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: «Організація технології ремонту деталей та вузлів компресорно-насосного устаткування в умовах аграрного виробництва»

Виконав: _____ Єрьомін І. Ю.
(підпис)

Група: АІ 2101-1

Науковий (керівник): _____ Андрусяк В. О.
(підпис)

Суми – 2025

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

Єрьомін Іван Юрійович

1. Тема роботи: «Організація технології ремонту деталей та вузлів компресорно-насосного устаткування в умовах аграрного виробництва».

керівник роботи: Андрусяк Владислав Олегович, асистент,
затверджені наказом закладу вищої освіти від "___" _____ 202__ року №__

2. Строк подання здобувачем роботи: "___" _____ 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи:Загальний опис компресорно-насосного устаткування; опис технології ремонту вузлів та деталей; креслення вузлів та деталей що підлягають ремонту.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
1) характеристика об'єкту дослідження; 2) аналіз загальної характеристики;
3) розробка технології ремонту; 4) висновки щодо проведених робіт.

5. Перелік графічного (.ілюстративного) матеріалу: блок-схеми, малюнки, креслення.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: «03» вересня 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Збір інформації	до 15.09.2024	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 01.11.2024	
3.	Складання плану роботи	до 15.11.2024	
4.	Написання вступу	до 01.12.2024	
5.	Підготовку першого теоретичного розділу	до 01.01.2025	
6.	Підготовка другого аналітичного розділу	до 15.02.2025	
7.	Підготовка третього прикладного розділу	до 30.03.2025	
8.	Підготовка графічного матеріалу	до 10.04.2024	
9.	Підготовка розділів «Охорона праці» та «Економічне обґрунтування»	до 01.05.2024	
10.	Написання висновків та пропозицій	до 07.05.2024	
11.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 15.05.2024	
12.	Подання на рецензування	до 23.05.2025	
13.	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2025	

Здобувач вищої освіти _____ **Єрьомін І. Ю.**
(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ **Андрусяк В. О.**
(підпис)

Анотація

Кваліфікаційна робота присвячена організації технологічного процесу ремонту деталей і вузлів компресорно-насосного устаткування в умовах аграрного виробництва. Актуальність теми обумовлена широким використанням насосного устаткування в АПК та потребою в гарантуванні його стабільного й надійного функціонування. У процесі експлуатації в умовах агресивних середовищ і підвищених навантажень насоси та компресори піддаються інтенсивному зносу, що потребує своєчасного і якісного ремонту.

У роботі досліджено об’єкт – компресорно-насосне устаткування, а також вузли та деталі, зокрема куліса і вал, які найбільше схильні до зносу. Предметом дослідження є організація технологічних маршрутів ремонту та виготовлення цих деталей у ремонтних майстернях сільськогосподарських підприємств.

Описано вибір обладнання: токарні, фрезерні, шліфувальні верстати, зварювальні апарати, мобільні інструменти й діагностичні прилади. Особливу увагу приділено вимогам до охорони праці, захисту від шуму, вібрації та шкідливих викидів, а також питанням організації робочих місць у майстернях і на відкритому повітрі.

У результаті роботи розроблено організаційно-технологічні заходи, що підвищують ефективність ремонту та забезпечують безперервну роботу насосного обладнання в аграрному виробництві.

Ключові слова: компресорно-насосне устаткування, ремонт, сільськогосподарське виробництво, маршрутні процеси, технічне обслуговування.

Abstract

The qualification thesis is devoted to the organization of the technological process for repairing parts and assemblies of compressor and pump equipment under agricultural production conditions.

The relevance of the topic is due to the widespread use of pumping equipment in the agro-industrial complex and the need to ensure its stable and reliable operation. During operation in aggressive environments and under increased loads, pumps and compressors experience intensive wear, which requires timely and high-quality repair.

The object of the study is compressor and pump equipment, as well as components and parts—particularly the slide block and shaft—that are most susceptible to wear. The subject of the study is the organization of technological routes for the repair and manufacturing of these parts in the repair workshops of agricultural enterprises.

The thesis describes the selection of equipment, including lathes, milling machines, grinding machines, welding units, mobile tools, and diagnostic instruments. Special attention is paid to occupational safety requirements, protection from noise, vibration, and harmful emissions, as well as the organization of workplaces both in workshops and outdoors.

As a result of the research, organizational and technological measures were developed to improve repair efficiency and ensure the uninterrupted operation of pumping equipment in agricultural production.

Keywords: compressor-pump equipment, repair, agricultural production, process routes, maintenance.

Зміст

Вступ 3

Розділ 1. Огляд компресорно-насосного устаткування в аграрному виробництві та його ремонт та обслуговування 5

1.1 Види компресорно-насосного устаткування та їх застосування в аграрному виробництві 5

1.2 Організація технічного обслуговування та ремонту 12

1.3 Особливості обслуговування насосного обладнання 14

1.4 Роль професійного обслуговування та ремонту 15

1.5 Висновки 16

Розділ 2. Обладнання для ремонту компресорно-насосного устаткування в аграрному виробництві 19

2.1 Загальні характеристики і призначення токарно-гвинтонарізного станка моделі 16К20 20

2.2 Призначення станка та його технічна характеристика 22

2.3 Основні вузли та органи управління верстатом. 23

2.4 Розрахунок верстатних пристосування 26

2.5 Висновки 32

Розділ 3. Технологія ремонту компресорно-насосного устаткування в аграрному виробництві 33

3.1 Технологія ремонту куліси плунжерного насоса 33

3.2 Технологія ремонту вала відцентрового насоса 37

3.3 Висновки 44

Висновки 45

Список використаних джерел 47

Вступ

В умовах сучасного розвитку АПК України особливого значення набуває питання ефективної експлуатації та надійності роботи компресорно-насосного обладнання. Таке устаткування широко застосовується в сільському господарстві для перекачування рідин, організації зрошення, подачі пального й мастильних матеріалів, а також для створення необхідного тиску в гідравлічних системах та виконання інших виробничих операцій. Насосні системи відіграють важливу роль у забезпеченні безперервного функціонування зрошувальних комплексів, подачі води для напування худоби та інших життєво важливих процесів. Проблематика насосного обладнання широко висвітлена у численних наукових дослідженнях. [1], [2], [3], [4].

Актуальність дослідження насосного устаткування зумовлена тим, що у процесі експлуатації в умовах підвищених навантажень та впливу агресивних середовищ насоси та компресори піддаються інтенсивному зносу. Це призводить до виходу з ладу важливих вузлів і деталей, таких як куліси, вали, робочі колеса та інші елементи. Несвоєчасний ремонт або неякісне обслуговування насосного обладнання стає причиною зниження продуктивності, частих простоїв та значних економічних втрат. Отже, вивчення аспектів організації технологічного процесу ремонту насосного обладнання безпосередньо в місцях його експлуатації є вкрай важливим для гарантування безперебійної діяльності аграрних підприємств.

Об’єктом дослідження є компресорно-насосне устаткування, яке експлуатується у сільському господарстві, а також вузли та деталі цього обладнання, що найчастіше підлягають ремонту та відновленню — зокрема, куліса та вал. Ці деталі є основними елементами, що забезпечують надійність та працездатність насосних агрегатів, і від їх технічного стану залежить ефективність роботи всього технологічного процесу.

Предметом дослідження є організація технології ремонту деталей і вузлів компресорно-насосного устаткування в умовах аграрного виробництва. Це

включає аналіз технологічних маршрутів ремонту та виготовлення деталей куліси та вала, вибір необхідного обладнання, обґрунтування режимів обробки та розробку заходів з охорони праці під час виконання ремонтних робіт.

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування та розробка організаційно-технологічних рішень щодо ремонту деталей і вузлів компресорно-насосного устаткування у сільськогосподарських підприємствах. Для досягнення цієї мети необхідно:

- дослідити конструктивні особливості деталей та вузлів насосного обладнання, що потребують ремонту;
- розробити маршрутні технологічні процеси ремонту та виготовлення деталей куліси та вала;
- обґрунтувати вибір стаціонарного та мобільного обладнання, необхідного для ремонту в умовах аграрного виробництва;
- оцінити вплив технологічних заходів на підвищення ефективності експлуатації насосного обладнання та надійність його роботи;
- забезпечити відповідність процесів ремонту вимогам безпеки праці та екологічним нормам.

Особливу увагу також слід приділяти питанням організації ремонтного господарства у майстернях сільськогосподарських підприємств, а також застосуванню мобільного обладнання для виконання ремонту безпосередньо на місці експлуатації. Таким чином, у кваліфікаційній роботі узагальнено досвід та сучасні підходи до ремонту компресорно-насосного устаткування, приділено увагу насосним агрегатам як критично важливим елементам для аграрного виробництва, запропоновано комплекс технічних і організаційних рішень, що мають на меті підвищення результативності ремонтних процесів і забезпечення стабільної та надійної експлуатації насосного обладнання в сільськогосподарському виробництві.

Розділ 1. Огляд компресорно-насосного устаткування в аграрному виробництві та його ремонт та обслуговування

Організація технології ремонту деталей та вузлів компресорно-насосного устаткування в аграрному виробництві є ключовим аспектом забезпечення безперебійної роботи сільськогосподарських підприємств. Цей процес включає комплекс заходів, спрямованих на підтримання обладнання в працездатному стані, своєчасне виявлення та усунення несправностей, а також модернізацію для підвищення ефективності експлуатації.

1.1 Види компресорно-насосного устаткування та їх застосування в аграрному виробництві

У аграрному виробництві компресорно-насосне устаткування відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного функціонування різноманітних технологічних процесів. Це обладнання використовується для зрошення, водопостачання, вентиляції, транспортування рідин та газів, а також у пневматичних системах. Розглянемо основні види компресорно-насосного устаткування та їх застосування в сільському господарстві.

Відцентрові насоси (рис 1.1) широко використовуються для зрошення полів, водопостачання тваринницьких ферм та перекачування рідин у системах з низьким тиском. Вони характеризуються високою продуктивністю та надійністю в експлуатації [5], [6], [7].

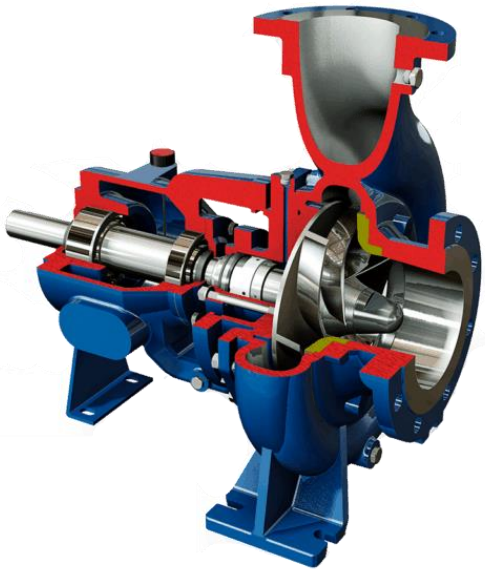

Рисунок 1.1 – Відцентровий насос

Поршневі насоси (рис 1.2) застосовуються для подачі густих рідин, таких як добрива або пестициди, у системах обприскування. Вони забезпечують точне дозування та високу ефективність при роботі з в'язкими рідинами [5], [6], [7].

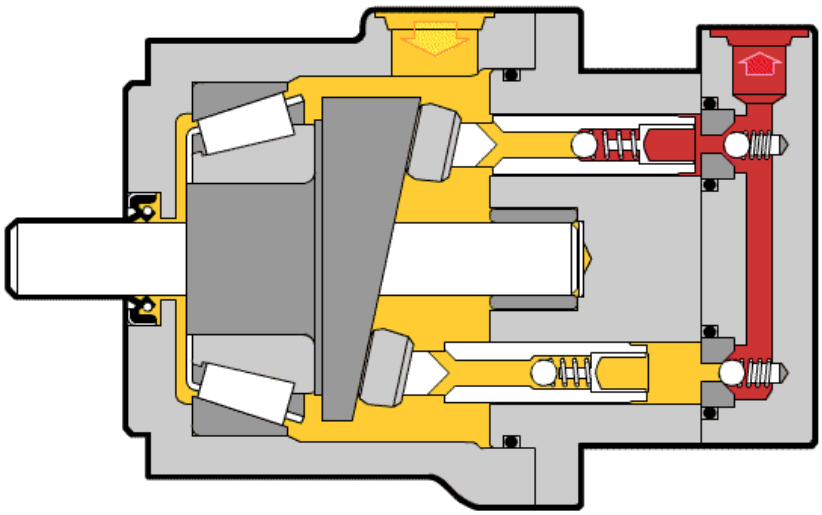

Рисунок 1.2 – Поршневий насос

Занурювальні насоси (рис 1.3) призначені для підйому води з глибоких свердловин для зрошення та водопостачання. Вони забезпечують стабільну

подачу води навіть при значних глибинах залягання водоносних шарів [5], [6], [7].

Рисунок 1.3 – Занурювальний насос

Шестеренні насоси (рис 1.4) використовуються для перекачування мастил, пального та інших в'язких рідин. Вони забезпечують рівномірний потік рідини та мають компактні розміри, що дозволяє їх встановлювати в обмежених просторах [5], [6], [7].

