

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
«бакалавр»

на тему:
**«Проект удосконалення технології ремонту
колісного редуктора трактора ХТЗ-17221»**

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 Галузеве машинобудування
ступеня вищої освіти «бакалавр»
Пашко Анатолій Миколайович

Керівник: Сайчук О.В.

Полтава – 2026

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра механічної та електричної інженерії

Освітньо-професійна програма «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва»

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Ступінь вищої освіти «бакалавр»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ Попов С.В.

«___» _____ 2026 року

ЗАВДАННЯ**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Пашко Анатолія Миколайовича

Прізвище, ім'я та по батькові здобувача вищої освіти

1. Тема роботи: «Проект удосконалення технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221».

Керівник роботи: Сайчук О.В.

Затверджена наказом ПДАУ №1583-см від 25.12.2025 р.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи: 03.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: технічна та довідкова література з ремонту тракторів і вузлів трансмісії, технічні матеріали щодо трактора ХТЗ-17221, нормативні документи ДСТУ та ДСТУ EN ISO, матеріали щодо діагностування, дефектації, ремонту й контролю якості колісних редукторів.

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

Анотація.

Abstract.

Вступ.

Розділ 1. Аналіз конструкції, умов роботи та технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221.

Розділ 2. Проектування удосконаленої технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221.

Розділ 3. Організаційно-економічне обґрунтування та охорона праці під час ремонту колісного редуктора.

Загальні висновки.

Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу: схема колісного редуктора трактора ХТЗ-17221; технологічна карта ремонту колісного редуктора; карта дефектації деталей редуктора; схема організації робочого місця слюсаря-ремонтника; інші графічні матеріали відповідно до теми роботи.

6. Дата видачі завдання: 03.02.2026 р.

5. Перелік графічного матеріалу: складальний кресленик (кресленик загального виду) змішувача для приготування кормових сумішей; складальний кресленик вузла, що виноситься на розгляд і входить до складу машини (робочого органу або приводу).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Практична реалізація розробок	Володимир ДУДНИК, доцент кафедри механічної та електричної інженерії		
	Інна МИКОЛЕНКО, професор кафедри економіки та публічного управління		
	Павло ПИСАРЕНКО, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля		

7. Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з.п.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір і затвердження теми роботи	03.12.2025 р.	
2	Складання і затвердження розгорнутого плану та завдання на кваліфікаційну роботу	03.12.2025 р. – 14.12.2025 р.	
3	Опрацювання літературних джерел	18.12.2025 р. – 29.12.2025 р.	
4	Збір, вивчення і обробка інформації, необхідної для виконання роботи	04.01.2026 р. – 29.01.2026 р.	
5	Виконання розділів роботи	03.02.2026 р. – 16.04.2026 р.	
6	Оформлення тексту роботи	03.02.2026 р. – 16.04.2026 р.	
7	Попередній захист роботи на кафедрі	20.04.2026 р.	
8	Нормалізаційний контроль	24.04.2026 р.	
9	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій	27.04.2026 р. – 07.05.2026 р.	
10	Захист кваліфікаційної роботи	08.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____

(підпис)

Пашко А.М.

(прізвище та ініціали студента)

Керівник роботи _____

(підпис)

Сайчук О.В.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНотація.....	5
ABSTRACT.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ, УМОВ РОБОТИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ КОЛІСНОГО РЕДУКТОРА ТРАКТОРА ХТЗ-17221.....	12
1.1. Загальна характеристика трактора ХТЗ-17221 та умови його експлуатації.....	12
1.2. Призначення, будова та принцип роботи колісного редуктора трактора.....	14
1.3. Умови навантаження деталей колісного редуктора під час експлуатації трактора.....	17
1.4. Типові несправності колісного редуктора та причини їх виникнення.....	20
1.5. Аналіз чинної технології діагностування та ремонту колісного редуктора.....	22
1.6. Обґрунтування необхідності удосконалення технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221.....	25
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ КОЛІСНОГО РЕДУКТОРА ТРАКТОРА ХТЗ-17221.....	29
2.1. Вихідні дані для розроблення технологічного процесу ремонту.....	29
2.2. Дефектація деталей колісного редуктора та визначення їх ремонтпридатності.....	31
2.3. Розроблення раціональної послідовності операцій ремонту.....	34
2.4. Вибір обладнання, пристроїв, інструменту та засобів контролю.....	37
2.5. Обґрунтування режимів виконання основних ремонтних операцій.....	39
2.6. Розроблення технологічної карти ремонту колісного редуктора.....	41
2.7. Контроль якості відремонтованого колісного редуктора.....	45
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ ПІД ЧАС РЕМОНТУ КОЛІСНОГО РЕДУКТОРА.....	49
3.1. Організація робочого місця слюсаря-ремонтника.....	49
3.2. Нормування ремонтних робіт і визначення трудомісткості.....	51
3.3. Оцінювання ефективності запропонованого удосконалення технології ремонту.....	54
3.4. Вимоги охорони праці під час ремонту вузлів трансмісії трактора.....	56
3.5. Екологічна безпека та поводження з відпрацьованими матеріалами.....	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота присвячена розробленню проекту удосконалення технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221. У роботі розглянуто конструктивне та експлуатаційне значення колісного редуктора як відповідального вузла трансмісії, який забезпечує передавання крутного моменту до ведучого колеса, зниження частоти обертання, збільшення тягового зусилля та надійну роботу трактора під час виконання сільськогосподарських і транспортних операцій.

Актуальність теми зумовлена тим, що трактор ХТЗ-17221 належить до енергонасичених колісних тракторів, які працюють у складних умовах аграрного виробництва. Під час експлуатації колісний редуктор зазнає значних механічних навантажень, дії ударних і змінних моментів, впливу забруднення, вологи, температурних коливань недостатнього або погіршеного мащення. Унаслідок цього в деталях редуктора можуть виникати зношування зубчастих коліс, підшипників, шліцевих і посадкових поверхонь, пошкодження ущільнень, порушення герметичності, підвищений шум, перегрівання та люфти.

У роботі передбачено аналіз умов роботи трактора ХТЗ-17221, призначення та особливостей функціонування колісного редуктора, характерних несправностей і причин їх виникнення. Особливу увагу приділено удосконаленню технології ремонту, яка повинна включати повне очищення вузла, дефектацію деталей, контроль стану зубчастих зачеплень, підшипників, валів, корпусних деталей, ущільнень, посадкових місць, а також правильне складання, регулювання й перевірку роботи редуктора після ремонту.

Запропонований підхід спрямований на підвищення якості ремонтних робіт, зменшення ризику позгорних відмов, скорочення простою трактора, підвищення ресурсу колісного редуктора та забезпечення стабільної роботи трансмісії. Практичне значення роботи полягає в можливості використання розробленої технології в ремонтних майстернях аграрних підприємств, сервісних дільницях і навчально-виробничих майстернях під час підготовки фахівців з експлуатації та ремонту машин.

Ключові слова: трактор ХТЗ-17221, колісний редуктор, трансмісія, ремонт, дефектація, технологічний процес, зубчасте зачеплення, підшипники, ущільнення, технічний сервіс, надійність.

ABSTRACT

The bachelor's qualification thesis is devoted to the development of a project for improving the repair technology of the wheel reduction gear of the KhTZ-17221 tractor. The paper considers the design and operational importance of the wheel reduction gear as a responsible transmission unit that transmits torque to the driving wheel, reduces rotational speed, increases traction force, and ensures reliable tractor operation during agricultural and transport work.

The relevance of the topic is determined by the fact that the KhTZ-17221 tractor belongs to high-power wheeled tractors operating under difficult agricultural conditions. During operation, the wheel reduction gear is exposed to significant mechanical loads variable and impact torques, contamination, moisture, temperature changes, and deterioration of lubrication conditions. As a result, wear of gears, bearings, spline and seating surfaces, damage to seals, loss of tightness, increased noise, overheating, and excessive clearances may occur.

The thesis provides an analysis of the operating conditions of the KhTZ-17221 tractor, the purpose and operating features of the wheel reduction gear, typical failures, and the causes of their occurrence. Particular attention is paid to improving the repair technology, which should include complete cleaning of the unit, defect detection of parts, inspection of gears, bearings, shafts, housing parts, seals, seating surfaces, as well as correct assembly, adjustment, and testing of the reduction gear after repair.

The proposed approach is aimed at improving repair quality, reducing the risk of repeated failures, shortening tractor downtime, increasing the service life of the wheel reduction gear, and ensuring stable transmission operation. The practical value of the thesis lies in the possibility of using the developed repair technology in agricultural repair workshops, service departments, and educational and production workshops during the training of specialists in machinery operation and repair.

Keywords: KhTZ-17221 tractor, wheel reduction gear, transmission, repair, defect detection, technological process, gear engagement, bearings, seals, technical service, reliability.

ВСТУП

Сучасне аграрне виробництво потребує надійної, продуктивної та ремонтпридатної тракторної техніки, здатної виконувати широкий комплекс польових і транспортних робіт у встановлені агротехнічні строки. Особливо важливе значення мають енергонасичені колісні трактори, які використовуються для основного й передпосівного обробітку ґрунту, сівби, транспортування вантажів, агрегування з причіпними та навісними машинами, а також виконання допоміжних виробничих операцій.

