ККД):

$$\eta_v = \frac{Q_H}{Q_T} \quad (3.2)$$

Із (3.2) з урахуванням (3.1) номінальна подача насосу становить:

$$Q_H = \eta_v \cdot Q_T = \eta_v \cdot V_H \cdot n_{\text{НОМ}} \quad (3.3)$$

Теоретична потужність насосу становить:

$$N_H = \Delta p \cdot Q_T = M_H \cdot \omega_T \quad (3.4)$$

де  $\Delta p$  – зміна тиску в трубопроводі, МПа;

$M_H$  – крутний момент на валу насоса, Н·м;

$\omega_T$  – кутова швидкість обертання вала.

Практична потужність приводу гідромашини завжди перевищує її теоретичне значення. Це зумовлено не лише об'ємними втратами рідини, але й механічними втратами, які мають місце при взаємодії деталей між собою та виникненні сили тертя. Втрати механічного характеру оцінюються механічним коефіцієнтом  $\eta_{\text{мех}}$ . Також мають місце гідравлічні втрати, спричинені перепадами тиску в трубопроводах з уповільненням рідини, що оцінюються гідравлічним коефіцієнтом  $\eta_g$ .

Загальний ККД насоса  $\eta_n$  визначається як наступне співвідношення:

$$\eta_n = 159,2 \cdot \frac{\Delta p \cdot Q_H}{M_H \cdot n_{\text{НОМ}}} \quad (3.5)$$

З виразу (3.5) маємо:

$$M_H = 159,2 \cdot \frac{\Delta p \cdot Q_H}{\eta_v \cdot n_{\text{НОМ}}} \quad (3.6)$$

Потужність насоса становить:

$$N_H = \frac{M_H \cdot n_{\text{НОМ}}}{9555} \quad (3.7)$$

Вихідними параметрами приймаємо наступні:  $V_H = 64 \frac{\text{см}^3}{\text{хв}}$ ,  $n_{\text{ном}} = 2000 \text{ хв}^{-1}$ ,  $\eta\nu = 0,96$ ,  $p_{\text{ном}} = 12 \text{ МПа}$ . Теоретична подача (3.1) в такому випадку становить:

$$Q_T = 64 \cdot 2000 = 128000 \frac{\text{см}^3}{\text{хв}}. \quad (3.8)$$

Дійсна подача (3.3) становить:

$$Q_H = 0,96 \cdot 128000 = 122880 \frac{\text{см}^3}{\text{хв}}. \quad (3.9)$$

Перепад тиску становить:

$$\Delta p = 0,9 \cdot p_{\text{ном}} = 0,9 \cdot 12 = 10,8 \text{ МПа}. \quad (3.10)$$

Розрахункова потужність становить:

$$N_T = Q_T \cdot 10^{-3} \cdot \Delta p = 128000 \cdot 10^{-5} \cdot 10,8 = 14 \text{ кВт}. \quad (3.11)$$

Перейдемо до визначення крутного моменту, який за (3.6) становить:

$$M_H = 159,2 \cdot \frac{10,8 \cdot 122880 \cdot 10^{-3}}{0,96 \cdot 2000} = 110 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.12)$$

Визначимо за (3.7) фактичну потужність:

$$N_H = \frac{110 \cdot 2000}{9555} = 23 \text{ кВт}. \quad (3.13)$$

### 3.3.2 Розрахунок гідроциліндра

До основних параметрів гідроциліндра відносять: діаметр поршня  $D_H$  (приймаємо 250 мм), діаметр штока  $d_{\text{шт}}$  (приймаємо 120 мм), хід штока  $S$  (приймаємо 250 мм) та номінальний тиск  $P_{\text{ном}}$ .

Зусилля гідроциліндра під час руху штока:

$$P_1 = \left( \frac{\pi \cdot D_H^2}{4} \cdot (p_1 - p_2) + \frac{\pi \cdot d_{\text{шт}}^2}{4} \cdot p_2 \right) \cdot \eta_{\text{мех}}, \quad (3.14)$$

де  $p_1 = 6 \text{ Па}$  – тиск в порожнині поршня гідроциліндра;

$p_2 = 1 \text{ Па}$  – тиск в порожнині штока гідроциліндра;

$\eta_{\text{мех}} = 0,95$  – механічний коефіцієнтом корисної дії.