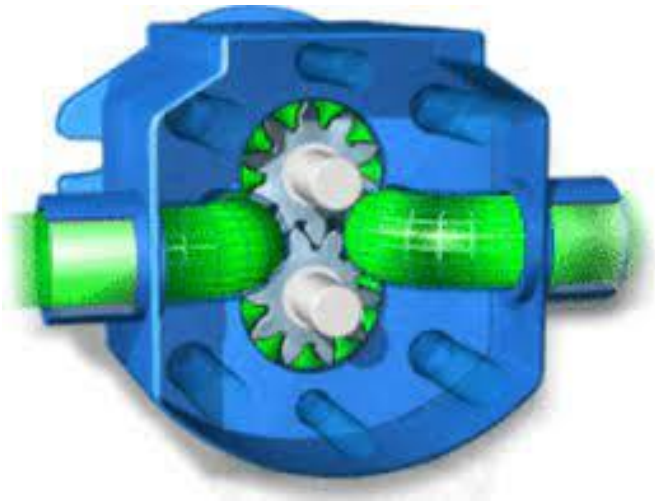

Рисунок 1.4 – Шестерений насос

Мембранні насоси (рис 1.5) застосовуються для перекачування агресивних або забруднених рідин, оскільки їх конструкція запобігає прямому контакту рідини з рухомими частинами насоса. Це забезпечує довговічність обладнання та знижує ризик корозії [5], [6], [7].

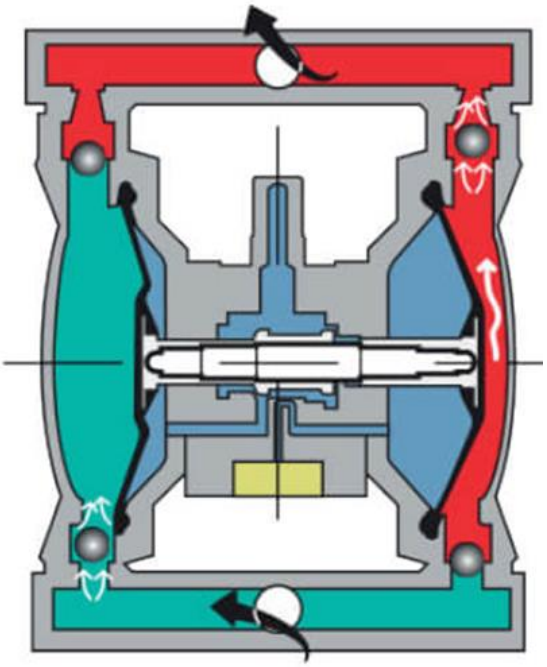

Рисунок 1.5 – Мембранний насос

Поршневі компресори (рис 1.6) використовуються для забезпечення стисненим повітрям пневматичних систем, таких як пневмоінструменти,

системи автоматизації та вентиляції. Вони відзначаються високим тиском та надійністю в роботі [6], [7], [8].

Рисунок 1.6 – Поршневий компресор

Гвинтові компресори (рис 1.7) призначені для безперервної подачі стисненого повітря з високою ефективністю. Вони мають низький рівень шуму та вібрацій, що робить їх ідеальними для тривалої експлуатації в аграрних підприємствах [6], [7], [8].

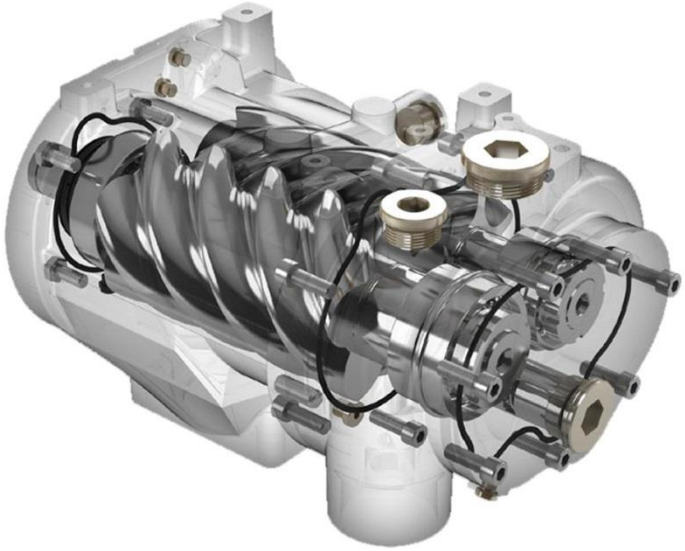

Рисунок 1.7 – Гвинтовий компресор

Мембранні компресори (рис 1.9) використовуються для стиснення агресивних або забруднених газів, оскільки їх конструкція запобігає контакту газу з рухомими частинами. Це забезпечує безпечну та ефективну роботу з різними газоподібними середовищами [6], [7], [8].

Рисунок 1.9 – Мембранний компресор

Вихрові компресори (рис 1.10) застосовуються для подачі повітря в системи аерації, вентиляції та інших процесів, де потрібен постійний потік повітря з невисоким тиском. Вони мають просту конструкцію та високу надійність [6], [7], [8].

Рисунок 1.10 – Вихровий компресор

Турбокомпресори (рис 1.11) призначені для високопродуктивного стиснення повітря або газів у великих обсягах. Вони використовуються в системах вентиляції, охолодження та інших процесах, де потрібна велика кількість стисненого повітря.

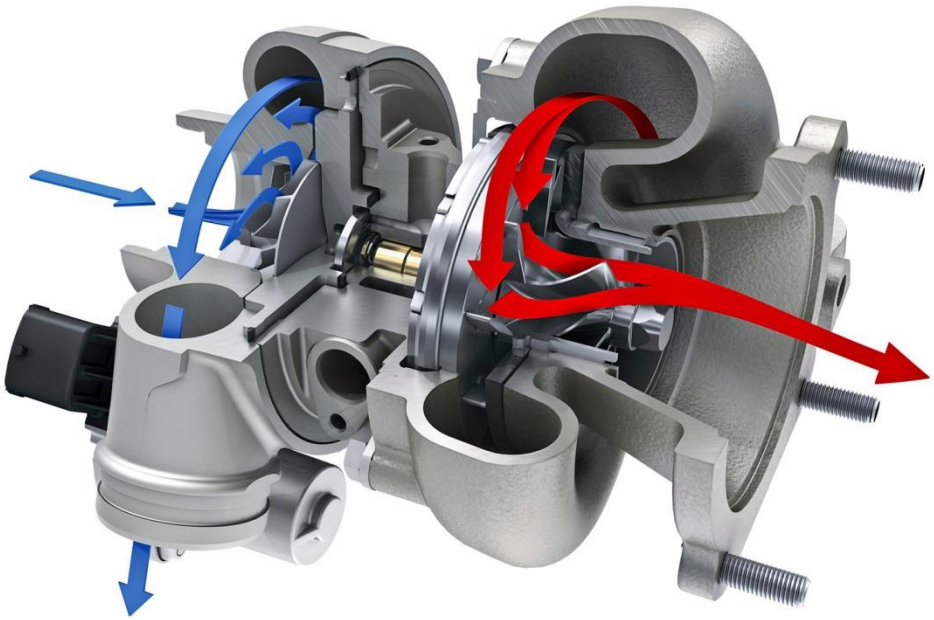

Рисунок 1.11 – Турбокомпресор

Вибір певного виду компресорно-насосного обладнання визначається особливостями аграрного виробництва, масштабами виконуваних робіт і

властивостями рідин чи газів, які підлягають перекачуванню. Раціональна експлуатація та своєчасне технічне обслуговування такого устаткування сприяють ефективному та безперебійному функціонуванню сільськогосподарських господарств.

1.2 Організація технічного обслуговування та ремонту

У аграрному секторі компресорно-насосне устаткування є невід'ємною складовою технологічних процесів, таких як зрошення, водопостачання, вентиляція та транспортування рідин. Ефективна організація технічного обслуговування та ремонту цього обладнання забезпечує безперебійну роботу сільськогосподарських підприємств і сприяє підвищенню продуктивності.

Основною системою технічного обслуговування в аграрному виробництві є планово-попереджувальна система, яка передбачає проведення обслуговування за встановленим графіком, незалежно від технічного стану обладнання. Це дозволяє своєчасно виявляти та усувати потенційні несправності, запобігаючи аваріям і простою техніки.

Види технічного обслуговування бувають щоденне, періодичне, сезонне [9], [10].

Щоденне обслуговування включає візуальний огляд, перевірку рівня мастила, очищення зовнішніх поверхонь та усунення дрібних несправностей.

Періодичне обслуговування передбачає більш детальний огляд, заміну мастила, перевірку та регулювання вузлів і механізмів, а також заміну зношених деталей.

Сезонне обслуговування проводиться перед початком або після завершення сезону експлуатації обладнання, включає консервацію або розконсервацію техніки, перевірку її готовності до роботи в нових умовах.

Компресорно-насосне устаткування є ключовим елементом аграрної інфраструктури, забезпечуючи зрошення, водопостачання, вентиляцію та інші технологічні процеси. Ефективна технологія ремонту цього обладнання є запорукою безперебійної роботи сільськогосподарських підприємств.

Першим етапом ремонту є діагностика технічного стану обладнання. Вона включає візуальний огляд, перевірку рівня мастила, вимірювання тиску та температури, а також використання спеціалізованих діагностичних приладів для виявлення внутрішніх дефектів. Оперативне виявлення несправностей дає змогу уникнути серйозних пошкоджень обладнання та знизити витрати на його відновлення.

Ремонт компресорно-насосного устаткування поділяється на поточний, середній та капітальний [9], [10].

Поточний ремонт передбачає усунення незначних несправностей без демонтажу обладнання. До таких робіт належать заміна ущільнень, підшипників, сальників, а також регулювання та налаштування окремих вузлів. Цей вид ремонту зазвичай проводиться на місці експлуатації обладнання і не потребує значних витрат часу та ресурсів.

Середній ремонт включає частковий демонтаж обладнання для заміни або відновлення зношених деталей, таких як крильчатки, вали, муфти. Цей процес вимагає використання спеціалізованого інструменту та обладнання, а також проведення балансування та випробувань після складання. Середній ремонт зазвичай проводиться в умовах ремонтних майстерень або сервісних центрів.

Капітальний ремонт передбачає повну розбірку обладнання, дефектацію всіх деталей, заміну або відновлення зношених елементів, а також модернізацію окремих вузлів. Цей вид ремонту є найбільш трудомістким і вимагає високої кваліфікації персоналу, наявності спеціалізованого обладнання та дотримання технологічних процесів. Після капітального ремонту обладнання проходить повне випробування перед введенням в експлуатацію.

Для підвищення надійності та тривалого терміну служби компресорно-насосного обладнання під час ремонту можуть впроваджуватися сучасні методи модернізації, зокрема використання передових матеріалів і технологій для відновлення зношених елементів [6].

Організація технічного обслуговування та ремонту компресорно-насосного устаткування в аграрному виробництві є комплексним процесом, що

вимагає системного підходу, кваліфікованого персоналу та використання сучасних технологій. Своєчасне та якісне обслуговування забезпечує надійну роботу обладнання, знижує ризик простоїв і сприяє ефективному функціонуванню сільськогосподарських підприємств.

Капітальний ремонт передбачає повну розбірку агрегату, ревізію всіх деталей та вузлів, заміну зношених компонентів і випробування після складання.

1.3 Особливості обслуговування насосного обладнання

У сільському господарстві насосне обладнання часто працює в умовах підвищеної запиленості, високої вологості та температурних коливань. Це вимагає особливої уваги до герметичності з'єднань, стану електроізоляції та захисту від корозії. Також важливо враховувати сезонність робіт, проводячи консервацію обладнання на період простою та підготовку до нового сезону. [5], [6].

Насоси, що використовуються в аграрному виробництві, потребують регулярного технічного обслуговування, яке включає: очищення зовнішніх поверхонь, видалення забруднень для забезпечення ефективного охолодження; перевірка та заміна ущільнень, забезпечення герметичності системи; контроль рівня мастила, змащення підшипників та інших рухомих частин; перевірка електродвигуна, а саме контроль за температурою, вібрацією та споживанням електроенергії. [5], [6].

У процесі технічного обслуговування здійснюється перевірка стану ущільнень, підшипників, робочих органів, валів, втулок та інших деталей, які піддаються зносу. При виявленні дефектів або значного зносу, ці компоненти підлягають заміні. Своєчасна заміна зношених деталей запобігає серйозним поломкам та продовжує термін служби обладнання. [5], [6].

Обслуговування насосного обладнання повинно здійснюватися кваліфікованими фахівцями, які мають досвід та знання в цій сфері. Сертифіковані спеціалісти здатні правильно діагностувати проблеми, виконати

необхідні ремонтні роботи та надати рекомендації щодо подальшої експлуатації обладнання. [5], [6].

Регулярне та якісне технічне обслуговування насосного обладнання є запорукою його надійної та довготривалої роботи в аграрному виробництві. Своєчасна діагностика, очищення, заміна зношених деталей та налаштування автоматики дозволяють запобігти аваріям, знизити витрати на ремонт та забезпечити ефективну роботу сільськогосподарських підприємств. [5], [6].

1.4 Роль професійного обслуговування та ремонту

Важливою складовою якісного ремонту компресорно-насосного устаткування є правильна організація ремонтного господарства підприємства, адже саме від його ефективності залежить швидкість і якість проведення ремонтно-технічних робіт, а також надійність обладнання після ремонту.