Одним із представників такої техніки є трактор ХТЗ-17221. Він належить до колісних тракторів загального призначення, призначених для роботи в умовах значних тягових навантажень. Ефективність його експлуатації залежить від справності двигуна, трансмісії, ходової системи, гідравлічного обладнання, рульового керування, гальмівної системи та інших вузлів. Серед відповідальних елементів трансмісії важливе місце займає колісний редуктор, який бере участь у передаванні крутного моменту до ведучих коліс і забезпечує реалізацію тягових можливостей трактора [1].

Колісний редуктор працює в умовах значних навантажень, оскільки безпосередньо пов'язаний із передаванням зусилля від трансмісії до ходової системи. У процесі експлуатації на його деталі діють крутні моменти, контактні навантаження в зубчастих зачепленнях, радіальні й осьові сили в підшипникових вузлах, вібрація, удари, температурні коливання та вплив мастильного середовища. За несприятливих умов експлуатації або несвоєчасного технічного обслуговування ці чинники можуть спричинити зношування, перегрівання, підвищений шум, порушення герметичності, витікання мастила та вихід редуктора з ладу.

Актуальність теми бакалаврської дипломної роботи полягає в необхідності удосконалення технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 з метою підвищення якості ремонтних робіт, зменшення простою техніки, забезпечення надійності трансмісії та продовження ресурсу деталей. Для аграрних підприємств це питання має практичне значення, оскільки трактори використовуються переважно в сезонних роботах, де навіть короткочасний

простій може призвести до порушення строків виконання технологічних операцій.

У традиційній ремонтній практиці відновлення колісного редуктора часто зводиться до розбирання вузла, заміни явно зношених деталей, складання та заливання мастила. Однак такий підхід не завжди забезпечує достатню якість ремонту. Якщо під час дефектації не виявити причини зношування, пошкодження підшипників, порушення посадок, дефекти корпусу, зношування шліців або несправність ущільнень, після ремонту можуть зберігатися приховані несправності. У результаті можливе повторне виникнення шуму, перегрівання, люфтів, витікання мастила та прискорене руйнування деталей.

Удосконалення технології ремонту повинно передбачати системний підхід до всіх етапів ремонтного процесу. Насамперед необхідно забезпечити попереднє діагностування, правильне розбирання, очищення деталей, комплексну дефектацію, обґрунтоване рішення щодо відновлення або заміни деталей, контроль стану зубчастих коліс, валів, підшипників, ущільнень і корпусних елементів. Не менш важливими є правильне складання, регулювання зачеплення та підшипникових вузлів, забезпечення герметичності й перевірка роботи редуктора після ремонту [2].

Метою бакалаврської дипломної роботи є розроблення проєкту удосконалення технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 для підвищення якості ремонтних робіт, надійності вузла та ефективності експлуатації трактора.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати призначення, умови експлуатації та технічні особливості трактора ХТЗ-17221;
- розглянути призначення, будову та принцип роботи колісного редуктора;
- визначити основні навантаження, які діють на деталі редуктора під час експлуатації;
- встановити типові несправності колісного редуктора та причини їх виникнення;
- проаналізувати чинну технологію діагностування й ремонту колісного редуктора;

- обґрунтувати напрями удосконалення ремонтного процесу;
- розробити раціональну послідовність операцій ремонту;
- підібрати обладнання, пристрої, інструмент і засоби контролю;
- передбачити порядок дефектації, складання, регулювання та контролю якості;
- розглянути організаційно-економічні, безпекові та екологічні аспекти виконання ремонтних робіт.

Об'єктом дослідження є процес технічного обслуговування та ремонту вузлів трансмісії трактора ХТЗ-17221.

Предметом дослідження є технологія ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 та напрями її удосконалення.

Методи дослідження. У роботі передбачено використання методів технічного аналізу конструкції вузла, аналізу умов експлуатації, узагальнення типових несправностей, технологічного проектування ремонтного процесу, дефектації деталей, вибору обладнання та засобів контролю, а також організаційно-економічного обґрунтування запропонованих рішень.

Практичне значення роботи полягає в тому, що розроблена технологія ремонту колісного редуктора може бути використана в ремонтних майстернях аграрних підприємств, сервісних дільницях і навчально-виробничих майстернях. Запропонований підхід дає змогу підвищити якість дефектації, зменшити ризик повторних несправностей, скоротити простої трактора й забезпечити більш надійну роботу трансмісії.

Науково-практична цінність роботи полягає в систематизації основних дефектів деталей колісного редуктора та розробленні послідовності ремонтних операцій, яка враховує не лише відновлення працездатності вузла, а й попередження повторного виникнення несправностей.

Структура бакалаврської дипломної роботи передбачає вступ, три розділи, загальні висновки, список використаних джерел. У першому розділі розглядаються конструктивні особливості трактора ХТЗ-17221, призначення колісного редуктора, умови його роботи та типові несправності. У другому розділі розробляється удосконалена технологія ремонту колісного редуктора, визначається послідовність операцій, засоби дефектації, обладнання та контроль

якості. У третьому розділі подається організаційно-економічне обґрунтування, а також розглядаються питання охорони праці й екологічної безпеки під час ремонту.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ, УМОВ РОБОТИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ КОЛІСНОГО РЕДУКТОРА ТРАКТОРА ХТЗ-17221

1.1. Загальна характеристика трактора ХТЗ-17221 та умови його експлуатації

Трактор ХТЗ-17221 належить до колісних тракторів загального призначення, які використовуються для виконання енергоємних сільськогосподарських, транспортних і допоміжних робіт. Машини цього типу призначені для агрегування з ґрунтообробними, посівними, транспортними та іншими сільськогосподарськими знаряддями. У виробничих умовах трактор може застосовуватися під час оранки, культивування, боронування, сівби, транспортування вантажів, роботи з причепами та виконання різних операцій у складі машинно-тракторних агрегатів [1].

ХТЗ-17221 є представником енергонасичених тракторів Харківського тракторного заводу. Його конструкція орієнтована на роботу з підвищеними тяговими навантаженнями, що зумовлює високі вимоги до справності двигуна, трансмісії, ходової системи, гальмівної системи, рульового керування, гідравлічного обладнання та вузлів передавання крутного моменту до ведучих коліс. Особливе значення у таких тракторах мають вузли трансмісії, оскільки саме через них реалізується потужність двигуна та створюється необхідне тягове зусилля на колесах [2].

Умови експлуатації трактора ХТЗ-17221 є складними й різноманітними. Під час польових робіт машина працює на ґрунтах із різною вологістю, щільністю та несучою здатністю. Під час транспортних робіт трактор переміщується дорогами загального або внутрішньогосподарського користування, часто з причепами чи навантаженими агрегатами. У цих умовах трансмісія трактора сприймає значні змінні навантаження, які передаються від двигуна через коробку передач, головні передачі, півосі, колісні редуктори та ведучі колеса.

Колісний редуктор у такій системі є відносідальним кінцевим елементом передавання крутного моменту. Він працює безпосередньо біля ведучого колеса та сприймає навантаження, пов'язані з тяговим опором агрегату, нерівностями

поверхні, буксуванням, різкими змінами швидкості, рушенням із місця, гальмуванням і маневруванням. Через це його технічний стан істотно впливає на надійність усієї трансмісії та працездатність трактора загалом.

Основні експлуатаційні особливості трактора ХТЗ-17221, які мають значення для аналізу роботи колісного редуктора, наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальна характеристика трактора ХТЗ-17221 з погляду умов роботи колісного редуктора

Показник	Характеристика
Тип машини	Колісний трактор загального призначення
Основне призначення	Виконання польових, транспортних і допоміжних робіт
Умови роботи	Поле, ґрунтові дороги, транспортні переїзди, робота з причіпними та навісними агрегатами
Характер навантаження	Змінне, тягове, ударне, вібраційне
Вузол, що аналізується	Колісний редуктор трактора
Основна функція колісного редуктора	Передавання та перетворення крутного моменту до ведучого колеса
Основні фактори впливу	Навантаження, забруднення, стан мастила, зношування, герметичність, якість складання

Наведені в таблиці 1.1 характеристики свідчать, що колісний редуктор працює в умовах, які суттєво відрізняються від лабораторних або стаціонарних режимів. У реальній експлуатації на нього одночасно впливають механічні навантаження, вібрація, температурні коливання, забруднення, стан мастильного матеріалу та якість попереднього технічного обслуговування. Тому під час ремонту цього вузла необхідно враховувати не лише видимий дефект, а й умови, які призвели до його виникнення.

Для трактора, що працює в аграрному виробництві, характерні часті зміни режимів руху. Під час основного обробітку ґрунту навантаження на трансмісію є тривалим і значним. Під час розворотів, маневрування, рушення з місця та роботи на нерівних ділянках воно має змінний і нерідко ударний характер. Під час транспортних робіт навантаження може змінюватися залежно від маси причепа, стану дороги, швидкості руху та режиму гальмування. Усі ці режими безпосередньо впливають на роботу колісного редуктора.

У польових умовах на деталі редуктора також впливають зовнішні забруднювальні чинники. Пил, волога, частинки ґрунту, рослинні рештки й

абразивні домішки можуть потрапляти на зовнішні поверхні корпусу, ущільнення та з'єднання. За порушення герметичності частина забруднень може проникати всередину вузла, погіршуючи якість мащення та прискорюючи зношування зубчастих коліс, підшипників і посадкових поверхонь [3].