Швидкість  $V_{\text{п}}$  поршня гідроциліндра визначається відповідно до заданої швидкості робочого обладнання. Вона пов'язана з витратою робочої рідини за таким співвідношенням:

$$V_{\text{п}} = \frac{Q}{F} \cdot \eta_v, \quad (3.15)$$

звідки можна отримати формулу для визначення втрат рідини:

$$Q = V_{\text{п}} \frac{F}{\eta_v}, \quad (3.16)$$

З урахуванням прийнятих чисельних даних зусилля гідроциліндра (3.14) становить:

$$\begin{aligned} P_1 &= \left( \frac{3,14 \cdot 250^2}{4} \cdot (6 - 1) + \frac{3,14 \cdot 120^2}{4} \cdot 1 \right) \cdot 0,95 = \\ &= 243786 \text{ Н} = 24379 \text{ кг}. \end{aligned} \quad (3.17)$$

### 3.3.3 Рекомендації стосовно вибору мастила

При виборі мастильного матеріалу необхідно враховувати кілька ключових факторів. Основні кроки, які допоможуть визначити оптимальний варіант:

1. Ознайомлення з документацією. Перегляньте технічний опис або посібник з експлуатації гідравлічного преса. Виробник часто вказує рекомендований мастильний матеріал, що найбільше підходить для конкретного обладнання;

2. Аналіз умов експлуатації. Врахуйте робоче середовище преса. Якщо він використовується за екстремальних температур або у складних умовах, необхідно обрати масло, яке зберігає свої властивості в таких ситуаціях;

3. Визначення необхідної в'язкості. В'язкість масла – один із ключових параметрів вибору. Виробники пресів зазвичай вказують рекомендований діапазон. Важливо враховувати робочу температуру обладнання, щоб забезпечити стабільну роботу гідросистеми.

Урахування спеціальних вимог за їх наявності. До них, наприклад, відносять підвищену протипожежну безпеку чи екологічну відповідність. Доступні спеціалізовані масла, розроблені для дотримання певних нормативів.

З огляду на зазначені критерії, оптимальним вибором є масло «Турбінне 22».

### 3.3.4 Розрахунок перерізу балки

Нехай балка довжиною 1800 мм виготовлена з двотаврового профілю і закріплена по краях. Переміщення гідроциліндра відбувається по балці, на середину якої припадатиме максимальне навантаження у 25 тон. Відповідно до цього приводимо схему, що це відображає (рис. 3.4).

Оберемо сталь Ст235, для якої довідкові параметри є наступними:  $R_y = 2100 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ ,  $E = 2100000 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$ ,  $y_c = 1$ .

Максимальний момент становить:

$$M_{max} = \frac{F \cdot L}{4} = \frac{25 \cdot 1,8}{4} = 11,25 \text{ т.} \quad (3.18)$$

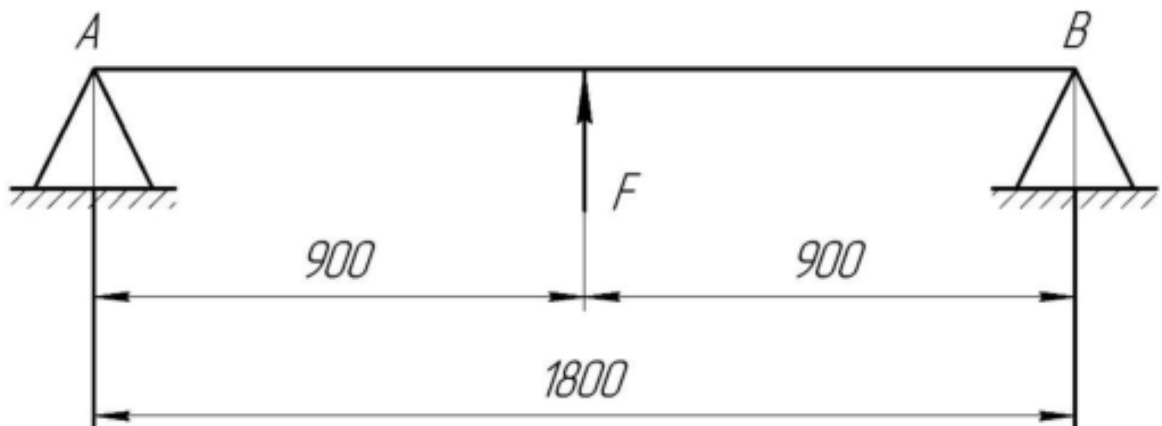


Рисунок 3.4 – Схема навантаження балки

Найбільша поперечна сила відповідно:

$$Q_{max} = \frac{F}{2} = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ т.} \quad (3.19)$$

Епюра навантаження та згинального моменту приведена на рисунку 3.5.