Перш за все, у рамках ремонтного господарства створюються ремонтні майстерні або дільниці. Це окремі виробничі приміщення, які обладнуються необхідними верстатами та інструментами для виконання різних видів робіт. До найпоширеніших належать: [9], [10].

Верстати для механічної обробки деталей: токарні, фрезерні, шліфувальні, свердлильні, що дозволяють виготовляти або відновлювати деталі насосів і компресорів, такі як вали, робочі колеса, корпуси тощо.

Верстати для балансування: використовуються для динамічного балансування роторів і крильчаток, що важливо для зниження вібрацій і продовження ресурсу обладнання.

Зварювальні установки: для виконання ремонтних робіт з відновлення корпусних деталей або кріпильних елементів.

Стенди для випробувань насосів і компресорів: після ремонту агрегати випробовують на герметичність, продуктивність і безпечну роботу перед їх введенням в експлуатацію.

Другою важливою складовою є система складів запасних частин і комплектуючих, які необхідні для оперативного виконання ремонтних робіт.

Запаси повинні включати найбільш зношувані та критичні вузли (ущільнення, підшипники, сальники, робочі колеса, прокладки, манжети тощо). Правильна організація складу дає змогу уникнути простоїв у разі аварійного ремонту та скорочує час ремонту за рахунок швидкої доступності потрібних деталей.

Окрему увагу слід приділити організації інструментального господарства, яке передбачає наявність ручного, електро та пневмоінструменту, що забезпечує виконання робіт на належному технічному рівні. Це ключовий фактор для підвищення продуктивності праці ремонтників і гарантії якості виконаних робіт. [9], [10].

Не менш важливою умовою успішного функціонування ремонтного господарства є підготовка та підвищення кваліфікації персоналу. Персонал має володіти сучасними методами ремонту (наприклад, наплавлення, полімерне відновлення, лазерне напилення), знати конструкцію обладнання та вміти працювати з сучасними вимірювальними приладами та діагностичними системами. Для цього регулярно проводяться тренінги, курси підвищення кваліфікації та інструктажі з охорони праці та техніки безпеки. [9], [10].

Таким чином, правильна організація ремонтного господарства підприємства створює всі умови для ефективного і своєчасного проведення ремонтів компресорно-насосного устаткування. Вона включає ремонтні майстерні з сучасним обладнанням, склади запасних частин та інструменту, а також кваліфікований персонал, що дозволяє підтримувати роботу обладнання на високому рівні та знизити ризик простоїв у виробництві.

1.5 Висновки

Організація технології ремонту та технічного обслуговування компресорно-насосного устаткування в аграрному виробництві є невід'ємною складовою ефективної роботи сільськогосподарських підприємств. Насоси та компресори забезпечують водопостачання, зрошення, підживлення культур, охолодження технологічних процесів та інші важливі функції. Тому від їхньої

надійності залежить стабільність агровиробництва, продуктивність праці та ефективність використання ресурсів.

Перш за все, ефективна організація ремонту і обслуговування компресорно-насосного обладнання базується на планово-попереджувальній системі технічного обслуговування, яка передбачає проведення технічних заходів через певні інтервали часу або за напрацюванням обладнання. Це дозволяє своєчасно виявляти дефекти, проводити профілактику і таким чином запобігати аваріям, скорочуючи витрати на позапланові ремонти та простої обладнання.

Основними видами технічного обслуговування є щоденне технічне обслуговування, яке включає візуальний контроль, перевірку рівня мастила, усунення дрібних несправностей, очищення від пилу та бруду. Періодичне технічне обслуговування виконується через певні інтервали часу та передбачає більш ґрунтовні роботи: перевірку герметичності, регулювання вузлів, заміну ущільнень, підшипників, мастила. Сезонне технічне обслуговування проводиться перед початком або після завершення польових робіт, під час консервації або розконсервації насосів та компресорів.

Ремонт компресорно-насосного обладнання зазвичай поділяють на поточний, середній та капітальний. Поточний ремонт полягає в усуненні незначних несправностей без необхідності розбирання всього агрегату (заміна прокладок, сальників, підтягування кріплень). Середній ремонт вимагає часткового розбирання обладнання, перевірки стану основних вузлів, заміни зношених деталей (наприклад, підшипників, валів, тощо), а також проведення балансування та регулювань. Капітальний ремонт передбачає повне розбирання обладнання, перевірку технічного стану всіх деталей, заміну або відновлення ключових елементів, а в окремих випадках — його модернізацію. Такий процес вимагає високої кваліфікації фахівців і використання спеціалізованого обладнання.

Важливою складовою якісного ремонту є правильна організація ремонтного господарства підприємства: створення ремонтних майстерень,

укомплектованих необхідними верстатами та приладами, складів запчастин та інструменту, а також підготовка висококваліфікованого персоналу.

Таким чином, організація технології ремонту та технічного обслуговування компресорно-насосного устаткування в аграрному виробництві повинна бути комплексною та орієнтованою на запобігання несправностей, та можливий ремонт. Її впровадження забезпечує надійну роботу обладнання, знижує ризик простоїв та сприяє підвищенню продуктивності аграрного сектору

Розділ 2. Обладнання для ремонту компресорно-насосного устаткування в аграрному виробництві

Умови аграрного виробництва часто вимагають проведення оперативного та якісного ремонту компресорно-насосного устаткування безпосередньо на місці його експлуатації або у спеціалізованих ремонтних майстернях підприємства. Для цього в ремонтному господарстві сільськогосподарських підприємств застосовується різноманітне обладнання, яке поділяють на автономне, мобільне.

До стаціонарного обладнання ремонтних майстерень відносять універсальні верстати для механічної обробки деталей та вузлів. Токарні верстати широко використовуються для обробки валів, втулок, робочих коліс, шківів. Вони забезпечують виконання таких операцій, як обточування, нарізання різьби, підрізування торців. Фрезерні та свердлильні верстати застосовують для виготовлення та відновлення деталей корпусів насосів і компресорів, наприклад кришок та опорних плит, а також для нарізання отворів під кріплення й ущільнення. Шліфувальні верстати необхідні для досягнення високої чистоти поверхонь, особливо на робочих поверхнях валів та гільз компресорів. Верстати для динамічного балансування роторів використовують для балансування робочих коліс і роторів компресорів, що дозволяє мінімізувати вібрацію під час їх роботи. Також у ремонтних майстернях застосовують зварювальні апарати (дугові, напівавтоматичні, аргонові) для ремонту тріщин і відновлення корпусів насосів та компресорів, гідравлічні та механічні преси для демонтажу й складання підшипників, втулок, муфт, а також різьбонарізні верстати для відновлення або нарізання різьби на деталях [11], [12],.

Окрім стаціонарного обладнання, у польових умовах часто застосовують мобільне та допоміжне обладнання, яке дозволяє виконувати ремонт безпосередньо на місці встановлення агрегатів. До такого обладнання належать переносні електро- та пневмоінструменти (електродрилі, шліфувальні машинки,

гайковерти) для демонтажу та монтажу вузлів компресорно-насосного устаткування, мобільні зварювальні установки для оперативного ремонту корпусів і вузлів безпосередньо в полі, гідравлічні домкрати та підйомники для демонтажу й монтажу важких агрегатів. Також широко використовуються переносні діагностичні прилади, наприклад віброаналізатори та стетоскопи, для оцінки стану підшипників і вузлів насосів і компресорів. У комплексі робіт використовуються також маслоочисні установки для очищення та заміни робочих рідин у вузлах гідравлічних і маслонаповнених систем.

Особливе місце в ремонтному господарстві займають діагностичні стенди, які дозволяють перевіряти працездатність насосів і компресорів після ремонту. За їх допомогою контролюють герметичність, продуктивність і тиск агрегатів перед їх введенням в експлуатацію. Стенди для випробування підшипників та ущільнень застосовуються для перевірки якості встановлення й працездатності вузлів. Для зберігання та транспортування інструменту та запасних частин використовують спеціальні інструментальні шафи та візки, які забезпечують порядок на робочому місці та зручність у роботі [13], [17], [18].

Таким чином, для проведення ремонту деталей і вузлів компресорно-насосного устаткування в умовах аграрного виробництва використовується широкий спектр обладнання: від універсальних токарних, фрезерних і шліфувальних верстатів до мобільних діагностичних приладів і стендів для випробувань. Це обладнання забезпечує можливість виконувати як поточний, так і капітальний ремонт, що гарантує безперебійну та ефективну роботу компресорно-насосного устаткування в аграрному секторі.

2.1 Загальні характеристики і призначення токарно-гвинтонарізного станка моделі 16К20

Токарні верстати призначені для виконання широкого спектра операцій: обробки зовнішніх та внутрішніх циліндричних, конічних, фасонних і торцевих поверхонь обертових деталей. Окрім цього, вони використовуються для

нарізання різьби різцями, мітчиками, плашками та іншими інструментами, а також для свердління, розсвердлювання, розгортання отворів і нанесення профілів на поверхню деталей.

Серед різноманітних металорізальних верстатів токарні є найбільш поширеними. Особливою популярністю користуються універсальні токарно-гвинторізні верстати, які використовують у дрібносерійному та серійному виробництві.

Крім універсальних токарних верстатів, існують верстати без ходового гвинта, які здатні виконувати більшість стандартних токарних операцій, за винятком нарізання різьби різцями. Окремо виготовляються спеціалізовані верстати для обробки труб або спеціальні верстати, які використовуються для обробки певних деталей, наприклад автомобільних, у масовому виробництві.

Основними характеристиками токарних верстатів є найбільший діаметр заготовки над станиною (від 100 до 5000 мм) і максимальна довжина оброблюваної заготовки (від 125 до 24 000 мм) [11], [12],.

До токарної групи також належать револьверні та карусельні верстати. Револьверні верстати особливо ефективні для виготовлення дрібних деталей із пруткового матеріалу та для обробки заготовок, закріплених у патроні. Такі верстати дозволяють встановлювати кілька різців одночасно та швидко перемикатися між ними. Карусельні токарні верстати призначені для обробки масивних деталей, у яких діаметр перевищує довжину. Окремо виділяють одно- та багатошпиндельні токарні автомати та напівавтомати [11], [12], [13], [17], [18]..

У всіх типах токарних верстатів основний рух здійснюється за рахунок обертання заготовки разом із шпинделем, тоді як рухи подачі, заглиблення та налаштування (зазвичай прямолінійні) виконуються різальними інструментами.

2.2 Призначення станка та його технічна характеристика

Станок призначений для виконання широкого спектра токарних операцій, включаючи нарізання різьб різних типів: метричних, дюймових, модульних, пітчевих і спеціальних. Технічна характеристика верстата [11]:

- найбільший діаметр заготовки — 400 мм;
- максимальна довжина заготовки: 710, 1000, 1400, 2000 мм;
- максимальний діаметр оброблюваного прутка — 50 мм;
- діапазон частот обертання шпинделя: 12,5 — 1600 об/хв;
- кількість режимів обертання шпинделя. — 23;
- діапазони подач:
- поздовжні — 0,05 — 2,8 мм/об;
- поперечні — 0,025 — 1,4 мм/об;
- діапазони кроків нарізаних різьб:
- метричні — 0,5 — 112 мм;
- дюймові — 56 — 0,5 ниток на 1";
- модульні — (0,5 — 112) π мм;
- пітчеві — 56 — 0,5 пітч;
- габаритні розміри: 2505 (3795) х 1198 х 1500 мм (довжина х ширина х висота).

У верстаті 16К20 застосовано уніфіковану коробку подач, передбачено механічний привід для різцевої каретки, а також враховано багато заходів для підвищення рівня безпеки. На базі верстата 16К20 випускається модель 16К20ФЗ з числовим програмним керуванням (ЧПК).

2.3 Основні вузли та органи управління верстатом.

Зображення загального вигляду токарно-гвинторізного верстата показано на рисунку 1.1.

Передня бабка 1 містить шпиндель із підшипниками та механізми коробки швидкостей, які дозволяють змінювати частоту обертання шпинделя разом із закріпленою заготовкою та її напрямок обертання, а також здійснювати їх гальмування. Задня бабка 2 призначена для підтримки заготовки під час обробки в центрах і для кріплення інструментів, наприклад свердел, при обробці отворів. При зміні довжини оброблюваної деталі задня бабка переміщується по напрямних.

Супорт 3 утримує різцетримач із різцем і забезпечує його рух у поздовжньому та поперечному напрямках відносно осі заготовки у горизонтальній площині. Фартух 4 передає рухи супорта як у поздовжньому напрямку (від ходового гвинта 5 або ходового вала 6), так і в поперечному. Коробка подач 8 використовується для регулювання подачі та вмикання ходового гвинта.

Усі основні вузли верстата встановлені на станині 7: на ній закріплені передня бабка та коробка подач, задня бабка фіксується на одних напрямних, а каретка супорта з фартуком рухається по інших напрямних. При точінні циліндричної поверхні різець разом із супортом виконує поздовжню подачу, а полозок супорта забезпечує періодичне заглиблення різця в заготовку в поперечному напрямку. Під час обробки торцевої поверхні поперечний рух стає постійною подачею, а поздовжній використовується для періодичного врізання. При нарізанні різьби головний рух та поздовжня подача поєднуються у складний формотворчий рух [11], [12], [13], [17], [18]..