Стан мастильного матеріалу є одним із визначальних факторів довговічності колісного редуктора. Недостатній рівень мастила, його забруднення, старіння або невідповідність умовам роботи можуть призвести до підвищеного тертя, перегрівання, зношування зубчастого зачеплення, руйнування підшипників і втрати герметичності. Саме тому під час ремонту редуктора необхідно оцінювати не лише стан механічних деталей, а й причини погіршення мащення.

Отже, трактор ХТЗ-17221 працює в умовах, які створюють підвищені вимоги до надійності колісного редуктора. Цей вузол сприймає значні навантаження, працює в середовищі з підвищеним рівнем забруднення та потребує якісного технічного обслуговування. Удосконалення технології його ремонту є важливим напрямом підвищення ресурсу трактора, зменшення простоїв і забезпечення стабільної роботи трансмісії.

1.2. Призначення, будова та принцип роботи колісного редуктора трактора

Колісний редуктор є одним із кінцевих вузлів трансмісії трактора. Його основне призначення полягає у передаванні крутного моменту від елементів трансмісії до ведучого колеса з одночасним зниженням частоти обертання та збільшенням тягового зусилля. Завдяки цьому забезпечується ефективна реалізація потужності двигуна на опорній поверхні, що особливо важливо для енергонасичених тракторів, які працюють із важкими агрегатами [4].

У загальній структурі трансмісії колісний редуктор розташований після основних передавальних механізмів і виконує функцію кінцевої передачі. Його робота пов'язана з передаванням значних моментів у зоні ведучого колеса. За рахунок редуктора зменшується навантаження на окремі елементи попередніх

ланок трансмісії, а також забезпечується необхідне співвідношення між швидкістю обертання колеса та тяговим зусиллям трактора.

Конструкція колісного редуктора може включати корпус, зубчасті колеса, вали, підшипники, ущільнення, кріпильні елементи, кришки, посадкові поверхні та елементи мащення. Залежно від конструктивного виконання трактора редуктор може мати циліндричне або планетарне зубчасте зачеплення, але в будь-якому разі його функція полягає в передаванні та перетворенні крутного моменту в зоні ведучого колеса. Для ремонтної технології принципово важливо не лише знати загальну будову вузла, а й розуміти функцію кожної деталі.

Основні елементи колісного редуктора та їх функції наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Основні елементи колісного редуктора та їх функціональне призначення

Елемент колісного редуктора	Функціональне призначення
Корпус редуктора	Розміщує деталі редуктора, забезпечує їх взаємне положення та захист від зовнішніх впливів
Зубчасті колеса	Передають крутний момент і забезпечують необхідне передавальне відношення
Вали або осі	Сприймають і передають обертальний рух між елементами редуктора
Підшипники	Забезпечують обертання валів і коліс із мінімальним тертям
Ущільнення	Запобігають витіканню мастила та потраплянню забруднень у вузол
Кришки та кріпильні елементи	Забезпечують складання, герметизацію та фіксацію деталей
Масильна порожнина	Забезпечує змащування зубчастих коліс, підшипників і поверхонь тертя
Посадкові поверхні	Забезпечують точне встановлення підшипників, валів, кришок і зубчастих коліс

З таблиці 1.2 видно, що колісний редуктор є складальним вузлом, працездатність якого залежить від справності всіх його елементів. Пошкодження навіть однієї деталі може спричинити порушення роботи всього вузла. Наприклад, зношування підшипника призводить до зміщення валів, що погіршує умови зубчастого зачеплення. Пошкодження ущільнення спричиняє витікання мастила або потрапляння забруднень. Дефекти корпусу можуть порушити точність взаємного положення деталей.

Принцип роботи колісного редуктора полягає у тому, що крутний момент від попередніх елементів трансмісії передається на ведучу шестерню або відповідний вхідний елемент редуктора. Далі через зубчасте зачеплення момент передається на вихідний елемент, пов'язаний із маточиною або ведучим колесом. У процесі такого передавання частота обертання зменшується, а крутний момент на виході збільшується. Саме це дозволяє трактору розвивати необхідне тягове зусилля під час роботи з важкими агрегатами.

Важливою умовою нормальної роботи редуктора є правильне взаємне положення зубчастих коліс. Якщо воно порушується через зношування підшипників, посадкових поверхонь або неправильне складання, виникає нерівномірний контакт зубців, підвищений шум, вібрація, місцеве перевантаження та прискорене руйнування деталей. Тому під час ремонту слід контролювати не лише стан зубців, а й стан опор, підшипників, валів і корпусних посадок.

Підшипникові вузли колісного редуктора забезпечують обертання валів і сприймають навантаження, що виникають у процесі передавання моменту. Їхній стан безпосередньо впливає на точність роботи зубчастого зачеплення. Зношені або пошкоджені підшипники можуть спричинити люфт, перехід, підвищене нагрівання, шум і руйнування зубчастих коліс. Тому під час дефектації редуктора підшипники повинні перевірятися і особливо уважно [5].

Ущільнення редуктора виконують захисну функцію. Вони утримують мастильний матеріал усередині вузла та запобігають проникненню пилу, вологи й абразивних частинок. Порушення герметичності є однією з поширених причин прискореного зношування. Якщо мастило витікає або забруднюється, зубчасті колеса та підшипники починають працювати в несприятливих умовах, що знижує ресурс вузла.

Корпус редуктора забезпечує базування деталей і визначає точність їх взаємного розташування. Пошкодження корпусу, зношування посадкових місць, тріщини, деформації або порушення різьбових отворів можуть призвести до неможливості якісного складання вузла. Через це корпусні деталі під час ремонту

не можна оцінювати лише візуально. Необхідно перевіряти їх технічний стан із урахуванням посадок, герметичності та можливості подальшого використання.

Отже, колісний редуктор трактора є відповідальним вузлом трансмісії, який виконує функцію кінцевого перетворення та передавання крутного моменту до ведучого колеса. Його працездатність залежить від стану зубчастих коліс, валів, підшипників, ущільнень, корпусу та якості мащення. Це визначає необхідність комплексного підходу до ремонту такого вузла.

3 Умови навантаження деталей колісного редуктора під час експлуатації трактора

Під час експлуатації трактора ХТЗ-17221 колісний редуктор працює в умовах значних і змінних навантажень. На відміну від багатьох інших вузлів, він розташований безпосередньо біля ведучого колеса, тому сприймає не лише крутний момент від трансмісії, а й вплив динамічних навантажень, що виникають під час руху трактора по нерівностях, буксування, різкої зміни тягового зусилля та маневрування.

Найбільші навантаження на колісний редуктор виникають під час виконання енергоємних сільськогосподарських робіт. До таких робіт належать оранка, глибоке розпушування, культивування важких ґрунтів, транспортування важких вантажів, рух на підйомах, рушення з місця з навантаженим агрегатом. У цих умовах крутний момент, що передається через редуктор, може наблизитися до максимальних експлуатаційних значень, а деталі вузла працюють під високим контактним навантаженням [3].

Зубчасті колеса редуктора сприймають контактні та згинальні навантаження. У зоні зачеплення зубців виникають високі місцеві напруження, які за несприятливих умов можуть призвести до появи задирів, викришування, пітингу, зношування профілю зуба або руйнування окремих ділянок. Особливо небезпечними є режими роботи з недостатнім мащенням, забрудненим мастилом або перекосом зубчастих коліс, оскільки в таких умовах контакт між зубцями стає нерівномірним.

Підшипники редуктора працюють під дією радіальних та осьових сил. Їхнє навантаження залежить від величини переданого моменту, якості складання, стану посадкових місць і точності регулювання. У разі зношування підшипників або неправильного монтажу виникає люфт, що призводить до порушення нормального зачеплення зубчастих коліс. Це може спричинити підвищений шум, вібрацію, нагрівання та прискорене зношування деталей [5].

Корпус редуктора сприймає навантаження від підшипникових опор, кріпильних з'єднань і реакцій, що виникають під час роботи зубчастих передач. Якщо корпус має тріщини, деформації або зношені посадкові місця, точність розміщення деталей порушується. Навіть незначне відхилення в положенні валів або підшипників може негативно вплинути на роботу всього вузла.

На ущільнення редуктора діють механічні, температурні й хімічні чинники. Вони постійно контактують із мастильним матеріалом, сприймають вплив пилу, вологи й забруднень із зовнішнього середовища. З часом ущільнення втрачають еластичність, пошкоджуються або зношуються. У результаті порушується герметичність, що призводить до витікання мастила або потрапляння забруднень усередину редуктора.