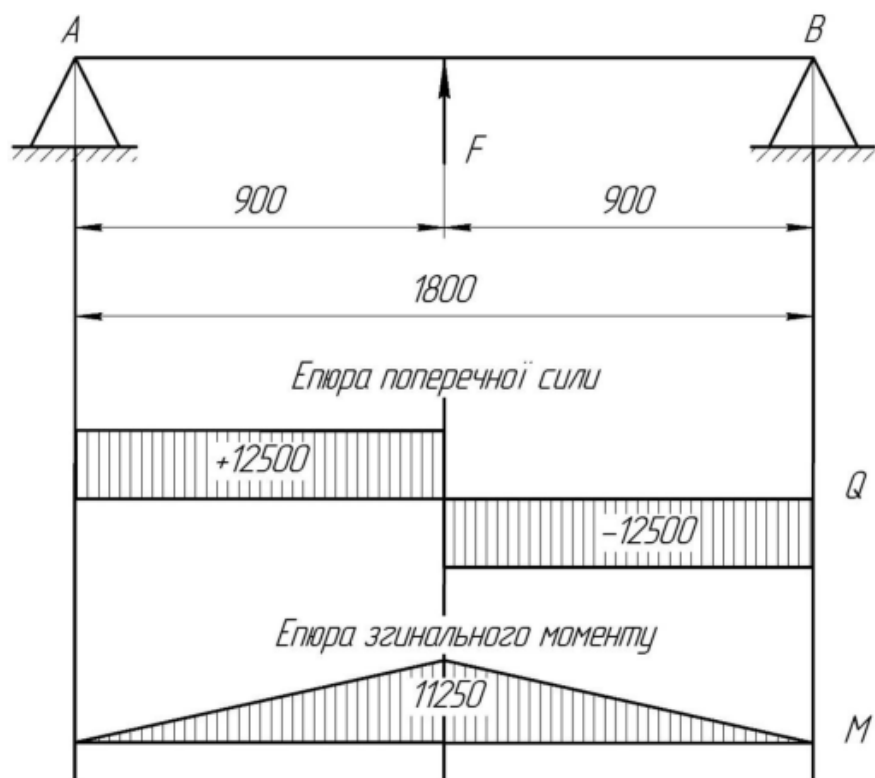


Рисунок 3.5 – Епюри навантаження та згинального моменту

Мінімальний момент опору становить:

$$W_{tp} = \frac{M_{max} \cdot 100}{1,12 \cdot R_y} = \frac{11,25 \cdot 100}{1,12 \cdot 2,1} = 478,32 \text{ см}^3 \cdot \text{т.} \quad (3.20)$$

Потрібний момент інерції становить:

$$I_{tp} = \frac{F \cdot L^2 \cdot 100^2 \cdot d_{шт}}{48 \cdot E} = \frac{25000 \cdot 1,8^2 \cdot 100^2 \cdot 120}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^6} = 964,29 \text{ см}^4 \cdot \text{т.} \quad (3.21)$$

Відповідно до (3.20) та (3.21) обираємо двутавр № 33 ДСТУ 8768:2018 (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Характеристика двутавра

№	Переріз	$W_y, \text{см}^3$	$I_y, \text{см}^4$	Маса, кг/м
33		597,0	9840,0	42,2

### Висновки до розділу 3

Відповідно до проведених конструктивних розрахунків зводимо технічні характеристики пропонованої конструкції в таблицю 3.4.

**Таблиця 3.4 – Технічні характеристики пропонованої конструкції**

№	Найменування	Величина
1	Конструкція	Збірно-зварна
2	Тип	Стаціонарний
3	Привід	Електричний
4	Довжина стола, мм	1800
5	Максимальна відстань між опорами, мм	1600
6	Максимальна відстань від осі захвату до стола, мм	215
8	Максимальний діаметр валу, мм	180
9	Максимальне зусилля преса, кг	25000
10	Габаритні розміри, мм	2000x800x1800
11	Вага, кг	400

Використання універсального стенду пропонованої конструкції дозволяє ремонтувати різного типу вали, що в інших умовах не підлягають ремонту. У деяких випадках місцеве правління допоможе уникнути необхідності проведення шліфувальної операції.