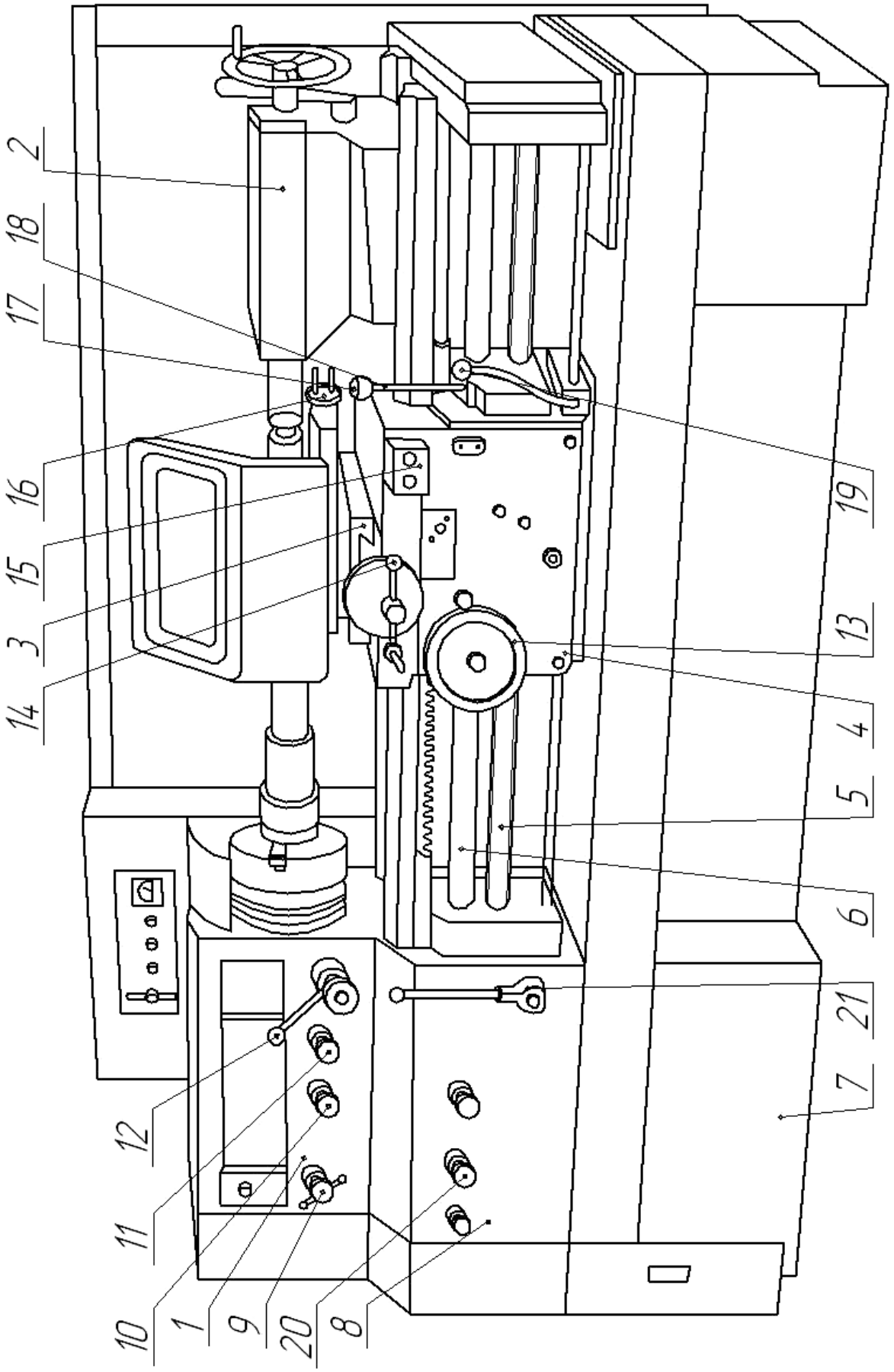

Рисунок 2.1 – Верстат 16К20

Складові частини верстата (рис. 2.1):

1 – передня бабка;

2 – задня бабка;

3 – супорт;

4 – фартух;

5 – ходовий гвинт;

6 – ходовий вал;

7 – станина;

8 – коробка подач.

Елементи керування (рис. 2.1):

9, 12 – ручки керування коробкою швидкостей;

10 – кнопка перемикання ступеня збільшення кроку;

11 – кнопка реверсу для нарізання лівих і правих різьб;

13 – маховик для ручного поздовжнього переміщення супорта;

14 – ручка для поперечного ручного переміщення супорта;

15 – кнопкова панель керування;

16 – ручка для переміщення верхньої частини супорта вручну;

17 – кнопка увімкнення режиму швидкого переміщення супорта;

18 – ручка для ввімкнення, вимкнення та реверсу подач супорта (поздовжньої та поперечної);

19 – ручка для керування ввімкненням, вимкненням і реверсом обертання шпинделя;

20, 21 – ручки керування коробкою подач.

2.4 Розрахунок верстатних пристосування

У загальному обсязі засобів технологічного обладнання верстатні пристосування складають близько половини всього технологічного обладнання у промисловості. Їх застосування забезпечує низку важливих переваг: надійне базування та закріплення заготовки з дотриманням жорсткості під час обробки, стабільно високу якість продукції при мінімальній залежності від кваліфікації робітника, підвищення продуктивності праці та полегшення умов роботи завдяки механізації процесів, а також розширення технологічних можливостей виробництва. Для того щоб забезпечити ефективну експлуатацію верстатів, до них висуваються особливі вимоги. Зокрема, пристосування повинен бути виготовлений з високою точністю для досягнення необхідної якості обробки деталей. Також важливо мінімізувати похибки при базуванні та закріпленні заготовки. Конструкція пристосування має бути достатньо жорсткою, щоб уникнути гнучкості під час обробки та дозволити використовувати повну потужність верстата, особливо під час чорнових робіт. Окрім цього, інструментальні пристосування повинні забезпечувати зручний доступ різця до більшості поверхонь заготовки. Важливо також, щоб оснащення верстата сприяло швидкому закріпленню та розтисканню деталей, а при потребі зміни технологічного процесу — дозволяло здійснити швидке переналагодження обладнання [11], [12], [13], [17], [18].

Захоплювальне пристосування (рис. 2.2) призначене для обслуговування верстатів, зокрема для завантаження та розвантаження деталей. Його відмінною рисою є можливість здійснення рухів робочого елемента (захоплювача) маніпулятора в сферичній системі координат, а також інтеграція конструкції безпосередньо в обслуговуване технологічне обладнання. Пристосування оснащене програмним керуванням, що дозволяє точно позиціонувати робочий орган маніпулятора по шести координатних осях, дві з яких спільні для систем з чотирма ступенями свободи.

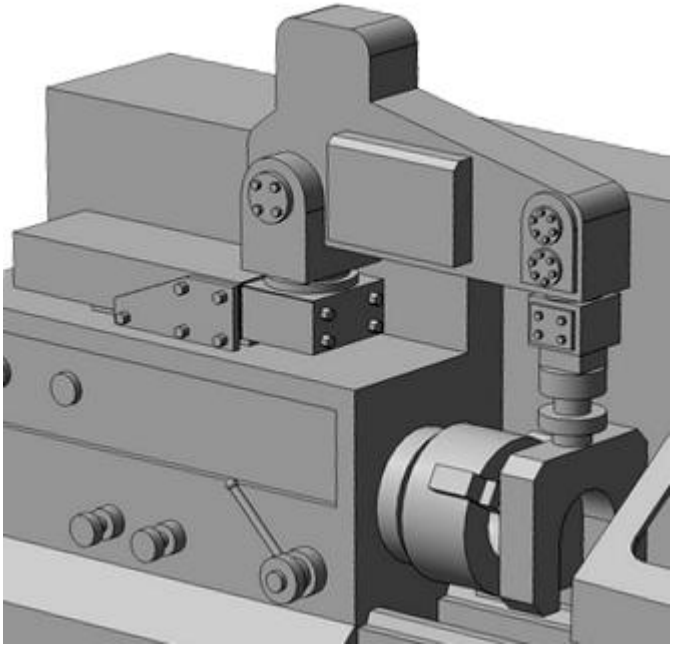

Рисунок 2.2 - Захоплююче пристосування

Щоб створити двоточковий контакт між поверхнями захоплюваної деталі та губками захоплювача, останні оснащуються шарнірами: простими або кульовими — на одній із губок, або простими — на обох губках. Конструкція захоплювального пристосування значною мірою визначається розмірами, вагою та конфігурацією об'єкта, що маніпулюється.

Необхідна сила затискання захоплюваної деталі може бути визначена за співвідношенням [11]:

$$P_l = m \cdot g \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \qquad (2.1)$$

де m - маса деталі; m = до 45 кг;

k_1 - коефіцієнт запасу k_1 =1,45;

k_2 - коефіцієнт, залежить від прискорення захоплення k_2 =1,4;

k_3 - коефіцієнт, відношення зусилля затиску до ваги деталі, k_3 = 0,5.

$$P_l = 45 \cdot 9{,}81 \cdot 1{,}45 \cdot 1{,}4 \cdot 0{,}5 = 450H \qquad (2.2)$$

Зусилля, що розвивається приводом:

$$P_2 = \frac{2 \cdot P_1 \cdot l_1 \cdot \cos^2 \theta}{l_2} \tag{2.3}$$

$$P_2 = \frac{2 \cdot 450 \cdot 0{,}12 \cdot \cos^2 25^o}{0{,}22} = 403H$$

Сила на штоку:

$$W = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) p \eta \tag{2.4}$$

де p – розрахунковий тиск, p=0,4 МПа;

η =0,85 – ККД;

D – діаметр пневмоциліндра;

d – діаметр штока, 40 мм за ГОСТ 15608-81;

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{4 \cdot P_2}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \tag{2.5}$$

$$D = \sqrt{40^2 + \frac{4 \cdot 403}{3{,}14 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}85}} = 55{,}8мм$$

Приймаємо D=63 мм за ГОСТ 15608-81.

$$W_д = \frac{3{,}14}{4}(63^2 - 40^2) \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}9 = 670H$$

Використання пневматики забезпечить сталість сили затискання. Таким чином, помилки затискання не виникне. Трикулачковий самоустановлювальний патрон із пневмоприводом належить до системи спеціалізованих налагоджувальних пристроїв — вони складаються з базового вузла, який на 80–90% є готовим пристроєм (сам патрон), та налаштувань, які оператор верстата

може встановлювати на базовий вузол або регулювати безпосередньо на робочому місці (зміна кулачків).

Проведемо аналіз взаємодії силових полів, для цього побудуємо графічну модель сил збудження у поєднанні з прийнятою схемою базування.

Згідно з рисунком 2.3, видно, що складова сили різання P_x у полі сил збудження урівноважується реакцією $R_{x'}$. Складова P_y частково врівноважується реакціями R_y від дії різця. Решта складових сили різання залишаються неврівноваженими.

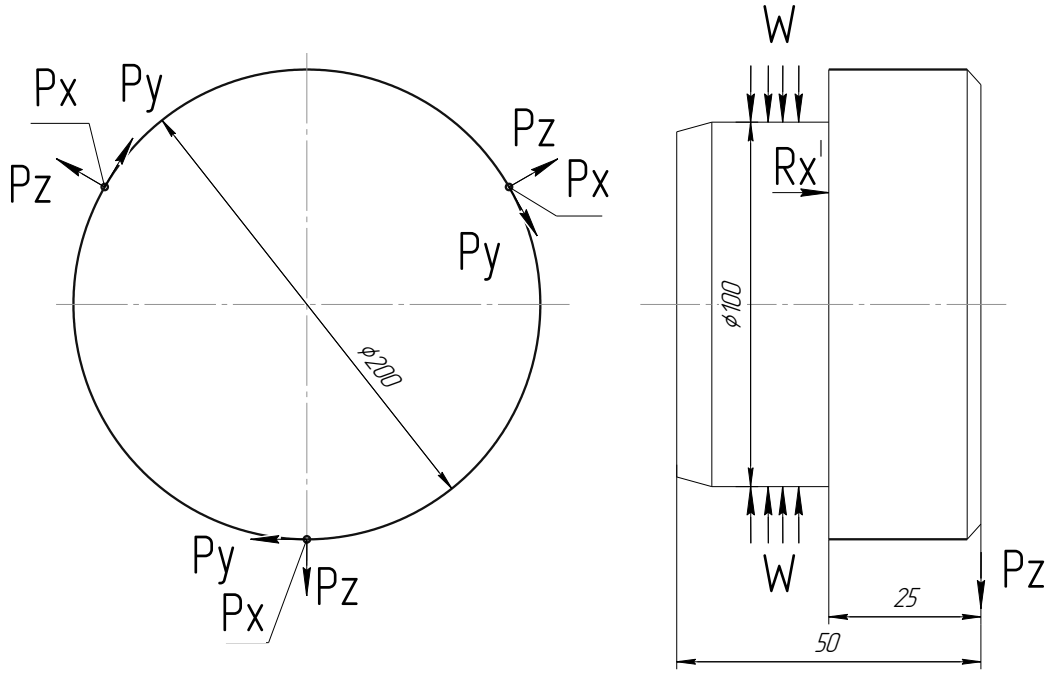

Рисунок 2.3 – Структура поля сил

Розмір сумарного зусилля закріплення розраховуємо з умови непровороту від сили Pz [11]:

:

$$F_{mp} \cdot R = W \cdot f \cdot R > Pz \cdot r \cdot k, \quad (2.6)$$

де F_{mp} – сила тертя;

W – зусилля закріплення;

f – коефіцієнт тертя (f = 0,18);

Pz – складова сили різання, Pz = 238 Н

R, r- радіус докладання врівноважувальної та обурювальної сили відповідно;

К - коефіцієнт запасу необхідний забезпечення надійного закріплення заготовки.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (2.7)$$

де K_0 = 1,5 - коефіцієнт гарантованого запасу;

K_1 = 1 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності при чорновій обробці;

K_2 = 1 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при затупленні РІ;

K_3 = 1 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при переривчастому різанні;

K_4 = 1 - коефіцієнт враховує сталість сили закріплення (для пневмо-гідропристроїв односторонньої дії);

K_5 = 1 - коефіцієнт, що враховує ергономіку ручних затискних пристроїв;

K_6 = 1,5 - коефіцієнт враховує коли є момент, що прагне повернути заготовку при встановленні плоскою поверхнею на штифти.

$$K = 1{,}5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}5 = 2{,}25;$$

К – коефіцієнт запасу, приймаємо стандартне значення *К*=2,5.