Основні навантаження й експлуатаційні чинники, які впливають на деталі колісного редуктора, наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Основні навантаження та чинники впливу на деталі колісного редуктора

Деталь або елемент вузла	Основні навантаження та чинники впливу	Можливі наслідки
Зубчасті колеса	Контактні навантаження, змінний крутний момент, недостатнє мащення	Зношування зубців, викришування, підвищений шум
Вали	Крутний момент, згинальні навантаження, вібрація	Зношування посадок, шліці, деформація
Підшипники	Радіальні та осьові сили, забруднене мастило, перекіс	Люфт, нагрівання, руйнування тіл кочення

Корпус	Навантаження від опор, кріплень і реакцій передачі	Тріщини, зношування посадкових місць, деформація
Ущільнення	Тертя, старіння матеріалу, пил, волога, температура	Витікання мастила, потрапляння забруднень
Кріпильні елементи	Вібрація, змінні навантаження, ослаблення з'єднань	Порушення герметичності, зміщення деталей
Мастильний матеріал	Забруднення, старіння, перегрівання	Погіршення змащування, прискорене зношування

Дані таблиці 1.3 показують, що пошкодження колісного редуктора найчастіше виникають не через один ізольований фактор, а внаслідок поєднання кількох причин. Наприклад, витікання мастила через пошкоджене ущільнення призводить до погіршення змащування, що спричиняє нагрівання й зношування підшипників. Зношені підшипники, у свою чергу, викликають перекіс зубчастих коліс, що прискорює руйнування зубців. Таким чином, одна початкова несправність може викликати цілий ланцюг вторинних дефектів.

Важливе значення має також режим навантаження. Якщо трактор працює рівномірно, без перевантажень і з належним технічним обслуговуванням, редуктор може тривалий час зберігати працездатність. Однак у реальних умовах часто виникають різкі зміни тягового опору, буксування, робота на вологій ґрунті, транспортні переїзди з важкими причепами, тривала експлуатація без своєчасної перевірки рівня мастила. Усе це прискорює розвиток несправностей.

Під час ремонту колісного редуктора необхідно враховувати характер навантаження кожної деталі. Якщо замінити лише очевидно зношену деталь, але не перевірити пов'язані з нею елементи, ремонт може бути неефективним. Наприклад, заміна зубчастого колеса без перевірки підшипників і корпусних посадок може не усунути причину підвищеного шуму. Заміна ущільнення без перевірки стану вала або посадкової поверхні також не гарантує відновлення герметичності.

Отже, умови навантаження деталей колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 є складними та взаємопов'язаними. Деталі редуктора працюють під дією крутного моменту, контактних навантажень, вібрації, температури, забруднень і мастильного середовища. Це обґрунтовує необхідність комплексної дефектації та удосконалення технології ремонту.

1.4. Типові несправності колісного редуктора та причини їх виникнення

Колісний редуктор трактора ХТЗ-17221 є навантаженим вузлом трансмісії, тому під час тривалої експлуатації в ньому можуть виникати різні несправності. Їх поява пов'язана з природним зношуванням деталей, порушенням режимів мащення, забрудненням мастильного матеріалу, перевантаженнями, неправильним складанням, несвоєчасним технічним обслуговуванням або використанням деталей із недостатньою якістю.

Однією з найпоширеніших несправностей є підвищений шум під час роботи редуктора. Він може виникати через зношування зубчастих коліс, неправильне зачеплення, пошкодження підшипників, збільшені люфти або недостатній рівень мастила. Шум часто є ранньою ознакою розвитку дефекту, тому його не можна ігнорувати. Якщо експлуатацію продовжувати без діагностування, пошкодження може прогресувати й призвести до руйнування деталей [6].

Поширеною несправністю є витікання мастила. Воно може виникати через зношування або пошкодження ущільнень, деформацію кришок, ослаблення кріплень, пошкодження корпусу або забруднення ущільнювальних поверхонь. Витікання мастила небезпечно тим, що воно не лише знижує рівень змащування, а й створює умови для потрапляння пилу та вологи всередину редуктора. У результаті підвищується інтенсивність зношування зубчастих коліс і підшипників.

Зношування зубчастих коліс проявляється у зміні профілю зубців, появі задирів, рисок, викришування, місцевого пошкодження або нерівномірного контакту. Причинами можуть бути значні навантаження, недостатнє мащення,

забруднення мастила, перекіс валів, неправильне складання або робота з підвищеними люфтами. Зубчасті колеса з істотними пошкодженнями не можуть забезпечувати плавне передавання моменту, тому редуктор починає працювати з шумом, ударами й вібрацією.

Несправності підшипників є особливо небезпечними, оскільки вони впливають на взятне положення деталей редуктора. Пошкодження тіл кочення, сепаратора, доріжок кочення або посадкових поверхонь призводить до люфтів, перегрівання, шуму й перекосу зубчастих коліс. У занедбаному стані пошкоджений підшипник може спричинити руйнування інших деталей вузла [5].

Для систематизації типових несправностей колісного редуктора та причин їх виникнення наведено таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Типові несправності колісного редуктора трактора ХТЗ-1721 та причини їх виникнення

Несправність	Імовірні причини	Можливі наслідки
Підвищений шум під час роботи	Зношування зубчастих коліс, підшипників, збільшені люфти, неправильне зачеплення	Прискорене руйнування деталей, вібрація
Витікання мастила	Зношені ущільнення, пошкодження кришок, ослаблення кріплення, тріщини корпусу	Порушення мащення, перегрівання, зношування
Перегрівання редуктора	Недостатній рівень мастила, забруднене мастило, підшипникові дефекти	Руйнування підшипників, пошкодження зубчастих коліс
Люфт у вузлі	Зношування підшипників, посадкових поверхонь, шлицьових з'єднань	Порушення зачеплення, ударні навантаження
Зношування зубців	Перевантаження, погале мащення, перекіс валів, забруднення мастила	Шум, удари, втрата плавності роботи
Пошкодження корпусу	Ударні навантаження, неправильний демонтаж, перевантаження	Порушення базування деталей, витікання мастила
Пошкодження шлиців або посадок	Змінні навантаження, люфти, неправильне складання	Порушення передавання моменту
Забруднення мастила	Пошкоджені ущільнення, несвоєчасна заміна, потрапляння пилу й вологи	Абразивне зношування деталей

Аналіз таблиці 1.4 показує, що більшість несправностей взаємопов'язані. Наприклад, пошкодження ущільнення призводить до витікання мастила, погіршення мащення, перегрівання та зношування зубчастих коліс і підшипників. Зношені підшипники можуть викликати люфти, порушення зачеплення та пошкодження зубців. Тому під час ремонту необхідно не просто усувати окремі дефекти, а встановлювати його першопричину.

Особливо небезпечними є приховані дефекти. До них належать початкове руйнування підшипників, мікротріщини корпусу, нерівномірне зношування посадкових поверхонь, початкове викришування зубців, забруднення мастила дрібними металевими частинками. Такі дефекти можуть бути непомітними під час поверхового огляду, але саме вони часто стають причиною повторної відмови після ремонту.

У ремонтній практиці поширеною помилкою є заміна лише однієї деталі без перевірки пов'язаних елементів. Наприклад, якщо замінити підшипник, але не перевірити стан посадкового місця, новий підшипник може швидко зійти з ладу. Якщо замінити ущільнення без перевірки поверхні вала, герметичність може не відновитися. Якщо замінити зубчасте колесо без перевірки другого колеса пари, контакт у зачепленні може залишитися неправильним.

Отже, типові несправності колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 пов'язані зі зношуванням, порушенням мащення, пошкодженням ущільнень, підшипників, зубчастих коліс, корпусних і посадкових поверхонь. Їх виникнення значною мірою зумовлене важкими умовами експлуатації та недостатньою повнотою технічного обслуговування. Це підтверджує необхідність удосконалення технології діагностування й ремонту редуктора.

1.5. Аналіз чинної технології діагностування та ремонту колісного редуктора

Чинна технологія діагностування та ремонту колісного редуктора в умовах ремонтної майстерні зазвичай включає зовнішній огляд, перевірку наявності шуму, витікання мастила, люфтів, нагрівання, демонтаж вузла, розбирання, очищення деталей, дефектацію, заміну або відновлення несправних деталей,

складання, заливання мастила та контроль роботи. Така схема загалом відповідає логіці ремонту, однак її фактична ефективність залежить від повноти виконання кожного етапу [7].

На практиці діагностування часто починається зі скарг оператора або зовнішніх ознак несправності. До таких ознак належать сторонній шум, підвищена вібрація, перегрівання корпусу, витікання мастила, люфт у колесі, сліди металевих частинок у мастилі або погіршення плавності руху. Ці ознаки дозволяють визначити напрям пошуку несправності, але не завжди дають змогу точно встановити її причину.

Зовнішній огляд редуктора дозволяє виявити очевидні дефекти: пошкодження корпусу, ослаблення кріплень, сліди витікання мастила, забруднення, механічні пошкодження кришок або ущільнень. Однак значна частина несправностей розташована всередині вузла. До них належать пошкодження підшипників, зношування зубців, порушення посадок, дефекти валів, забруднення мастила та зміна характеру зубчастого зачеплення. Тому зовнішнього огляду недостатньо для прийняття остаточного рішення про технічний стан редуктора.

Після демонтажу вузла виконується розбирання та очищення деталей. Якість очищення має велике значення, оскільки забруднення можуть приховувати тріщини, задири, викришування зубців, корозійні пошкодження та сліди перегрівання. Якщо деталі не очищені належним чином, дефектація стає неточною, а частина дефектів може залишитися невиявленою.