## 4 Охорона праці

### 4.1 Стан охорони праці в господарстві

Основою безпеки праці будь-якого господарства є коректна організація її управління. Розглянемо стан охорони праці в фермерському господарстві «Гулого Олександра Леонтійовича»

Відповідальність за стан охорони праці в фермерському господарстві несе його керівник – Гулий Олександр Леонтійович. Розробка заходів щодо безпеки праці, різного роду інструктування персоналу є обов'язками фахівця з безпеки праці, який призначається директором господарства. Медичний пункт є стаціонарним. В щоденні обов'язки його працівників входить медичний огляд персоналу.

Не дивлячись на те, що матеріально-технічна база постійно оновлюється і закупаються нове обладнання, серед недоліків слід відмітити відсутність організованого підвищення кваліфікації працівників. Результатом цього є недотримання правил техніки безпеки та, як наслідок, підвищена вірогідність виробничого травматизму.

Попри наявність на підприємстві спеціально відведеного кабінету охорони праці, його оснащення не відповідає сучасним вимогам та потребам працівників. Зокрема, значна частина інформаційних та методичних матеріалів є застарілою, а окремі стенди та плакати, що містять відповідні правила та рекомендації, не оновлювалися понад чверть століття. Це значно знижує їхню актуальність та ефективність, адже деяка інформація могла втратити свою актуальність через зміни в законодавстві чи виробничих процесах.

Окрім цього, у виробничих підрозділах підприємства взагалі відсутні будь-які наочні матеріали, які мали б інформувати працівників про потенційні ризики та порядок дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій. Така ситуація створює серйозні передумови для порушень вимог з охорони праці та підвищує ризик виробничого травматизму.

Додатково слід зазначити, що в багатьох приміщеннях підприємства виявлено вогнегасники, термін придатності яких вже сплив. Це є прямим порушенням правил пожежної безпеки та може суттєво ускладнити ліквідацію можливих загорянь у разі надзвичайних ситуацій. Відсутність належного контролю за станом протипожежного обладнання також свідчить про низький рівень організації роботи у сфері охорони праці та техніки безпеки загалом.

Додатково слід відмітити відсутність огороження оглядової ями, що спричиняє падіння тракторних шин у яму, а робоча зона має недостатнє освітлення, що підвищує ризик нещасних випадків.

#### **4.2 Шкідливі та небезпечні фактори. Шляхи запобігання**

Гідравлічний прес являє собою високопотужну технічну установку, основне призначення якої полягає у створенні значних зусиль для стиснення, формування, обробки та деформації різноманітних матеріалів. Завдяки своїм технічним характеристикам та здатності генерувати величезний тиск, це обладнання широко використовується в різних галузях промисловості, зокрема у металообробці, машинобудуванні, деревообробці та інших виробництвах, де необхідно виконувати точні та потужні операції з матеріалами.

Однак, поряд з високою продуктивністю та ефективністю, робота на гідравлічному пресі несе в собі значні ризики для здоров'я та життя працівників. Потенційна небезпека виникає як під час безпосереднього виконання виробничих операцій, так і в процесі обслуговування та налагодження обладнання. Високий тиск, рухомі частини преса та можливі несправності можуть призвести до серйозних травм, каліцтв або навіть загибелі.

З огляду на це, дотримання вимог охорони праці та суворе слідування інструкціям з безпечної експлуатації гідравлічного преса є не просто формальністю, а життєво необхідною умовою збереження здоров'я працівників і забезпечення безпечного виробничого процесу. Регулярний технічний огляд обладнання, своєчасне оновлення інструкцій, навчання персоналу та постійний

контроль за дотриманням правил безпеки повинні бути невід'ємною частиною організації роботи з використанням такого небезпечного устаткування.