Розрахунок зусилля закріплення робимо за формулою [13]:

:

$$W = \frac{Pz \cdot r \cdot k}{f \cdot R} \quad (2.8)$$

$$W = \frac{238 \cdot 100 \cdot 2{,}5}{0{,}18 \cdot 50} = 6611H$$

Вибір та розрахунок пневмоприводу.

Дійсна сила на штоку розраховується за такою формулою:

$$W = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)p\eta \tag{2.9}$$

де: p – розрахунковий тиск, p=0,4 МПа;

η =0,86 – КПД;

D – діаметр пневмоциліндра;

d – діаметр штока, приймаємо 70 мм, за ГОСТ 15608-81;

$$D = \sqrt{d^2 + \frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \tag{2.10}$$

$$D = \sqrt{70^2 + \frac{4 \cdot 6611}{3{,}14 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}86}} = 221мм$$

Приймаємо D=240 мм за ГОСТ 15608-81.

Дійсна сила на штоку розраховується за такою формулою:

$$W_д = \frac{3{,}14}{4}(240^2 - 70^2) \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}9 = 7248H$$

Ця сила перевищує необхідну силу затискання заготовки, отже пристрій забезпечує фіксоване положення деталі при обробці.

Принцип дії пристрою полягає в тому, що поршень вставляється в отвори корпусу патрона та з'єднується з гільзою, яка має клиноподібні фаски. Повернення рейок у вихідне положення, коли зуби кулачків знову зчіплюються із зубами рейок, забезпечують пружинні штифти.

Робочий процес пристрою відбувається у такій послідовності: спершу пристрій монтується та фіксується на верстаті з урахуванням його нульової точки. Потім готуються базові поверхні для встановлення заготовки, після чого

заготовку вставляють у патрон до упору торцем. Закріплення заготовки здійснюється шляхом повороту ручки розподільчого клапана. Після цього проводиться обробка. По її завершенні заготовка звільняється поворотом тієї ж ручки в зворотному напрямку. Далі підготовлюються базові поверхні для нової заготовки.

Під час експлуатації пристрою необхідно суворо дотримуватись вказаних технічних вимог. Для зберігання пристрій рекомендується розміщувати на дерев'яній підставці, уникаючи впливу вологи, атмосферних опадів та агресивних середовищ.

2.5 Висновки

Таким чином, для ефективного ремонту компресорно-насосного устаткування в аграрному виробництві використовується широкий комплекс стаціонарного та мобільного обладнання. Стаціонарне обладнання (токарні, фрезерні, свердлильні, шліфувальні верстати, балансувальні стенди, зварювальні апарати, преси) забезпечує якісну механічну обробку та відновлення деталей у ремонтних майстернях. Мобільне обладнання (електро- та пневмоінструменти, пересувні зварювальні установки, гідравлічні домкрати, діагностичні прилади) дозволяє проводити ремонтні роботи безпосередньо на місці експлуатації. Діагностичні стенди та інструментальні шафи сприяють контролю якості ремонтів і підтриманню порядку на робочому місці. Такий комплекс обладнання гарантує оперативний та якісний ремонт компресорно-насосного устаткування в умовах аграрного виробництва, підвищуючи його надійність і продуктивність.

Розділ 3. Технологія ремонту компресорно-насосного устаткування в аграрному виробництві

3.1 Технологія ремонту куліси плунжерного насоса

Кулісні механізми в компресорно-насосному обладнанні виконують важливу роль у забезпеченні зворотно-поступального руху робочих органів, таких як поршні або клапани. Вони застосовуються для перетворення обертального руху вала двигуна або приводу на зворотно-поступальний рух, необхідний для виконання робочого циклу компресора або насоса.

Основними вузлами кулісного механізму є куліса (напрямна планка), шатун і пальці, які забезпечують правильне з'єднання деталей між собою. Відмінна риса кулісного механізму — можливість плавного регулювання амплітуди руху, що особливо актуально для компресорів, де важливо точно дозувати об'єм подачі повітря або газу, а також для насосів, де необхідна стабільна робота без пульсацій.

Кулісні механізми зазвичай виготовляють із високоміцних сталей або чавуну, оскільки вони працюють у складних умовах — під високим тиском, з інтенсивними навантаженнями та вібраціями. Для зниження тертя та підвищення ресурсу роботи кулісні механізми часто оснащують антифрикційними вставками або підшипниками ковзання.

У компресорно-насосному обладнанні куліса передає зусилля від кривошипного механізму або шатуна до поршня, забезпечуючи робочий хід, що дозволяє стискати повітря або перекачувати рідину. Такий механізм відрізняється простотою конструкції, надійністю, легкістю в обслуговуванні та відносно невеликою масою, що особливо важливо для мобільних та стаціонарних агрегатів, використовуваних у сільському господарстві.

У плунжерних насосах для перекачування води або рідких добрив в аграрному виробництві кулісний механізм часто використовується для перетворення обертального руху привідного вала на зворотно-поступальний рух плунжера. Зазвичай приводний вал через шатун передає рух кулісній

планці, яка направляє і стабілізує хід плунжера. Такий механізм забезпечує рівномірну подачу рідини під час кожного робочого циклу насоса.

Аналогічний принцип застосовується в деяких компресорах (наприклад, у двоциліндрових компресорах для підкачування шин), де кулісний механізм використовується для управління рухом поршня всередині циліндра, забезпечуючи необхідне стиснення повітря.

Таким чином, кулісні механізми є важливими елементами компресорно-насосного обладнання, оскільки вони забезпечують необхідний режим роботи, стабільність циклів та довговічність експлуатації.

Розглянемо технологію ремонту куліси [11], [12], [13], [14], [15], [16].

005 Слюсарна

Замірюють діаметрів отворів А, Б, В (рис. 3.1). За отриманими розмірами виточують пробки під отвори А, Б і В у вухах куліси та для нижнього пальця і запресовують в отвори. Хвостовики пробок мають бути однакового розміру.

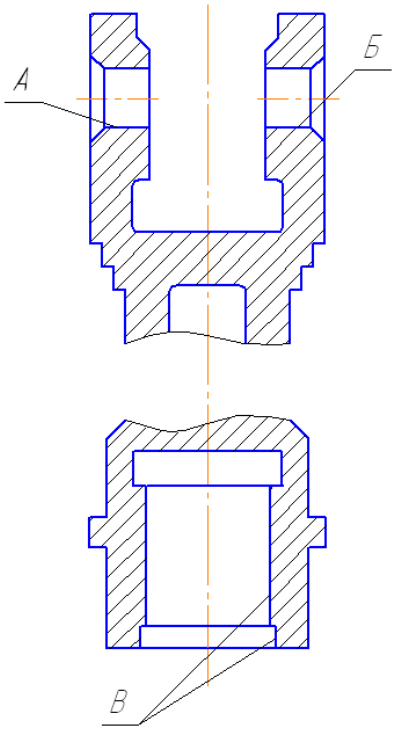

Рисунок 3.1 – Розташування отворів під пробки

Інструмент та пристосування: молоток мідний ГОСТ 2310-77, пробки спеціальні.

010 Горизонтально-фрезерна

Устаткування: горизонтально-фрезерний верстат моделі 6Р83.

Кулісу встановлюють пробками на однакові контрольні призми на столі горизонтально-фрезерного верстата і фрезерують поверхні паза яким переміщається кулісний камінь. Установку куліси перевірити на паралельність поверхні призми поздовжньому ходу стола верстата, індикатором встановленому на шпинделі горизонтально-фрезерного верстата.

Ріжучий інструмент: фреза кінцева D32 ГОСТ 17026-71, Р6М5 (конус Морзе 3, z = 6).

Вимірювальний інструмент: магнітна стійка, індикатор годинного типу ИЧ02 ГОСТ 577 - 68, зразки шорсткості ГОСТ 9378 - 75.

Режими різання: t = 0,5 мм, s_{min} = 160 м/хв (s_z = 0,07 мм/зуб), v = 40,2 м/хв, n = 400 об/хв.

Ескіз операцій показаний на рисунку 3.2

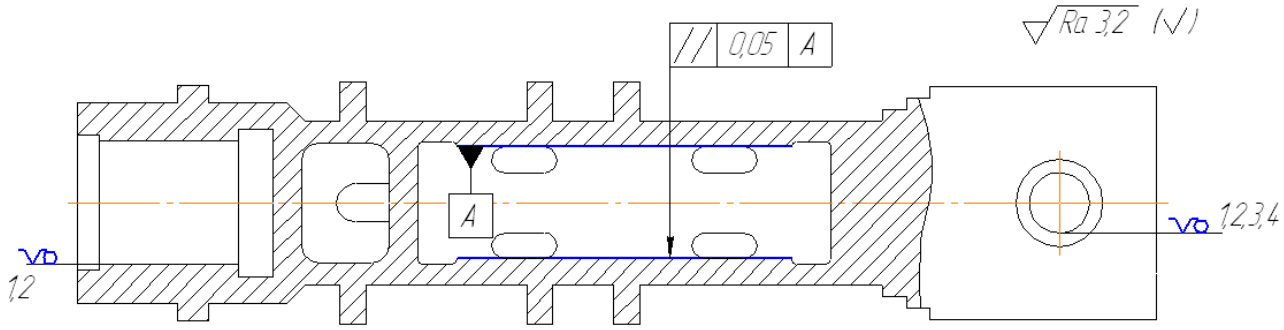

Рисунок 3.2 – Ескіз операцій

015 Горизонтально-розточувальна

Обладнання: горизонтально-розточувальний верстат 2М615

Кулісу встановлюють на шліфовані підкладки на столі верстата, закріплюють і потім перевіряють:

1 - паралельність поверхонь паза у напрямку руху каретки не більше 0,05 мм на всій довжині паза

2 - Відхилення від співвісності центру пробки запресованої в нижній палець (отвір див. рис. 3.1) і осі шпинделя не більше 0,05 мм.

Після перевірки вибивають пробку і розточують отвір (рис.2) до видалення зносу.

Ріжучий інструмент: різець розточувальний удержувальний упорний ГОСТ 10044-73 (тип 2, кут у плані 900, В * Н = 10 * 10).

Вимірювальний інструмент: Нутромір індикаторний НІ-50М ГОСТ 868-82, контрольний центр, оправлення з індикатором часового типу ИЧ02 ГОСТ 577 - 68.

Режими різання: n=100 об/хв, $s_{об}$=0,1 мм/об, s_{min}=10 мм/хв

Ескіз операцій показаний на рисунку 3.3.

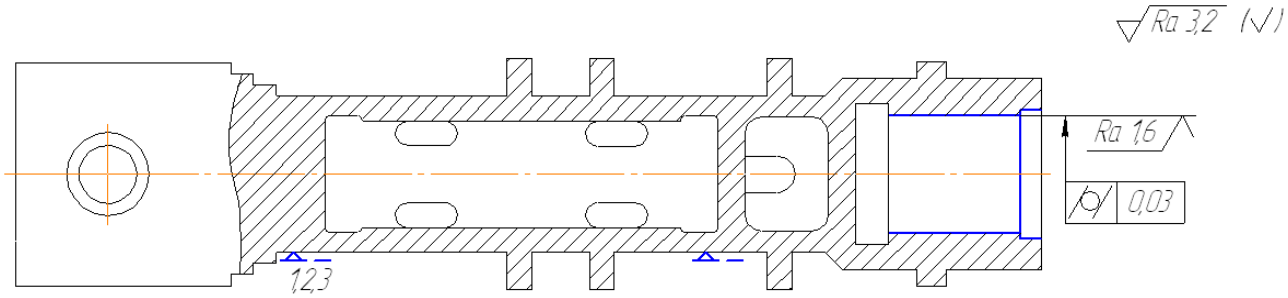

Рисунок 3.3 – Ескіз операцій

020 Слюсарна (шабріння)

Проводять шабрування бічних поверхонь паза. Кількість відбитків фарби – не менше 6 - 8 на площі 25*25 мм.