Дефектація є центральним етапом ремонту. Вона повинна охоплювати зубчасті колеса, підшипники, вали, корпус, кришки, ущільнення, кріпильні елементи, шліцьові та посадкові поверхні. Проте в традиційній практиці дефектація іноді виконується переважно візуально. Це не дозволяє повною мірою оцінити люфти, зношування посадок, геометричні відхилення або початкові дефекти підшипників.

Чинна технологія ремонту також не завжди передбачає достатній аналіз причин несправності. Наприклад, якщо редуктор мав витікання мастила, необхідно встановити не лише факт пошкодження ущільнення, а й причину його

руйнування: зношування поверхні вала, перекіс, забруднення, неправильне складання або підвищений тиск у порожнині. Без усунення першопричини несправність може повторитися.

Певні недоліки чинної технології ремонту колісного редуктора та можливі напрями їх усунення наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Недоліки чинної технології ремонту колісного редуктора та напрями їх усунення

Недолік чинної технології	Можливі наслідки	Напрямок удосконалення
Орієнтація переважно на зовнішні ознаки несправності	Невиявлення схованих дефектів	Уведення повнішого діагностування
Недостатнє очищення деталей перед дефектацією	Помилки під час огляду й контролю	Регламентоване очищення перед дефектацією
Візуальна дефектація без вимірювального контролю	Повторне встановлення деталей зі зношеними посадками	Використання засобів вимірювання
Недостатня перевірка підшипників і посадкових місць	Люфти, шум, повторне руйнування вузла	Комплексна перевірка опорних елементів
Заміна деталей без аналізу причин дефекту	Повторне виникнення несправності	Визначення першопричини пошкодження
Відсутність чіткої технологічної карти	Різна якість ремонту залежно від виконавця	Розроблення послідовності ремонтних операцій
Недостатній контроль після складання	Випуск вузла з прихованими помилками	Обов'язковий підсумковий контроль

З таблиці 1.5 видно, що основні проблеми чинної технології пов'язані не стільки з відсутністю ремонтних операцій, скільки з недостатньою глибиною їх виконання. Розбирання, очищення, дефектація та складання можуть виконуватися формально, без належного вимірювального контролю та документування. У такому випадку ремонт не гарантує тривалої працездатності редуктора.

Особливе значення має якість складання. Після заміни або відновлення деталей необхідно забезпечити правильне взаємне положення зубчастих коліс, підшипників, валів і кришок. Неправильне складання може призвести до

перекоосу, підвищеного шуму, перегрівання, витікання мастила та прискореного зношування. Тому складання повинно виконуватися за технологічною картою з обов'язковим контролем проміжних результатів [8].

Підумковий контроль після ремонту повинен включати перевірку легкості обертання, відсутності заїдання, правильності складання, герметичності, відсутності сторонніх шумів і нагрівання. Якщо такий контроль не проводиться або виконується поверхово, існує ризик установлення на трактор вузла з прихованими дефектами.

Отже, чинна технологія діагностування й ремонту колісного редуктора потребує удосконалення. Основними напрямками такого удосконалення є повніше діагностування, якісне очищення деталей, комплексна дефектація, використання засобів контролю, аналіз причин несправностей, регламентоване складання та обов'язкова перевірка роботи редуктора після ремонту.

1.6. Обґрунтування необхідності удосконалення технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221

Необхідність удосконалення технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 зумовлена його важливістю в системі трансмісії, складними умовами експлуатації, високими навантаженнями на деталі, ризиком повторних відмов і потребою зменшення простоїв техніки. Колісний редуктор є вузлом, від справності якого залежить передавання крутного моменту до ведучого колеса та реалізація тягових можливостей трактора.

Для аграрного підприємства відмова колісного редуктора має не лише технічні, а й організаційно економічні наслідки. Якщо трактор виходить із ладу під час сезонних польових робіт, це може призвести до затримки виконання технологічних операцій, додаткових витрат на ремонт простою агрегатів і порушення виробничого графіка. Тому технологія ремонту повинна бути спрямована не тільки на відновлення працездатності після несправності, а й на попередження її повторного виникнення.

Удосконалення ремонту повинно передбачати перехід від спрощеного підходу до системного. Спрощений підхід полягає в заміні видимо зношених або

пошкоджених деталей без повного аналізу причин несправності. Системний підхід передбачає попереднє діагностування, розбирання з дотриманням технологічної послідовності, очищення, повну дефектацію, контроль посадкових поверхонь, перевірку підшипників, зубчастих коліс, ущільнень, корпусу, складання, регулювання та підсумкову перевірку.

Основні напрями удосконалення технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 наведено в таблиці 1.6

Таблиця 1.6 – Напрями удосконалення технології ремонту колісного редуктора

Напрямок удосконалення	Зміст заходу	Очікуваний результат
Попереднє діагностування	Аналіз шуму, люфтів, витікання мастила, нагрівання	Точніше визначення характеру несправності
Якісне очищення деталей	Очищення до дефектації, видалення бруду й продуктів зношування	Підвищення достовірності огляду
Комплексна дефектація	Перевірка зубчастих коліс, валів, підшипників, корпусу, ущільнень	Виявлення прихованих дефектів
Контроль посадкових поверхонь	Перевірка місць установаження підшипників, валів і кришок	Зменшення люфтів і перекосів
Аналіз причин несправності	Встановлення зв'язку між дефектами деталей	Попередження повторної відмови
Регламентоване складання	Виконання складання за технологічною картою	Підвищення стабільності якості ремонту
Підсумковий контроль	Перевірка роботи редуктора після ремонту	Допуск до експлуатації лише справного вузла

З таблиці 1.6 видно, що удосконалення технології ремонту має бути комплексним. Недоцільно обмежуватися лише заміною окремих деталей або збільшенням кількості контрольних операцій. Потрібно змінити саму логіку ремонтного процесу: кожна операція повинна мати мету, контрольний результат і зв'язок із наступним етапом.

Одним із головних напрямів удосконалення є підвищення якості дефектації. Саме на цьому етапі визначається, які деталі можуть бути використані повторно, які потребують відновлення, а які повинні бути замінені. Помилки під час дефектації є однією з головних причин неякісного ремонту.

Якщо залишити з роботі зношений підшипник, пошкоджене зубчасте колесо, деформовану кришку або ущільнення з ознаками втрати еластичності, ресурс вузла після ремонту буде низьким.

Важливим є також контроль посадкових поверхонь. У колісному редукторі посадки підшипників, валів, кришок і ущільнень визначають точність роботи вузла. Зношування таких поверхонь може бути менш помітним, ніж пошкодження зубців, але його наслідки є суттєвими. Воно може призвести до люфтів, перекосів, підвищеного шуму та повторного руйнування деталей.

Не менш важливою є перевірка мастильного середовища. Якщо в мастилі виявляються металеві частинки, це може свідчити про руйнування зубчастих коліс або підшипників. Якщо мастило забруднене водою чи пилом, необхідно перевірити стан ущільнень і герметичність корпусу. Тому під час ремонту слід оцінювати не лише механічні деталі, а й умови, у яких вони працювали.

Запропоноване удосконалення технології ремонту дозволить підвищити якість робіт, зменшити кількість повторних ремонтів, продовжити ресурс колісного редуктора та підвищити надійність трактора ХТЗ-17221. Для ремонтної майстерні це означає кращу організацію праці, передбачуваність результатів ремонту та зменшення витрат, пов'язаних із повторними неспражностями.

Отже, удосконалення технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 є технічно й організаційно обґрунтованим. Складні умови експлуатації, значні навантаження на деталі, важливість вузла для роботи трансмісії та недоліки традиційного ремонту підтверджують необхідність розроблення технологічного процесу, який забезпечить повну дефектацію, якісне складання, контроль герметичності та перевірку працездатності вузла після ремонту.

Висновки до розділу 1

У першому розділі бакалаврської дипломної роботи проаналізовано конструктивне та експлуатаційне значення колісного редуктора трактора ХТЗ-17221. Встановлено, що трактор працює в умовах значних тягових навантажень,

змінного опору руху, запиленості, впливу вологи, вібрацій і температурних коливань. Такі умови створюють підвищені вимоги до справності трансмісії та, зокрема, колісного редуктора.

Розглянуто призначення, будову та принцип роботи колісного редуктора. Визначено, що цей вузол забезпечує передавання й перетворення крутного моменту до ведучого колеса, а його працездатність залежить від стану зубчастих коліс, валів, підшипників, ущільнень корпусу, посадкових поверхонь і мастильного матеріалу.

Проаналізовано умови навантаження деталей колісного редуктора. Встановлено, що зубчасті колеса працюють під дією контактних навантажень, підшипники сприймають радіальні й осьові сили, корпус забезпечує базування деталей, а ущільнення відповідають за герметичність і захист вузла від забруднень.

Визначено типові несправності колісного редуктора: підвищений шум, витікання мастила, перегрівання, люфти, зношування зубчастих коліс, пошкодження підшипників, ущільнень, корпусу, пліщових і посадкових поверхонь. З'ясовано, що ці несправності часто мають комплексний характер і потребують встановлення першопричини.

Обґрунтовано необхідність удосконалення технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221. Основними напрямками удосконалення є повніше діагностування, якісне очищення деталей, комплексна дефектація, контроль посадкових поверхонь, аналіз причин несправностей, регламентоване складання та підсумкова перевірка роботи вузла після ремонту.