Виділимо небезпечні та шкідливі фактори під час роботи з таким обладнанням:

1. Травмування механічного характеру виникає найчастіше. Контакт із обертовими елементами, а також помилки під час завантажувально-вивантажувальних робіт призводять до травмування (до переломів, защемлення кінцівок чи ударів);

2. Ризик раптового викиду матеріалу – під час пресування або формування деталь може вислизнути чи відскочити під дією високого тиску, завдавши шкоди як оператору, так і оточуючим;

3. Високий рівень шуму – гідравлічний прес створює значний шум під час роботи, що за тривалого впливу може спричинити поступове погіршення слуху;

4. Хімічна небезпека – робота з матеріалами, що містять токсичні речовини, може спричинити отруєння, подразнення шкіри або дихальних шляхів. Це особливо актуально для процесів, що передбачають використання мастил, гідравлічних рідин чи фарб;

5. Електротравми – гідравлічні системи часто містять електроприводи, що створює додатковий ризик ураження електричним струмом у разі несправності ізоляції чи пошкодження кабелів;

6. Перевантаження обладнання – перевищення допустимих навантажень може призвести до виходу преса з ладу, поломки його окремих компонентів і навіть створення аварійної ситуації;

7. Неналежне освітлення робочої зони – недостатня видимість може призвести до неправильного розташування заготовки, що збільшує ризик отримання травм.

Щоб мінімізувати небезпеки, необхідно суворо дотримуватися правил охорони праці та виконувати такі заходи:

1. Навчання та інструктаж персоналу. Усі працівники повинні пройти спеціальне навчання щодо принципів роботи з гідравлічним пресом, його

безпечного використання та реагування на позаштатні ситуації. Важливо також проводити регулярні повторні інструктажі, щоб оновлювати знання та нагадувати про важливість дотримання правил.

2. Використання засобів індивідуального захисту. Оператори преса повинні носити:

- захисні окуляри для запобігання потраплянню частинок матеріалу в очі;
- навушники або протишумові вставки для зменшення впливу шуму;
- захисні рукавиці для зменшення ризику порізів та опіків;
- робочий одяг без вільних елементів, які можуть зачепитися за рухомі

механізми.

3. Регулярна перевірка стану обладнання. Перед початком кожної зміни необхідно оглядати прес, перевіряти наявність гідравлічної рідини, справність рухомих механізмів, датчиків і елементів керування. У разі виявлення несправностей роботу з обладнанням слід припинити до усунення проблеми.

4. Дотримання правильної техніки роботи:

- оператор повинен дотримуватися чіткої послідовності дій відповідно до інструкцій;
- категорично забороняється вставляти руки у робочу зону преса під час його роботи;
- не можна працювати в рукавицях із тканини, які можуть зачепитися за деталі.

5. Контроль навантажень та параметрів роботи:

- важливо не перевищувати допустимі навантаження, встановлені виробником обладнання;
- робота преса повинна відбуватися у відповідних температурних умовах, оскільки перегрів гідравлічної системи може спричинити її вихід з ладу.

6. Організація правильної робочої зони.

- робоча зона повинна бути добре освітлена, щоб оператор міг контролювати процес обробки матеріалів;

– варто уникати захаращення простору навколо преса, щоб мінімізувати ризик випадкових падінь або ускладнень при евакуації в разі аварійної ситуації.

#### 7. Своєчасне технічне обслуговування:

– регулярне змазування механізмів, очищення обладнання та контроль рівня гідравлічної рідини є важливими заходами для підтримання безпечної роботи;

– періодично слід проводити діагностику преса для виявлення можливих несправностей до їх появи в процесі експлуатації.

#### 8. Оперативне реагування на небезпечні ситуації:

– у разі виявлення несправностей або появи нештатних ситуацій (протікання рідини, сторонні шуми, некоректна робота механізмів) працівник зобов'язаний негайно повідомити відповідальних осіб і припинити роботу;

– підприємство має забезпечити наявність аварійної кнопки зупинки преса, що дозволить швидко припинити роботу обладнання у разі небезпеки.

Гідравлічний прес – це високоефективне, але потенційно небезпечне обладнання. Правильна організація роботи, суворе дотримання правил техніки безпеки, регулярне навчання персоналу та технічне обслуговування значно знижують ризик аварійних ситуацій і травм. Запровадження комплексного підходу до безпеки дозволить не лише захистити працівників, а й продовжити термін служби обладнання, забезпечивши стабільну та безперебійну роботу підприємства.

## 5 Техніко-економічна оцінка пропонуваних рішень

Дипломний проект передбачає розробку спеціалізованої ділянки для відновлення деталей двигунів. Планується розміщення цієї ділянки у вже наявному приміщенні майстерні, що дозволяє зменшити початкові капітальні витрати.

Оцінка економічної ефективності проекту базується на ключових показниках, серед яких рентабельність та строк окупності. Вказані параметри дадуть змогу визначити доцільність впровадження проекту та його довгострокову перспективність.