Вимірювальний інструмент: індикаторна стійка, індикатор часового типу ИЧ02 ГОСТ 577 - 68, контрольні призми ГОСТ 12193-66, спеціальні оправки.

025 Контроль

Проводиться контроль паралельності бічних поверхонь паза відносно осей отворів А, Б та В.

Вимірювальний інструмент: індикаторна стійка, індикатор часового типу ИЧ02 ГОСТ 577 - 68, контрольні призми ГОСТ 12193-66, спеціальні оправки.

Метод виміру: в отвори 1, 2 і 3 встановлюються контрольні оправки. Деталь встановлюється контрольними оправками на контрольні призми, які в свою чергу встановлюються на контрольну плиту.

Принципова схема зображена на рисунку 3.4, де 1 – контрольні оправки, 2 – деталь що контролюється, 3 - індикаторна стійка, 4 – індикатор часового типу.

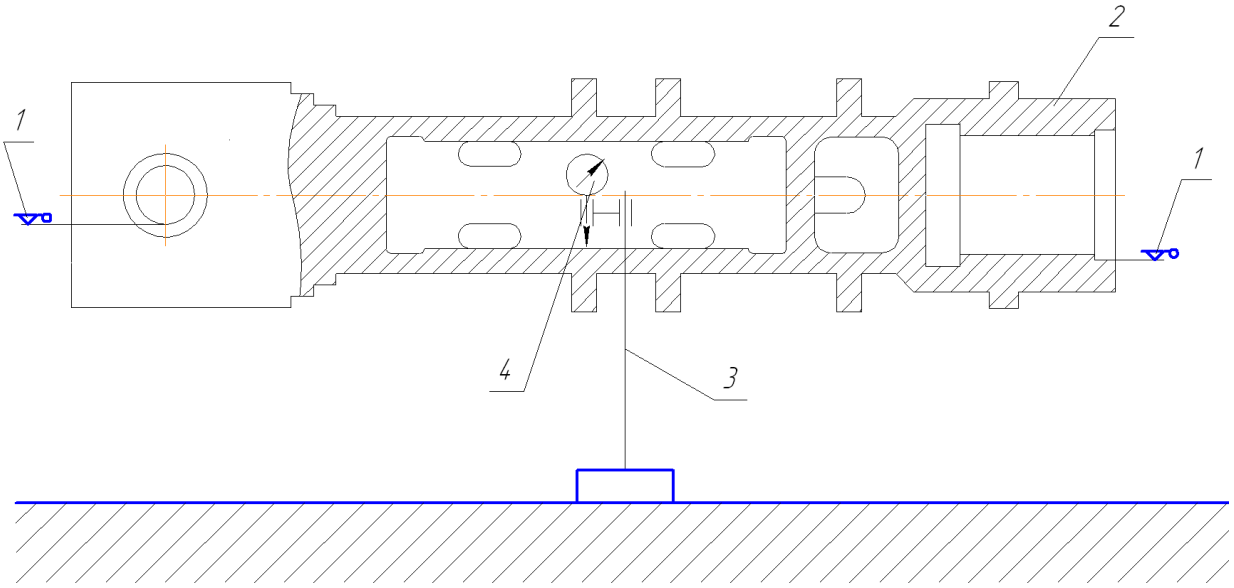

Рисунок 3.4 – Ескіз операцій

3.2 Технологія ремонту вала відцентрового насоса

Вал відцентрового насоса є однією з основних деталей, від справності якої залежить ефективність роботи всього агрегату. Зазвичай він виготовляється зі сталі і піддається значним динамічним і статичним навантаженням під час експлуатації. У процесі роботи можуть виникати дефекти, такі як зношування шийок під підшипники, корозія, утворення тріщин, вигини та інші механічні пошкодження.

Ремонт вала відцентрового насоса зазвичай виконується у кілька етапів. На першому етапі вал демонтують із насоса та очищують від бруду, нагару та корозії. Потім проводиться дефектоскопія — візуальний огляд, вимірювання мікрометром або індикатором для визначення зносу шийок та перевірка співвісності. При підозрі на тріщини застосовують методи дефектоскопії: магнітопорошковий, ультразвуковий або капілярний контроль.

За наявності незначного зносу або корозії шийок вала можливе відновлення наплавленням або металізацією з подальшою механічною обробкою до необхідних розмірів. При значних пошкодженнях виконується наплавлення або установка ремонтних втулок, або виготовлення ново деталі, якщо не можливо або не доцільно використати віще зазначені методи усунення пошкоджень.

Розглянемо технологію обробки вала відцентрового насоса [11], [12], [13], [14], [15], [16].

005 Заготівельна. Отримання заготовки.

010 Контроль ВТК.

015 Термічна. Повне відпал заготовки.

020 Контроль ВТК.

025 Фрезерно-центрувальна.

Обладнання: верстат фрезерно-центрувальний моделі 2Г942.

Технологічне оснащення: пристрій спеціальний; фреза торцева Т15К6 ГОСТ22085-76; свердло центрувальне, тип А ГОСТ14952-75; штангенциркуль ШЦ-II-2000-0,1 ГОСТ166-89; шаблон спеціальний.

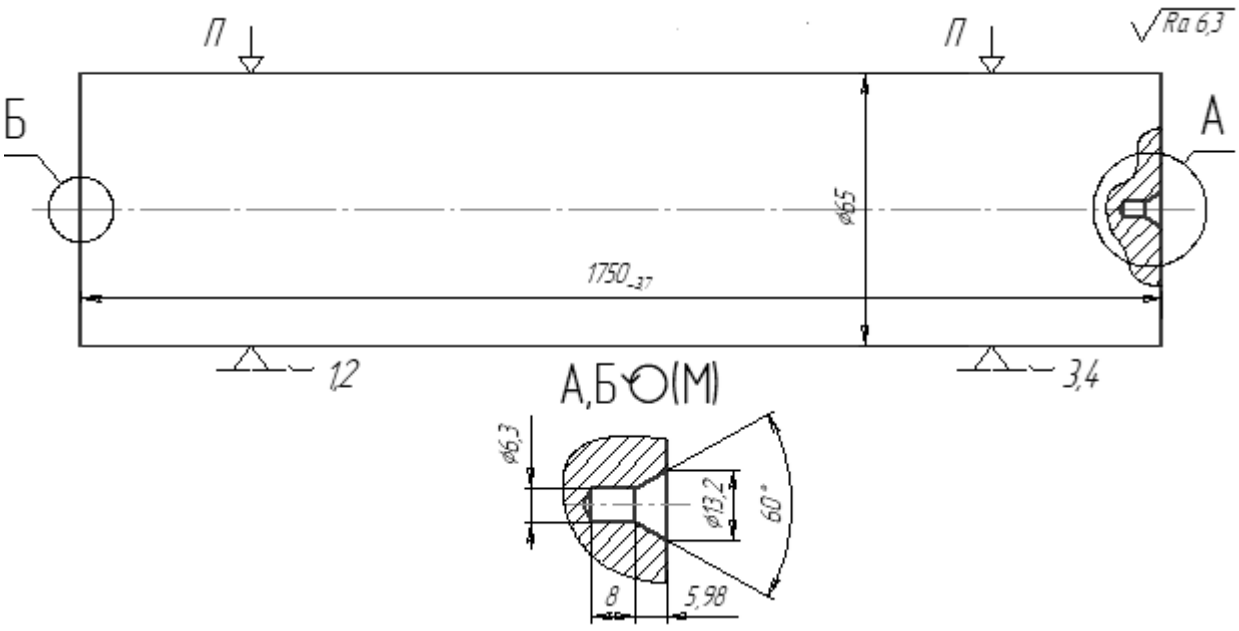

Рисунок 3.5 – Ескіз операції 025 фрезерно-центрувальної

030 Контроль ВТК.

035 Токарно-гвинторізна.

Обладнання: токарно-гвинторізний верстат моделі 16К20.

Технологічне оснащення: патрон повідковий 7108-0053 ГОСТ 2572-83; центр А-1-4-НП ГОСТ8742-85; люнет; різець Т5К10 2101-0663 ГОСТ20872-80; штангенциркуль ШЦ-І-125-0,05 ГОСТ166-89; штангенциркуль ШЦ-ІІ-400-0,1 ГОСТ166-89.

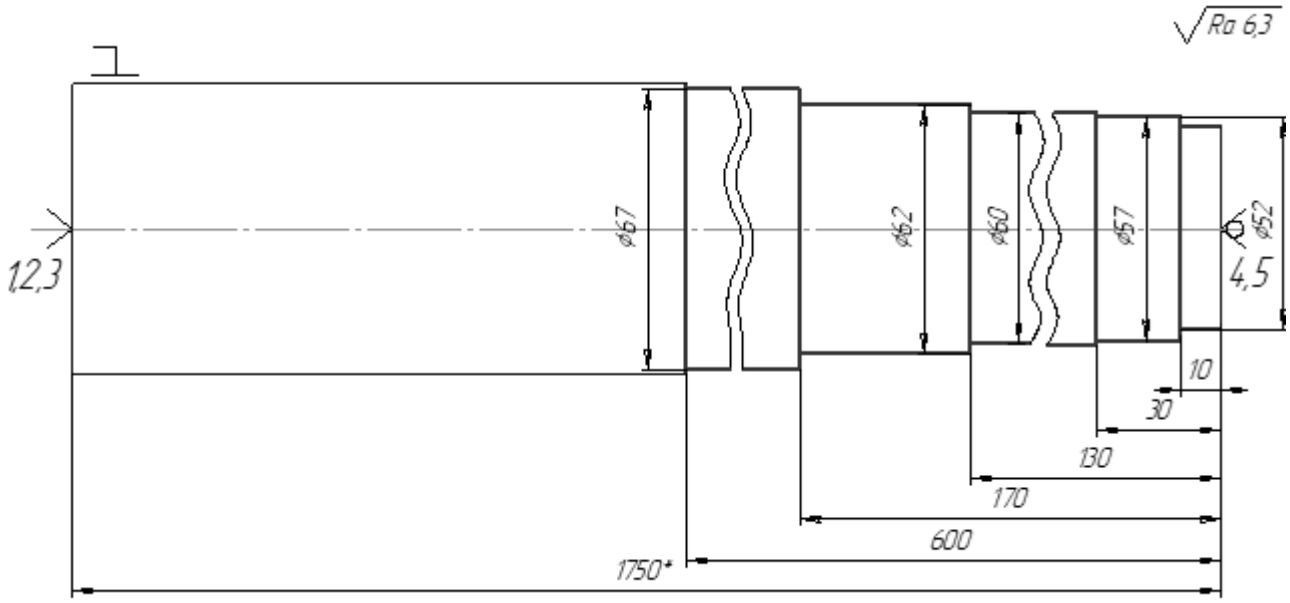

Рисунок 3.6 – Ескіз операції 035 токарно-гвинторізної

040 Токарно-гвинторізна.

Обладнання: токарно-гвинторізний верстат моделі 16К20.

Технологічне оснащення: патрон повідковий 7108-0053 ГОСТ 2572-83; центр А-1-4-НП ГОСТ8742-85; люнет; різець Т5К10 2101-0663 ГОСТ20872-80; різець Т5К10 2101-0664 ГОСТ20872-80; штангенциркуль ШЦ-І-125-0,05 ГОСТ166-89; штангенциркуль ШЦ-ІІ-400-0,1 ГОСТ166-89.

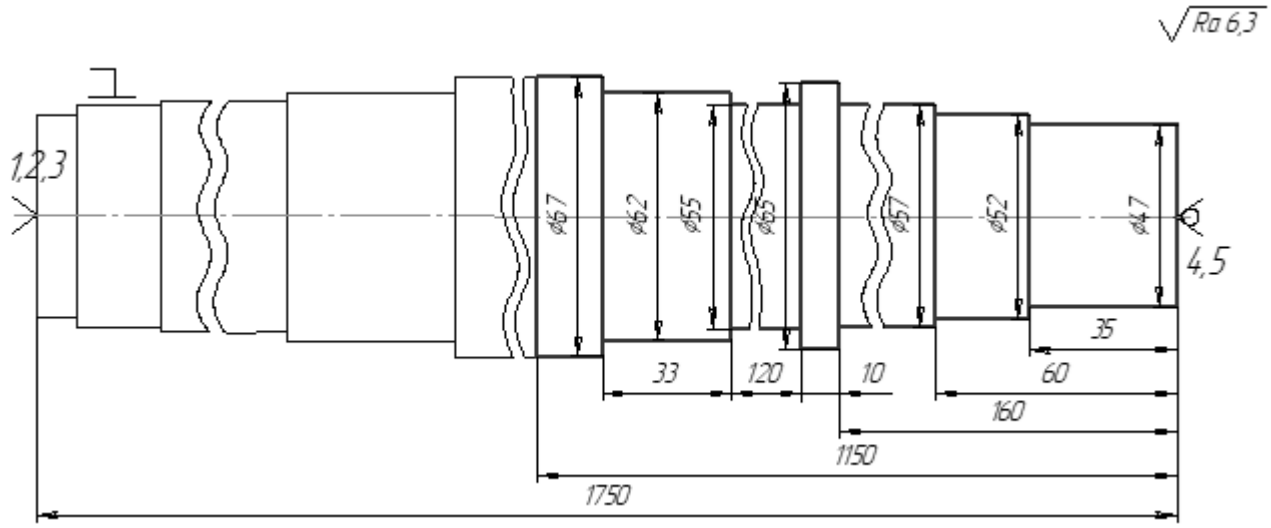

Рисунок 3.7 – Ескіз операції 040 токарно-гвинторізної

045 Токарна з ЧПУ.