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ КОЛІСНОГО РЕДУКТОРА ТРАКТОРА ХТЗ-17221

2.1. Вихідні дані для розроблення технологічного процесу ремонту

Розроблення удосконаленої технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 повинно ґрунтуватися на аналізі конструкції вузла, умов його експлуатації, характеру типових дефектів, можливостей ремонтної майстерні та вимог до якості відновлення працездатності трансмісії. Колісний редуктор є відповідальним вузлом, через який крутний момент передається до ведучого колеса, тому помилки під час ремонту можуть спричинити підвищений шум, перегрівання, витікання мастила, руйнування підшипників, пошкодження зубчастого зачеплення та повторний вихід трактора з експлуатації.

На відміну від нескладних ремонтних операцій, ремонт колісного редуктора потребує комплексного підходу. Недостатньо лише замінити очевидно пошкоджену деталь. Необхідно встановити причину несправності, оглянути стан пов'язаних елементів, перевірити якість посадок, справність ущільнень, стан підшипникових опор, зубчастих коліс валів і корпусу. Саме тому вихідні дані для розроблення технологічного процесу мають охоплювати не тільки конструктивну характеристику вузла, а й умови його роботи, вид ремонту, вимоги до дефектації, складання та контролю якості [7].

Об'єктом ремонту в цій роботі є колісний редуктор трактора ХТЗ-17221. За функціональним призначенням він належить до вузлів трансмісії, які забезпечують кінцеве передавання й перетворення крутного моменту до ведучого колеса. У процесі роботи цей вузол сприймає значні навантаження, що виникають під час виконання польових робіт, руху з причіпними агрегатами, подолання нерівностей, рушання з місця, буксування та маневрування.

Умови експлуатації трактора ХТЗ-17221 створюють підвищені вимоги до деталей колісного редуктора. Зубчасті колеса повинні зберігати правильний профіль зубців і забезпечувати плавне зачеплення. Підшипники мають працювати без люфтів, шуму й перегрівання. Корпусні деталі повинні забезпечувати точне розміщення валів і підшипникових опор. Ущільнення мають

запобігати витікнню мастила та проникненню пилу, вологи й абразивних частинок усередину вузла.

Під час розроблення технологічного процесу ремонту приймаються такі вихідні положення: ремонт виконується в умовах ремонтної майстерні аграрного підприємства або навчально-виробничої майстерні; основними роботами є демонтаж, розбирання, очищення, дефектація, заміна або відновлення деталей, складання, регулювання та контроль; технологія повинна бути придатною для повторного застосування та не залежати повністю від індивідуального досвіду виконавця.

Основні вихідні дані для проєктування технологічного процесу ремонту колісного редуктора наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Вихідні дані для розроблення технологічного процесу ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221

Показник	Прийнята характеристика
Об'єкт ремонту	Колісний редуктор трактора ХТЗ-17221
Вид ремонтного впливу	Післяремонтний ремонт з удосконаленням технології дефектації, складання та контролю
Функціональне призначення вузла	Передавання й перетворення крутного моменту до ведучого колеса
Основні деталі, що підлягають контролю	Корпус, кришки, зубчасті колеса, вали, підшипники, ущільнення, кріпильні елементи
Основні умови роботи	Змінні тягові навантаження, вібрація, пил, волога, температурні коливання
Основні види дефектів	Зношування зубців, пошкодження підшипників, люфти, витікання мастила, злизування посадок, пошкодження ущільнень
Місце виконання ремонту	Ремонтна майстерня або навчально-виробничий ремонтний пост
Основна мета технології	Підвищення якості ремонту, зменшення повторних відмов і забезпечення надійної роботи редуктора
Очікуваний результат	Відновлення працездатності колісного редуктора та підвищення ресурсу вузла

Наведені в таблиці 2.1 дані визначають загальну логіку побудови технологічного процесу. Особливу увагу слід приділити дефектації деталей, оскільки саме на цьому етапі приймається рішення про можливість подальшого використання, відновлення або заміни кожного елемента. Для вузла трансмісії недостатньо лише візуального огляду: необхідно застосувати вимірвальний

інструмент, перевіряти посадкові поверхні, люфти, сліди перегрівання, стан мастила та характер зношування.

Технологічний процес ремонту повинен забезпечувати послідовність і контрольованість робіт. Кожна операція має завершуватися конкретним результатом: після очищення деталі повинні бути придатними до дефектації; після дефектації має бути прийняте рішення щодо ремонтпридатності; після складання необхідно перевірити правильність взаємного положення деталей; після регулювання — переконатися у відсутності заїдання, люфтів і стороннього шуму.

Отже, вихідні дані для проектування технологічного процесу свідчать про необхідність розроблення не спрощеної, а комплексної технології ремонту колісного редуктора. Така технологія повинна враховувати конструктивну відповідальність вузла, важкі умови експлуатації трактора ХТЗ-17221, характер типових дефектів і потребу в обов'язковому контролі якості після ремонту.

2.2. Дефектація деталей колісного редуктора та визначення їх ремонтпридатності

Дефектація деталей колісного редуктора є одним із найвідповідальніших етапів ремонтного процесу. Її основне завдання полягає у визначенні фактичного технічного стану кожної деталі, виявленні дефектів, оцінюванні причин їх виникнення та прийнятті рішення щодо подальшого використання, відновлення або заміни. Якість дефектації безпосередньо впливає на ресурс відремонтованого вузла, оскільки невиявлений дефект може призвести до повторної несправності після складання й установлення редуктора на трактор.

Перед дефектацією всі деталі необхідно ретельно очистити від мастила, бруду, пилу, продуктів зношування та корозійних відкладень. Забруднення можуть приховувати тріщини, задири, викришування зубців, сліди перегрівання, пошкодження ущільнювальних поверхонь і зношування посадкових місць. Тому очищення потрібно розглядати не як допоміжну, а як обов'язкову підготовчу операцію перед контролем [8].

Під час дефектації колісного редуктора перевіряють корпус, кришки, зубчасті колеса, вали, осі, підшипники, ущільнення, шліцьові з'єднання, посадкові поверхні, різьбові отвори та кріпильні елементи. Кожна з цих деталей виконує власну функцію, але всі вони працюють у взаємозв'язку. Наприклад, пошкодження підшипника може спричинити перекіс зубчастих коліс, а зношування посадкового місця — повторний вихід нового підшипника з ладу.

Корпус редуктора необхідно перевіряти на наявність тріщин, деформацій, пошкодження різьбових отворів, зношування посадкових місць під підшипники та кришки. Корпусні деталі визначають точність розміщення всіх елементів вузла, тому навіть незначні пошкодження можуть вплинути на роботу редуктора. Якщо корпус має тріщини або значні деформації, його подальше використання є недоцільним.

Зубчасті колеса перевіряють за станом зубців, наявністю викришування, задирів, рисок, нерівномірного зношування, тріщин і слідів перегрівання. Особливо важливо оцінити характер контакту зубчастої пари. Якщо зношування має одnobічний або плямистий характер, це може свідчити про перекіс, неправильне складання, пошкодження підшипників або зношування посадкових поверхонь.

Підшипники перевіряють на плавність обертання, наявність шуму, люфту, пошкодження доріжок кочення, тіл кочення та сепаратора. Навіть якщо підшипник зовні не має явних пошкоджень, але під час обертання відчувається заїдання, шум або нерівномірність ходу, його доцільно замінити. Повторне використання сумнівних підшипників у колісному редукторі може спричинити швидке руйнування вузла.

Ущільнення перевіряють на еластичність, наявність тріщин, розривів, втрату форми та сліди пропускання мастила. Оскільки ущільнення безпосередньо впливають на герметичність редуктора, їх доцільно замінювати під час ремонту, якщо є хоча б незначні ознаки старіння або пошкодження. Також необхідно перевіряти поверхні валів, по яких працює ущільнення, оскільки навіть нове ущільнення не забезпечить герметичності за наявності глибоких рисок або зношування.

Основні деталі колісного редуктора, можливі дефекти та рішення щодо ремонтпридатності наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Дефектація деталей колісного редуктора та рішення щодо їх ремонтпридатності

Деталь або вузол	Можливі дефекти	Спосіб виявлення	Рішення за результатами дефектації
Корпус редуктора	Тріщини, деформація, зношування посадочних місць, пошкодження різьб	Огляд, вимірювання, перевірка посадок	Відновити за можливості або замінити
Кришки редуктора	Деформація, пошкодження площин прилягання, тріщини	Огляд, контроль площинності	Відновити або замінити
Зубчасті колеса	Зношування зубців, закришування, задир і тріщини	Огляд, контроль профілю та контакту зубців	Замінити при значних пошкодженнях
Вали	Зношування посадок, шліців, фаски, деформація	Огляд, вимірювання, контроль біття	Відновити або замінити
Підшипники	Люфт, шум, пошкодження тіл і дорожок кочення	Огляд, перевірка обертання, контроль люфту	Замінити
Ущільнення	Тріщини, втрата еластичності, сліди пропускання мастила	Візуальний огляд	Замінити
Кріпильні елементи	Пошкодження різьби, зрив граней, деформація	Огляд, пробне загвинчування	Замінити
Масильний матеріал	Забруднення, металева стружка, зміна кольору	Огляд, оцінка стану мастила	Замінити, перевірити причину забруднення

Дані таблиці 2.2 показують, що дефектація повинна охоплювати не лише основні деталі, а й допоміжні елементи, які забезпечують герметичність, правильне складання та стабільну роботу вузла. Практика ремонту свідчить, що повторні відмови часто виникають саме через недооцінювання стану ущільнень, посадкових поверхонь, кріплень і підшипників.