Перед виконанням розрахунків економічної ефективності проекту, усі вихідні дані систематизуємо у таблиці 5.1.

**Таблиця 5.1 – Вихідні дані для техніко-економічної оцінки**

Назва показника	Умовне позначення	Числове значення
Об'єм робіт, ум.рем.	$Q$	23
Кількість працівників ділянки, чол.	$K_{пр}$	3
Середня заробітна плата (на червень 2024 року), грн	$ЗП_{ср}$	18000
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн	$B_{пр}$	750000
Спожита за рік електроенергія, кВт/год	$Q_{ел}$	23788
Вартість електроенергії для малих побутових споживачів класу напруги 27,5 кВ і вище на 01 грудня 2024 року, грн	$Ц_{ел}$	8,08
Вартість одного умовного ремонту, грн	$Ц_{ум.р.}$	110000

Загальна вартість ремонтів, які виконуються на ділянці:

$$B_{пр} = Q \cdot Ц_{ум.рем.} = 23 \cdot 110000 = 2530000 \text{ грн.} \quad (5.1)$$

Загальновиробничі витрати визначають наступним чином:

$$EB = 3П + A + V_{ел} + V_{рем} + IB, \quad (5.2)$$

де 3П – оплата праці персоналу, грн;

A – амортизаційні відрахування, грн;

$V_{ел}$  – відрахування на оплату електроенергії, грн;

$V_{рем}$  – відрахування на ремонтно-обслуговуючі роботи, грн;

IB – інші витрати, грн.

Оплата праці становить:

$$3П = 3П_{ср} \cdot K_{пр} = 18000 \cdot 3 \cdot 12 \cdot 1,37 = 887760 \text{ грн.} \quad (5.3)$$

Витрати на покриття амортизації розраховуються наступним чином:

$$A = \frac{B_{пр} \cdot \lambda}{100}, \quad (5.4)$$

де  $\lambda = 21,93\%$  – норма амортизації.

За формулою (5.4):

$$A = \frac{750000 \cdot 21,93}{100} = 164475 \text{ грн.}$$

Відрахування на електроенергію розраховуємо наступним чином:

$$V_{ел} = Q_{ел} \cdot C_{ел} = 23788 \cdot 8,08 = 192207,04 \text{ грн.} \quad (5.5)$$

Відрахування на ремонтно-обслуговуючі роботи становлять 30 % від амортизаційних відрахувань:

$$V_{рем} = A \cdot 0,3 = 164475 \cdot 0,3 = 49342,5 \text{ грн.} \quad (5.5)$$

Інші виробничі витрати становлять 3 % від суми:

$$\begin{aligned} IB &= (3П + A + V_{ел} + V_{рем}) \cdot 0,03 = \\ &= (887760 + 164475 + 192207,04 + 49342,5) \cdot 0,03 = \\ &= 38813,54 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (5.6)$$

Таким чином, за формулою (5.2) загальновиробничі витрати становлять:

$$\begin{aligned} EB &= 887760 + 164475 + 192207,04 + 49342,5 + 38813,54 = \\ &= 1332598,08 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (5.7)$$

Визначимо собівартість проведених ремонтів:

$$C_p = EB \cdot K, \quad (5.8)$$

де  $K = 1,1$  – добавочний коефіцієнт для врахування накладних витрат.

Тоді за формулою (5.8) маємо:

$$C_p = 1332598,08 \cdot 1,1 = 1465857,89 \text{ грн.}$$

Величина загального прибутку становить:

$$\Pi = B_{\text{пр}} - C_p = 2530000 - 1465857,89 = 1064142,11 \text{ грн.} \quad (5.9)$$

Рівень рентабельності складе:

$$P = \frac{\Pi \cdot 100}{C_p} = \frac{1064142,11 \cdot 100}{1465857,89} = 72,6 \%. \quad (5.10)$$

Термін окупності капіталовкладень в такому випадку складе:

$$T_0 = \frac{B_{\text{пр}}}{\Pi} = \frac{750000}{1064142,11} = 0,7 \text{ року.} \quad (5.11)$$

Результати техніко-економічної оцінки пропонованих рішень зведено в таблицю 5.2.