Обладнання: верстат токарний з ЧПУ моделі 16К20Т1.

Технологічна оснастка: патрон повідковий 7108-0053 ГОСТ 2572-83; ГОСТ 20872-80; різець Т15К6 канавковий;

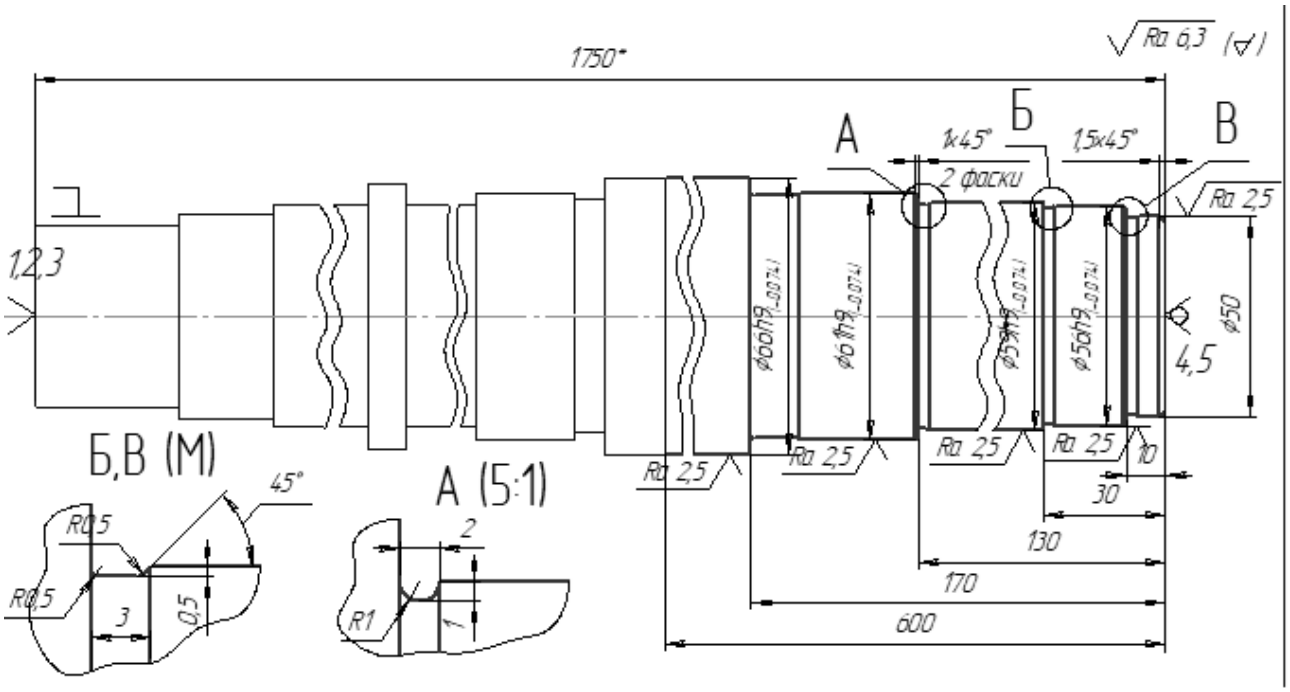

Рисунок 3.8 – Ескіз операції 045 токарна з ЧПУ

050 Токарна з ЧПУ.

Обладнання: верстат токарний з ЧПУ моделі 16К20Т1.

Технологічне оснащення: патрон повідковий 7108-0053 ГОСТ 2572-83; центр А-1-4-НП ГОСТ8742-85; різець (чорновий) Т5К10 2101-0663 ГОСТ20872-80; різець (чистовий) Т15К6 2101-0601 ГОСТ20872-80; різець Т15К6 канавковий; різець Т15К6 радіусний; штангенциркуль ШЦ-II-400-0,1 ГОСТ166-89; штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ166-89; люнет; калібр-скоба 56h9, 51h9, 61h9 66h9 ПР/НЕ ГОСТ18362-84.

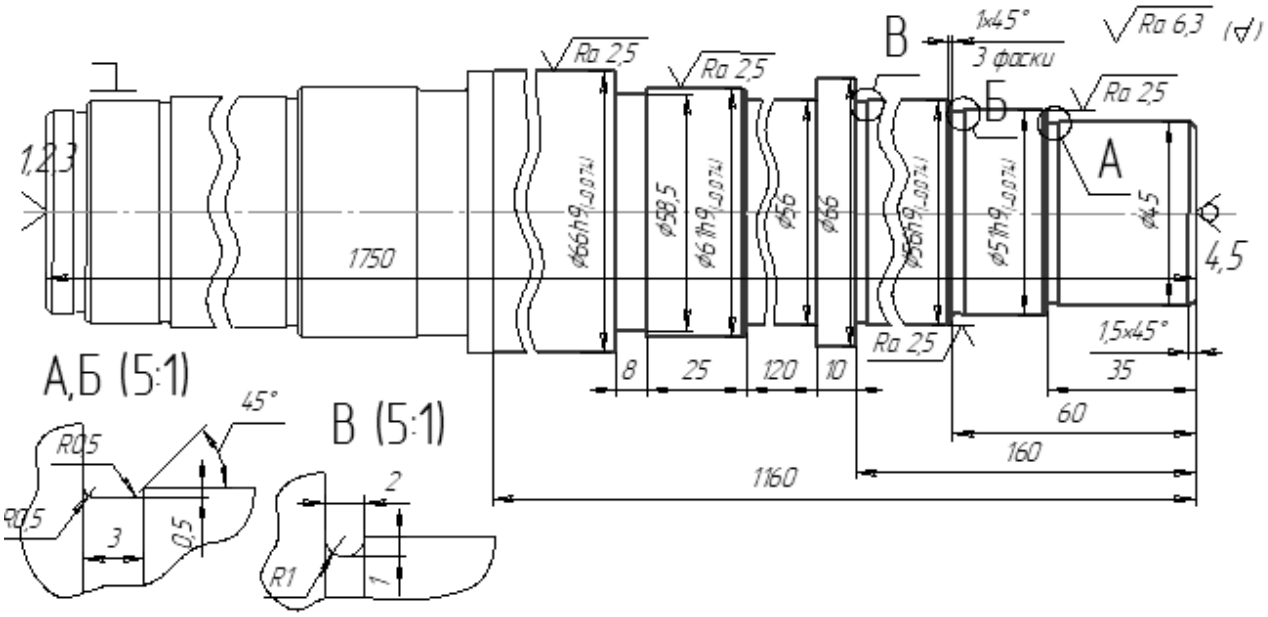

Рисунок 3.9 – Ескіз операції 050 токарна з ЧПУ

055 Контроль ВТК.

060 Вертикально-свердлильна.

Обладнання: верстат вертикально-свердлильний моделі 2Г175.

Технологічне оснащення: пристрій спеціальний; свердло 12 ГОСТ10903-77; штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ166-89.

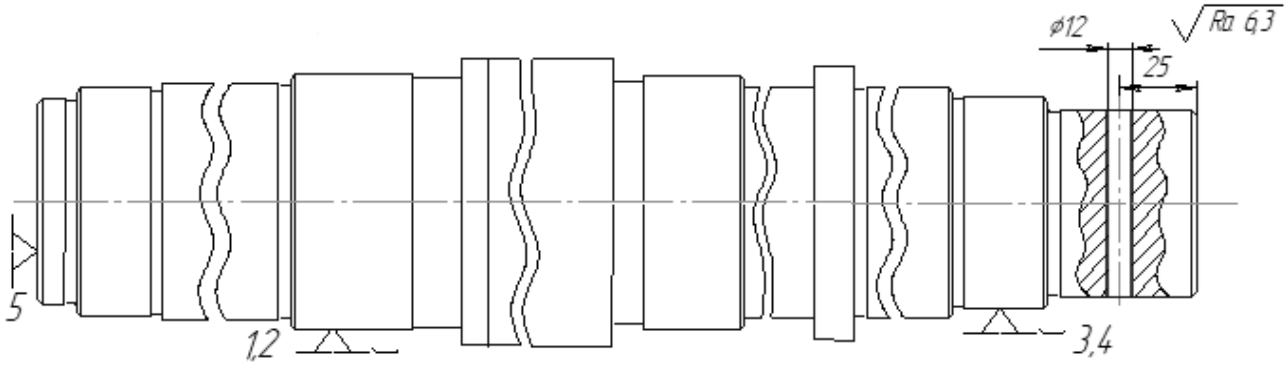

Рисунок 3.10 – Ескіз операції 060 вертикально-свердлильна

065 Термічна. Загартування + відпал заготовки.

070 Контроль ВТК.

075 Токарна з ЧПУ.

Обладнання: верстат токарний з ЧПУ моделі 16К20Т1.

Технологічне оснащення: патрон повідковий 7108-0053 ГОСТ 2572-83; центр А-1-4-НП ГОСТ8742-85; люнет; різець Т15К6 різьбовий; штангенциркуль ШЦ-І-125-0,05 ГОСТ166-89; калібр спеціальний.

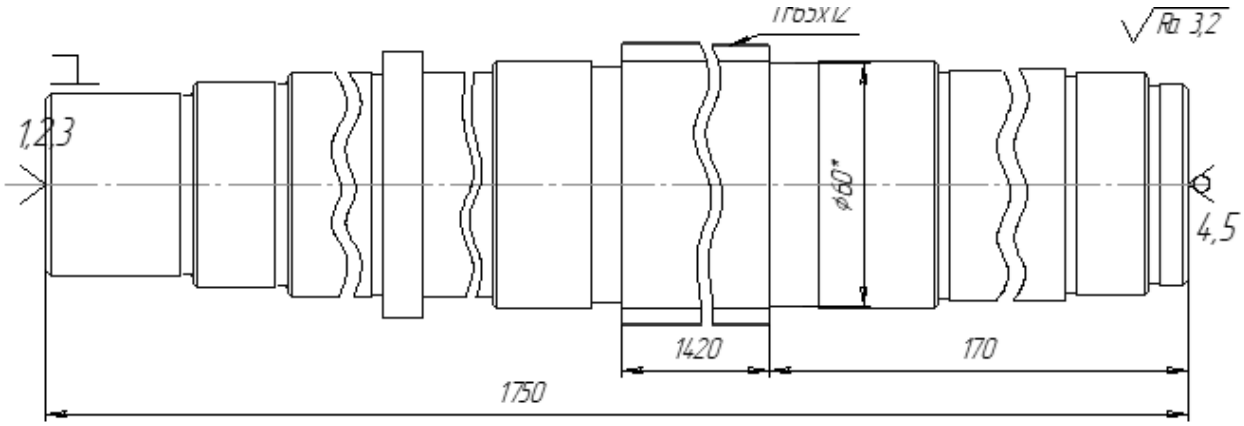

Рисунок 3.11 – Ескіз операції 075 токарна з ЧПУ

080 Контроль ВТК.

085 Круглошліфувальна.

Обладнання: верстат круглошліфувальний моделі 3М197.

Технологічне оснащення: патрон повідковий 7108-0053 ГОСТ 2572-83; центр А-1-4-НП ГОСТ8742-85; люнет; круг шліфувальний ПП400*32*51 15А 50 СМ2 10К ГОСТ2424-84; калібр-скоба 55k6, 58h6, 60k6 ПР/НЕ ГОСТ18362-84.

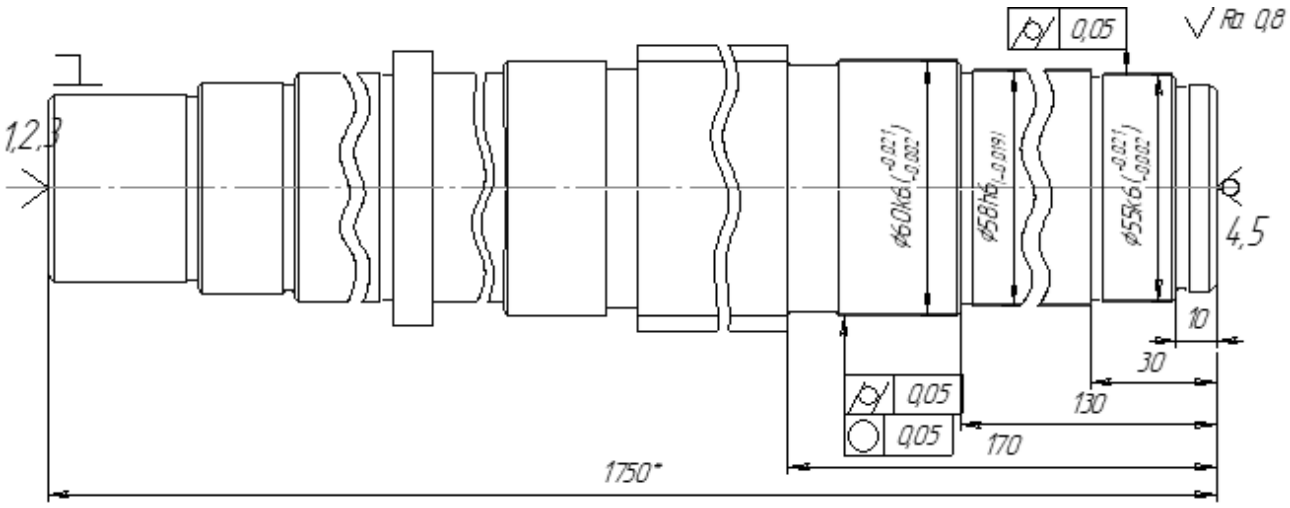

Рисунок 3.12 – Ескіз операції 085 круглошліфувальної

090 Круглошліфувальна.