Ремонтпридатність деталей визначають за трьома основними критеріями: технічним, економічним і безпековим. Технічний критерій передбачає можливість відновлення форми, розмірів або функціональних властивостей

деталі. Економічний критерій враховує доцільність відновлення порівняно із заміною. Безпековий критерій є визначальним для деталей, від яких залежить надійність трансмісії. Якщо після відновлення неможливо гарантувати надійну роботу деталі, її необхідно замінити.

Особливу увагу потрібно приділяти аналізу причин дефектів. Якщо зубчасте колесо має нерівномірне зношування, необхідно перевірити підшипники та посадкові місця. Якщо в редукторі виявлено забруднене мастило, потрібно перевірити ущільнення та герметичність корпусу. Якщо підшипник має сліди перегрівання, необхідно оцінити рівень мастила, правильність складання й умови роботи вузла.

Отже, дефектація деталей колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 повинна бути комплексною та послідовною. Її результатом має бути не лише перелік пошкоджених деталей, а й обґрунтоване рішення щодо їх подальшого використання, відновлення або заміни. Саме повна дефектація створює основу для якісного ремонту й запобігання повторним несправностям.

2.3. Розроблення раціональної послідовності операцій ремонту

Раціональна послідовність операцій ремонту колісного редуктора повинна забезпечувати повне відновлення працездатності вузла з дотриманням вимог якості, безпеки та ремонтної технологічності. Порушення послідовності робіт може призвести до пропуску важливих етапів, пошкодження деталей, неправильного складання або недостатнього контролю після ремонту.

Ремонтний процес доцільно будувати за принципом переходу від загального діагностування до детальної дефектації, а потім — до відновлення, складання, регулювання й контролю. Такий підхід дозволяє поступово уточнювати характер несправності, не виконувати зайві операції та не встановлювати в редуктор деталі з невизначеним технічним станом [7].

Перед початком ремонту трактор необхідно встановити на рівному ремонтному посту, зафіксувати від переміщення, очистити зону розгашування редуктора та підготувати інструмент. Якщо редуктор демонтується з трактора,

необхідно забезпечити безпечне піднімання й фіксацію відповідної частини машини, щоб уникнути травмування працівника або пошкодження деталей.

Першим технологічним етапом є попереднє діагностування. На цьому етапі оцінюють зовнішні ознаки несправності: шум, перегрівання, витікання мастила, люфт у колесі, сліди пошкодження корпусу або кріплень. Також доцільно враховувати інформацію від механізатора щодо умов, за яких проявилася несправність. Це допомагає правильно визначити напрям подальшої дефектації.

Після демонтажу редуктор розбирають із дотриманням послідовності, що не допускає пошкодження посадкових поверхонь, різьб, ущільнювальних площин і зубчастих коліс. Деталі потрібно складати групами, щоб зберегти їх комплектність і полегшити подальше складання. Підшипники, шайби, кільця, кришки й кріпильні елементи бажано розміщувати окремо.

Після розбирання збов'язково виконують очищення деталей. Лише після цього проводиться дефектація, оскільки заруднення можуть приховувати пошкодження. Далі приймається рішення щодо заміни або відновлення деталей. Завершальними етапами є складання, регулювання, заливання мастила та контроль роботи редуктора.

Раціональну послідовність операцій ремонту колісного редуктора наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Раціональна послідовність операцій ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221

№ операції	Назва операції	Зміст робіт	Контрольний результат
1	Підготовка операція	Підготувати пост, інструмент, пристрої, тару для деталей	Робоче місце готове до ремонту
2	Попереднє діагностування	Оцінити шум, люфти, витікання мастила, нагрівання, стан кріплень	Визначено характер несправності
3	Підготовка трактора	Установити та зафіксувати трактор, забезпечити доступ до редуктора	Трактор безпечно підготовлено

4	Демонтаж редуктора	Від'єднати редуктор або його елементи від трактора	Вузол знято без пошкоджень
5	Розбирання редуктора	Розібрати вузол на деталі й складальні одиниці	Деталі розкладено за групами
6	Очищення деталей	Видалити мастило, бруд, продукти зношування, корозійні відкладення	Деталі готові до дефектації
7	Дефектація	Перевірити корпус, зубчасті колеса, вали, підшипники, ущільнення	Визначено придатність деталей
8	Відновлення або заміна	Відновити придатні деталі або замінити непридатні	Вузол укомплектовано справними деталями
9	Підготовка до складання	Перевірити чистоту, комплектність, стан посадок і ущільнень	Деталі готові до складання
10	Складання редуктора	Установити вали, зубчасті колеса, підшипники, кришки, ущільнення	Вузол складено технологічно правильно
11	Регулювання	Перевірити люфти, легкість обертання, правильність зачеплення	Редуктор працює без заїдання
12	Заправлення мастилом	Залити мастильний матеріал відповідно до вимог експлуатації	Забезпечено умови мащення
13	Підсумковий контроль	Перевірити герметичність, шум, нагрівання, плавність роботи	Редуктор придатний до експлуатації
14	Оформлення результатів	Записати виконані роботи та замінені деталі	Ремонт задокументовано

Послідовність, наведена в таблиці 2.3, дозволяє уникнути типових помилок ремонту: складання вузла без повної дефектації, повторного використання сумнівних підшипників, установлення зношених ущільнень, пропуску контролю посадкових місць або відсутності перевірки після складання.

Важливим елементом удосконаленої технології є введення проміжного контролю. Наприклад, після очищення перевіряють готовність деталей до дефектації; після дефектації — правильність прийнятих рішень щодо заміни або

відновлення; після складання — комплектність і чистоту деталей; після складання — легкість обертання, відсутність перекосів і заїдання. Такий підхід дозволяє виявляти помилки до завершення ремонту.

Отже, раціональна послідовність операцій ремонту колісного редуктора повинна забезпечувати системність, контрольованість і повторюваність ремонтного процесу. Вона є основою для розроблення технологічної карти та підвищення якості ремонту трактора ХТЗ-17221.

2.4 Вибір обладнання, пристроїв, інструменту та засобів контролю

Вибір обладнання, пристроїв, інструменту та засобів контролю має відповідати характеру ремонтних операцій і конструктивній складності колісного редуктора. Недостатнє оснащення робочого місця призводить до спрощення технології, пошкодження деталей під час демонтажу, неточної дефектації та помилок під час складання. Тому для ремонту редуктора необхідно передбачити не лише слюсарний інструмент, а й засоби вимірювання, пристрої для безпечного демонтажу та обладнання для очищення деталей.

Ремонтний пост повинен забезпечувати можливість безпечного розміщення трактора, демонтажу вузла, розбирання редуктора на верстаку, очищення деталей, вимірального контролю, складання та перевірки. Для роботи з важкими деталями потрібно використовувати пристрої, що зменшують фізичне навантаження на працівника й запобігають пошкодженню деталей.

Для розбирання колісного редуктора застосовують гайкові ключі, торцеві головки, воротки, знімачі, лещата з м'якими накладками, пристрої для зняття підшипників і кришок. Не допускається демонтаж підшипників або зубчастих коліс ударами по робочих поверхнях, оскільки це може пошкодити деталі та ускладнити їх подальшу дефектацію.

Для очищення деталей використовують мийну ванну, щітки, скребки, протиральні матеріали, стиснене повітря та дозволені очищувальні засоби. При цьому не слід застосовувати способи очищення, які можуть пошкодити посадкові або ущільнювальні поверхні. Після очищення деталі мають бути сухими, чистими й готовими до контролю.

Для дефектації необхідні штангенциркуль, мікрометр, нутромір, індикатор годинникового типу, щупи, лінійка, технічна лупа та інші засоби контролю. З їх допомогою перевіряють розміри посадкових поверхонь, зазори, люфти, биття, стан зубчастих коліс, підшипників і корпусних елементів. Візуальний огляд є важливим, але недостатнім для такого відповідального вузла.

Основне обладнання, інструмент і засоби контролю для ремонту колісного редуктора наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Обладнання, інструмент і засоби контролю для ремонту колісного редуктора

Найменування	Призначення
Ремонтний пост	Розміщення трактора під час ремонту
Домкрат, підставки, противідкотні упори	Безпечна фіксація трактора та доступ до вузла
Слюсарний верстак	Розбирання, дефектація та складання деталей
Лещата з м'якими накладками	Фіксація деталей без пошкодження поверхонь
Комплект ключів і торцевих головок	Демонтаж і складання різьбових з'єднань
Знімачі підшипників і шестерень	Демонтаж деталей без ударного навантаження
Динамометричний ключ	Контрольоване затягування відповідальних кріплень
Мийна ванна та очищувальні засоби	Підготовка деталей до дефектації
Штангенциркуль і мікрометр	Контроль зовнішніх розмірів деталей
Нутромір	Перевірка внутрішніх посадкових поверхонь
Індикатор годинникового типу	Контроль биття та люфтів
Щупи	Перевірка зазорів
Технічна лупа	Виявлення дрібних тріщин і пошкоджень
Ємності для деталей і відходів	Збереження комплектності та чистоти робочого місця

Застосування засобів, наведених у таблиці 2.4, дозволяє виконувати ремонт не формально, а з необхідним рівнем контролю. Особливо важливими є знімачі та вимірювальні прилади. Знімачі дають змогу демонтувати підшипники й шестерні без пошкодження посадкових поверхонь. Вимірювальні засоби дозволяють приймати обґрунтовані рішення щодо ремонтпридатності деталей.