**Таблиця 5.2 – Техніко-економічна оцінка пропонованих рішень**

Показник	Чисельне значення
Вартість проведених ремонтів, грн	2530000,00
Експлуатаційні витрати, грн, в тому числі:	1332598,08
- заробітна плата	887760,00
- амортизаційні відрахування	164475,00
- витрати на оплату електроенергії	192207,04
- витрати на поточний ремонт і технічне обслуговування	49342,50
- інші виробничі витрати	38813,54
Собівартість проведених ремонтів, грн	1465857,89
Загальний прибуток, грн	1064142,11
Рівень рентабельності, %	72,6
Термін окупності капіталовкладень, років	0,7

У результаті проведених розрахунків визначено, що для організації дільниці з відновлення деталей двигунів внутрішнього згоряння необхідні капітальні вкладення в розмірі 750000 грн. Термін їхньої окупності становить 0,7 року, а рівень рентабельності сягає майже 73 %.

Отримані показники свідчать про високу економічну ефективність та доцільність впровадження даного проекту. Швидка окупність інвестицій і достатній рівень прибутковості роблять його привабливим як з фінансової, так і з виробничої точки зору.

## Загальні висновки

Створення спеціалізованого відділення з ремонту та відновлення деталей двигунів, використання сучасного обладнання та впровадження передових технічних рішень дозволяють суттєво підвищити продуктивність праці та надійність відремонтованої техніки.

Річна витрата праці на виконання ремонтних робіт на дільниці складає 6960 люд.-год., що відповідає 23 умовним ремонтам. У відділенні працює три спеціалісти, що забезпечують виконання основних операцій.

У процесі розробки проекту були створені технологічні процеси відновлення ключових агрегатів і вузлів, визначені основні типові дефекти та обрані оптимальні методи їх усунення. Впроваджені технічні рішення дозволили знизити собівартість відновлення деталей на 10–12 %, а також значно продовжити термін експлуатації відремонтованих вузлів.

Для проведення ремонтно-відновлювальних робіт спроектовано виробниче приміщення площею 216 м<sup>2</sup>, а також відкритий майданчик розміром 18×12 м. Особливу увагу приділено технологічному процесу ремонту колінчастого та розподільного валів. Запропонована методика дозволяє виправляти кожну шийку окремо із застосуванням зусилля в 25 тон, що підвищує якість ремонту та зменшує ризик повторних деформацій.

Одним із ключових завдань проекту було скорочення трудомісткості ремонтних операцій та підвищення їх ефективності. Цього вдалося досягти завдяки розробці спеціального стану для запресовування деталей складної форми під час відновлювальних робіт. Конструкція стану дозволяє прикладати зусилля до штока гідроциліндра у розмірі 243786 Н, при цьому відносне обтиснення штока не перевищує 0,23 мм.

Розроблений верстат значно розширює свої функціональні можливості через невеликий максимальний діаметр шийки колінчастого вала. Крім того, завдяки змінним насадкам на штоках гідроциліндрів він може бути використаний для виконання різноманітних штампувальних операцій. Це дозволяє зменшити

загальні витрати праці на ремонтні роботи на 25 %, з потенційним зниженням до 30 % при подальшій оптимізації процесу.

Також були розроблені заходи щодо поліпшення тих умов, в котрих здійснюють свою роботи оператори, зокрема, вимоги до безпечної експлуатації шліфувальних верстатів та інших технологічних установок.

У результаті проведених розрахунків визначено, що для організації дільниці з ремонтно-відновлювальних робіт деталей потрібні капітальні вкладення в розмірі 750000 грн. При цьому розрахунковий термін їхньої окупності становить 0,7 року, а рівень рентабельності сягає майже 73 %. Отже, запропонований проект є економічно виправданим і доцільним для реалізації.