Обладнання: верстат круглошліфувальний моделі 3М197.

Технологічне оснащення: патрон повідковий 7108-0053 ГОСТ 2572-83; центр А-1-4-НП ГОСТ8742-85; люнет; круг шліфувальний ПП400*32*51 15А 50 СМ2 10К ГОСТ2424-84; калібр-скоба 50k6, 55h6, 60h6 ПР/НЕ ГОСТ18362-84.

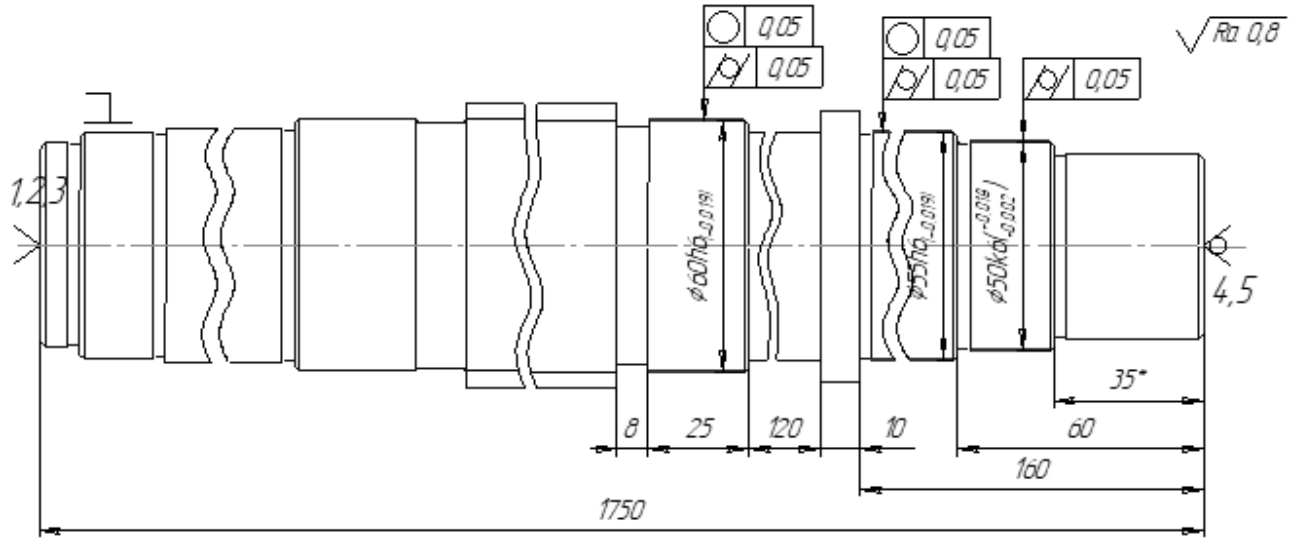

Рисунок 3.13 – Ескіз операції 090 круглошліфувальної

095 Контроль ВТК. Контролюється відповідність деталі її креслення.

3.3 Висновки

У цьому розділі кваліфікаційної роботи бакалавра було проведено всебічний аналіз маршрутних процесів ремонту та виготовлення деталей куліси та вала, які є важливими складовими компресорно-насосного устаткування. Розглянуто сучасні методи дефектації, що дозволяють вчасно виявити зношування та пошкодження деталей, а також технологічні підходи до відновлення їх працездатності. Детально описано послідовність ремонтних операцій: механічну обробку поверхонь, шліфування, наплавлення зношених місць, динамічне балансування, а також контроль геометричних та фізико-механічних характеристик деталей після ремонту. Звернуто увагу на підбір обладнання, режимів обробки та вимог до техніки безпеки під час виконання ремонтних робіт.

Окрему увагу приділено розробці маршрутних процесів виготовлення нових деталей куліси та вала, які передбачають комплекс механічних операцій (точіння, фрезерування, шліфування), контроль якості оброблених поверхонь, перевірку відповідності геометричних параметрів кресленням, а також проведення випробувань для підтвердження експлуатаційної надійності виготовлених деталей. Розроблені маршрути виготовлення деталей враховують економічні аспекти, забезпечують високу продуктивність і гарантовано високу якість деталей.

Узагальнюючи результати роботи, можна зробити висновок, що розроблені та описані маршрутні процеси ремонту й виготовлення деталей куліси та вала відповідають сучасним вимогам ремонтного виробництва, дозволяють забезпечити ефективне відновлення працездатності компресорно-насосного устаткування та значно підвищують його експлуатаційну надійність. Застосування таких маршрутів у виробничій практиці сприятиме скороченню простоїв обладнання, зменшенню витрат на ремонт, а також підвищенню рентабельності виробничої діяльності сільськогосподарських підприємств.

Таким чином, проведений аналіз та запропоновані технологічні рішення можуть бути впроваджені в практику ремонтних підприємств, що забезпечить високу якість та економічну доцільність ремонтних робіт у сфері обслуговування компресорно-насосного обладнання аграрного виробництва.

Висновки

У кваліфікаційній роботі було всебічно розглянуто організаційно-технологічні аспекти ремонту деталей і вузлів компресорно-насосного устаткування в умовах аграрного виробництва. Зростаючі потреби сільського господарства в ефективному, надійному та безперебійному функціонуванні технологічного обладнання, особливо в умовах сезонності та підвищеного навантаження на техніку, обумовлюють актуальність дослідження питань організації ремонтного обслуговування. Враховуючи значну роль компресорно-насосного обладнання у забезпеченні таких процесів, як зрошення, вентиляція, зберігання продукції, транспортування рідин і газів, його справність є критично важливою для стабільного функціонування аграрних підприємств.

У процесі дослідження було здійснено класифікацію основних видів компресорно-насосного обладнання, що використовується в аграрному виробництві. Проведено аналіз типових несправностей, причин зносу та виходу з ладу елементів обладнання, зокрема компресорів, насосів, з'єднувальних муфт, підшипникових вузлів, сальникових ущільнень, крильчаток тощо. Установлено, що більшість пошкоджень виникає внаслідок інтенсивної експлуатації без належного ТО, та впливу агресивного середовища (волога, пил, хімічні реагенти) у сільськогосподарських умовах.

За результатами проведеного аналізу було виявлено доцільність впровадження планово-попереджувальної системи технічного обслуговування, яка дозволяє підтримувати працездатність обладнання на належному рівні, знижуючи ймовірність аварійних ситуацій та дороговартісних капітальних ремонтів. Така система базується на чіткому графіку оглядів, поточних і середніх ремонтів, контролі технічного стану вузлів та плановій заміні зношених елементів.

Особливу увагу приділено організації ремонтної служби на підприємстві. У роботі детально розглянуто структуру ремонтної бази: функції ремонтно-будівельної дільниці, електроремонтного цеху та механічного ремонтного

підрозділу, що підпорядковуються відповідним технічним службам підприємства. Обґрунтовано необхідність тісної взаємодії між структурними підрозділами для забезпечення своєчасного та якісного виконання ремонтних робіт. Запропоновано оптимальну модель організації ремонтної служби з урахуванням масштабу підприємства, обсягів експлуатації обладнання та наявної матеріально-технічної бази.

У межах роботи було розроблено маршрутну карту ремонту типового вузла компресорно-насосного обладнання з визначенням трудомісткості кожної операції, необхідного оснащення, витратних матеріалів та засобів вимірювання. Розглянуто варіанти технологій відновлення деталей, включаючи наплавлення, напилення, механічну обробку, шліфування, термічну обробку, а також динамічне балансування роторів. Запропоновано впровадження сучасних методів діагностики стану обладнання, таких як віброаналіз, термографія, ультразвукове тестування, що дозволяє виявити дефекти на ранніх стадіях та підвищити ефективність технічного обслуговування.

Таким чином, результати дослідження підтверджують доцільність і ефективність запропонованих рішень щодо удосконалення технологічного процесу ремонту компресорно-насосного устаткування в аграрному виробництві. Реалізація рекомендацій дозволить підприємствам зменшити витрати на технічне обслуговування, знизити аварійність, підвищити продуктивність основних технологічних процесів і забезпечити сталий розвиток виробничої діяльності.

Список використаних джерел

1. Ramez A., Al-Hakimi W., Perozo N., Jaeger p. Real-time liquid rate and water cut prediction from the electrical submersible pump sensors data using machine-learning algorithms. *ACS Omega.* 2023. Vol. 8, № 14, p. 12671–12692. DOI: https://doi.org/10.1021/acsomega.2c07609.

2. Aydin H., Merey S. Design of Electrical Submersible Pump system in geothermal wells: A case study from West Anatolia, Turkey. *Energy*. 2021. Vol. 230, 120891. DOI: https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120891.

3. Shuiguang T., Hang Z., Huiqin L., Yue Y., Jinfu L., Feiyun C. Multi-objective optimization of multistage centrifugal pump based on surrogate model. *J. Fluids Eng.* 2020, Vol. 142, №1, 011101. DOI: https://doi.org/10.1115/1.4043775.

4. Sun Z., Wang L., Ge H., Yuan H., Tang F. Experiment on pressure pulsation in impeller of large submersible tubular pump. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*. 2023. Vol. 54, № 4, p. 155-160. DOI: https://doi.org/10.6041/j.issn.1000-1298.2023.04.014.

5. Rzhebaeva, N.K., Rzhebaev, E.E. Calculation and Designing of Centrifugal Pumps: study guide: Sumy State University, 2016. 205 p. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/44432.

6. Панченко В. О., Гусак О. Г., Папченко А. А., Хованський С. О. «Монтаж, експлуатація та ремонт гідромашин і гідропневмоприводів» : навч. посіб. / – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 151 с. ISBN 978-966-657-574-9 URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/41966/1/remont_hidromashyn.pdf

7. Патейчук П.М., Соколовський В.Ф. «Обслуговування насосно-компресорного обладнання» — Київ, 2011.

8. ТОВ «Далгакиран компресор Україна» Технічне обслуговування компресорів: поради від експертів URL: https://dalgakiran.ua/uk/statti/tehnichne-obslugovuvannya-kompresoriv-poradi-vid-ekspertiv/?utm_source=chatgpt.com

9. SPELS. Як забезпечити ефективний ремонт та обслуговування промислового обладнання URL: https://spels.com.ua/yak-zabezpechyty-efektyvnyy-remont-ta-obsluhovuvannia-promyslovoho-obladnannia/

10. Ружило З. В. та ін. «Надійність машин та обладнання. Частина 2: Ремонт машин та відновлення деталей» : навч. посіб. / З. В. Ружило [та ін.]. – Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2023. – 310 с. URL: https://dglib.nubip.edu.ua/items/af4bc777-1ac5-42e7-8c3c-33f46efc11b4

11. Добрянський С. С., Малафєєв Ю. М. «Технологічні основи машинобудування»: підручник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафєєв ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с. URL: https://ela.kpi.ua/items/92579995-3e89-4041-a66a-62f47bee64e4

12. Дикань В. Л., Юрченко Є. В. «Технологія машинобудівних підприємств» : підручник / В. Л. Дикань, Є. В. Юрченко. – Харків:УкрДУЗТ, 2019. – 344 с. URL:https://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/3496/1/%D0%9F%D1%96%D0%B4%D1%80%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA.pdf

13. Бондаренко С. Г. «Основи технології машинобудування «: навч. посіб. / С. Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія 2006, 2011. – 500 с.

14. ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів (ГОСТ 3.1127-93, IDT) URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=60949

15. ДСТУ 2391:2010 Система технологічної документації. Терміни та визначення основних понять URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=63916

16. ДСТУ ГОСТ 3.1116:2014 Єдина система технологічної документації. Нормоконтроль (ГОСТ 3.1116-2011, IDT) URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=60948

17. Huang, X., Liu, Z., Shi, G. et al. Construction and performance verification of an automated assembly system for aero engine principal shaft enabled by multi sensor fusion. Sci Rep 15, 18822 (2025). https://doi.org/10.1038/s41598-025-03142-0

18. K. Liu, T. Li, H. Liu, Y. Liu and Y. Wang, "Analysis and Prediction for Spindle Thermal Bending Deformations of a Vertical Milling Machine," in IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 16, no. 3, pp. 1549-1558, March 2020, doi: https://doi.org/10.1109/TII.2019.2926991.

19. Охорона праці і пожежна безпека. Класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів URL: https://oppb.com.ua/articles/klasyfikaciya-nebezpechnyh-i-shkidlyvyh-vyrobnychyh-faktoriv?utm_source=chatgpt.com

20. Система технічного обслуговування URL: http://readbookz.net/book/1/77.html