## Список використаних джерел

1. Bochtis D., Sørensen C. G., Kateris D. (2019). Choosing a machinery system. In book: *Operations Management in Agriculture*, 117–158. doi: 10.1016/B978-0-12-809786-1.00005-9.
2. Borisova L., Alukhanyan A. (2022). Application of the aggregated approach to the development of the strategy of technical re-equipment of the machine and tractor fleet of an agricultural enterprise. In book: *Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles*, 2, 1853–1862. doi: 10.1007/978-3-031-11051-1\_190.
3. Buraev M., Tronts A., Shisteev A., Buraeva G., Anosova A. (2021). Strategy of service and maintainability of machines. In book: *Robotics, Machinery and Engineering Technology for Precision Agriculture, Proceedings of XIV International Scientific Conference “INTERAGROMASH 2021”*, 21–27. doi: 10.1007/978-981-16-3844-2\_3.
4. Cavalcante C., Scarf P., Ribeiro de Melo Y., Rodrigues A. J. S., Alotaibi N. (2024). Planning maintenance when resources are limited: a study of periodic opportunistic replacement. *IMA Journal of Management Mathematics*, 35(4). doi: 10.1093/imaman/dpae015.
5. Chen L., Zhang Z., Li H., Zhang X. (2023). Maintenance skill training gives agricultural socialized service providers more advantages. *Agriculture*, 13(1): 135. doi: 10.3390/agriculture13010135.
6. Efremov A. A., Sotskov Y. N., Belotzkaya Y. S. (2023). Optimization of selection and use of a machine and tractor fleet in agricultural enterprises: a case study. *Algorithms*, 16(7): 311. doi: 10.3390/a16070311.
7. Fomin A. I., Senin P. V., Kudryakov M. S., Baranov I. A. (2022). Restoration of crankshafts at repair enterprises of the republic of Mordovia. *Machinery and Equipment for Rural Area*. doi: 10.33267/2072-9642-2022-4-22-26.
8. Hu Y., Liu Y., Wang Zh., Wen J. (2020). A two-stage dynamic capacity planning approach for agricultural machinery maintenance service with demand

uncertainty. *Biosystems Engineering*, 190(4), 201–217. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2019.12.005.

9. Kulakov A., Barylnikova E., Talipova I., Galiev I. (2021). Method of preparation for restoration of worn nitrided journals of crankshafts. *Materials Science Forum*, 1031:31-36. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1031.31.

10. Lebedev B., Uminsky S., Korolkova M., Melnik A. (2023). Technology for the restoration of diesel crankshafts with the strengthening of necks. *Суднові енергетичні установки*, 47, 240–248. doi: 10.31653/smf47.2023.240-248.

11. Ma L., Xin M., Wang Y.-J., Zhang Y. (2022). Dynamic scheduling strategy for shared agricultural machinery for on-demand farming services. *Mathematics*, 10(21): 3933. doi: 10.3390/math10213933.

12. Salawu E.Y., Airewa I., Akerekan O. E., Afolalu S. A., Kayode J. F., Ongbali S., Awoyemi O., Edun B. M. (2023). Condition monitoring of farm machinery, a maintenance strategy for a sustainable livestock production: a review. *E3S Web of Conferences*, 430. doi: 10.1051/e3sconf/202343001227.

13. Shisteev A., Buraeva G., Ilyin P., Kovalivnich V. (2020). Justification of coefficients required for correction of rates of detail needs for machine maintenance and repair. *E3S Web of Conferences*, 210: 08011. doi: 10.1051/e3sconf/202021008011.

14. Starostin I. A., Lavrov A. V., Eshchin A. V., Davydova S. A. (2023). State and development prospects of the agricultural tractor fleet in the context of digital transformation of agriculture. *Tractors and Agricultural Machinery*, 90 (4), 387–394. doi: 10.17816/0321-4443-567790.

15. Szwarc E., Bocewicz G., Gola A., Wójcik R. (2024). Preventive and proactive planning of PaaS maintenance service teams. *IFAC-PapersOnLine*, 58(19): 778–783. doi: 10.1016/j.ifacol.2024.09.205.

16. Zhang W., Zhao B., Li, G., Zhou L. (2023). Configuration optimization method of agricultural machinery cluster operation maintenance service vehicle. *INMATEH Agricultural Engineering*. doi: 10.35633/inmateh-69-51.

17. Zhang W., Zhao B., Zhou L., Qiu C. (2022). Development of a resource optimization platform for cross-regional operation and maintenance service for combine harvesters. *Applied Sciences*, 12(19): 9873. doi: 10.3390/app12199873.

18. Zhang Y., Wang Y., Bai X., Liu Y. (2024). Designing a robust sustainable service network for agricultural machinery maintenance under demand uncertainty. *International Transactions in Operational Research*. doi: 10.1111/itor.13579.

19. Zhukova T., Panfilova O., Avlasenko I., Avlasenko L. (2020). Peculiarities and development factors of modern agricultural engineering. *E3S Web of Conferences*, 175:05028, doi: 10.1051/e3sconf/202017505028.

20. Yakovlev K. A., Latynin A. V. (2021). Increase of wear resistance of crankshafts of timber transport machines. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 875(1):012062. doi: 10.1088/1755-1315/875/1/012062.

# ДОДАТКИ