Вибір обладнання також повинен враховувати вимоги охорони праці. Під час ремонту редуктора можливі операції з важкими деталями, тому робоче місце має бути організоване так, щоб уникнути падіння вузлів, защемлення рук, травмування під час демонтажу та забруднення робочої зони мастильними матеріалами [16].

Отже, правильний вибір обладнання, пристроїв, інструменту та засобів контролю є необхідною умовою якості ремонту колісного редуктора. Саме належне оснащення дозволяє забезпечити точну дефектацію, безпечний демонтаж, правильне складання та надійний підсумковий контроль.

2.5. Обґрунтування режимів виконання основних ремонтних операцій

Обґрунтування режимів виконання ремонтних операцій передбачає визначення раціональних умов, послідовності й способів виконання основних робіт. Для колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 такими операціями є демонтаж, розбирання, очищення, дефектація, відновлення або заміна деталей, складання, регулювання, заправлення мастилом і контроль роботи.

Під час демонтажу редуктора необхідно забезпечити безпечну фіксацію трактора й уникати ударних навантажень на корпусні деталі, вали та зубчасті колеса. Демонтаж слід виконувати справним інструментом, поступово послаблюючи кріплення й контролюючи положення деталей. Якщо окремі елементи мають щільну посадку, необхідно застосовувати знімачі, а не ударний демонтаж.

Розбирання редуктора має виконуватися в такій послідовності, щоб не пошкодити спряжені поверхні. Доцільно спочатку знімати кришки, ущільнення, стопорні елементи, потім демонтувати підшипникові вузли, вали й зубчасті колеса. Деталі потрібно маркувати або розкладати за групами, щоб зберегти їх взаємну орієнтацію та спростити подальше складання.

Режим очищення має забезпечувати повне видалення мастильних залишків, абразивних частинок, продуктів зношування та корозійних відкладень. Особливо ретельно очищують зубчасті колеса, підшипникові місця, канали

машення, ущільнювальні площини та різьбові отвори. Очищення повинно завершуватися контролем чистоти деталей.

Дефектація виконується після очищення. Її режим передбачає спочатку візуальний огляд, потім вимірювальний контроль. Така послідовність є доцільною, оскільки явні дефекти можна виявити швидко, а сумнівні або приховані дефекти потребують додаткового інструментального контролю. Під час дефектації не допускається прийняття рішень лише на основі приблизної оцінки.

Відновлення деталей виконується лише тоді, коли воно технічно й економічно доцільне. Незначні пошкодження посадкових або ущільнювальних поверхонь можуть бути усунені механічною обробкою, поліруванням або іншими ремонтними способами. Однак деталі з тріщинами, значним зношуванням зубців, пошкодженими підшипниковими поверхнями або небезпечними дефектами доцільно замінювати.

Складання редуктора повинно виконуватися в чистих умовах. Перед складанням перевіряють комплектність деталей, стан ущільнень, підшипників, зубчастих коліс, корпусу та кріплень. Усі деталі повинні бути чистими й придатними до встановлення. Підшипники та зубчасті колеса встановлюють без перекося, із дотриманням правильного взаємного положення.

Регулювання після складання передбачає перевірку легкості обертання, відсутності заїдання, стороннього шуму, надмірних люфтів і неправильного контакту в зачепленні. Якщо під час перевірки виявлено туге обертання, шум або нагрівання, вузол не можна допускати до експлуатації без повторної перевірки.

Основні режими виконання ремонтних операцій наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Режими виконання основних ремонтних операцій колісного редуктора

Операція	Умови виконання	Контрольний результат
Демонтаж редуктора	На зафіксованому тракторі, із застосуванням справнього інструменту	Вузол знято без пошкоджень
Розбирання	На верстаку, з використанням знімачів і ємностей для деталей	Деталі розібрано та збережено комплектність

Очищення	До дефектації, з видаленням мастила, бруду та продуктів зношування	Деталі придатні до огляду й вимірювання
Дефектація	Після очищення, із застосуванням візуального та вимірювального контролю	Визначено придатність деталей
Відновлення або заміна	За результатами дефектації	Вузол укомплектовано справними деталями
Складання	У чистих умовах, із контролем положення деталей	Редуктор складено без перекосів
Регулювання	Після складання, з перевіркою обертання та люфтів	Забезпечено нормальну роботу вузла
Заправлення мастилом	Після складання й перевірки герметичності	Забезпечено нормальні умови мащення
Підсумковий контроль	Після встановлення або пробного обертання	Редуктор придатний до експлуатації

Обґрунтовані в таблиці 2.5 режими виконання операцій спрямовані на забезпечення якості ремонту. Їх головною метою — не просто виконати послідовність дій, а отримати контрольований результат на кожному етапі. Це особливо важливо для колісного редуктора, де помилка під час складання або пропуск дефектації може призвести до повторного руйнування вузла.

Отже, режими виконання ремонтних операцій повинні забезпечувати безпечний демонтаж, якісне очищення, достовірну дефектацію, обґрунтовану заміну або відновлення деталей, правильне складання, регулювання й контроль роботи редуктора. Саме це становить основу удосконаленої технології ремонту.

2.6. Розроблення технологічної карти ремонту колісного редуктора

Технологічна карта ремонту є основним документом, який визначає послідовність виконання операцій, зміст робіт, необхідний інструмент, обладнання та контрольні дії. Її застосування дозволяє стандартизувати ремонтний процес, зменшити залежність якості ремонту від досвіду окремого виконавця та забезпечити повторюваність результату [7].

Для колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 технологічна карта повинна включати всі основні етапи: підготовку, діагностування, демонтаж, розбирання, очищення, дефектацію, заміну або відновлення деталей, складання,

регулювання, заправлення мастилом і контроль роботи. Така карта має бути зручною для практичного використання в ремонтній майстерні.

Технологічну карту ремонту колісного редуктора наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Технологічна карта ремонту колісного редуктора трактора

ХТЗ-17221

№ операції	Назва операції	Зміст операції	Обладнання та інструмент	Контроль якості
1	Підготовка робочого місця	Підготувати пост, верстак, інструмент, ємності для деталей	Ремонтний пост, верстак, інструментальна шафа	Робоче місце підготовлено
2	Фіксація трактора	Установити трактор на рівну поверхню, зафіксувати упорами	Упори, підставки, домкрат	Трактор надійно зафіксовано
3	Попереднє діагностування	Перевірити шум, люфти, витікання мастила, нагрівання	Оглядові засоби, ручний інструмент	Визначено характер несправності
4	Демонтаж редуктора	Від'єднати редуктор або його елементи від трактора	Ключі, знімачі, підставки	Рузол демонтовано без пошкодження
5	Розбирання вузла	Зняти кришки, ущільнення, підшипники, вали, зубчасті колеса	Верстак, ключі, знімачі, лещата	Деталі розібрано за групами
6	Зливання та оцінка мастила	Злити мастило, оцінити наявність домішок і металевих частинок	Ємність для мастила, оглядові засоби	Визначено стан мастила
7	Попереднє очищення	Видалити грубі забруднення з деталей	Щітки, скребки, протиральні матеріали	Деталі очищено від основного бруду

8	Основне очищення	Очистити деталі до стану, придатного для дефектації	Мийна ванна, очищувач, стиснене повітря	Деталі готові до контролю
9	Дефектація корпусу	Перевірити тріщини, посадкові місця, різьбові отвори	Огляд, нутромір, лінійка	Визначено придатність корпусу
10	Дефектація зубчастих коліс	Перевірити зубці, профіль, сліди викривлення, контакт	Огляд, лупа, вимірювальний інструмент	Визначено стан зубчастих коліс
11	Дефектація валів	Перевірити посадки, шліци, риски, биття	Мікрометр, індикатор, цитангенциркуль	Визначено придатність валів
12	Дефектація підшипників	Перевірити люфт, шум, плавність обертання, пошкодження	Огляд, ручна перевірка, вимірювальний контроль	Прийнято рішення щодо заміни
13	Дефектація ущільнень і кріплень	Перевірити еластичність, тріщини, різьби, деформації	Огляд, пробне загвинчування	Непридатні елементи вилучено
14	Заміна або відновлення деталей	Замінити підшипники, ущільнення, пошкоджені зубчасті колеса або відновити придатні деталі	Запасні частини, слюсарний інструмент	Вузол укомплектовано справними деталями
15	Підготовка до складання	Перевірити чистоту деталей, комплектність, мастильні канали	Огляд, протиральні матеріали	Деталі готові до складання

16	Складання редуктора	Установити вали, підшипники, зубчасті колеса, кришки, ущільнення	Верстак, ключі, знімачі, динамометричний ключ	Редуктор складено правильно
17	Регулювання	Перевірити люфти, легкість обертання, правильність зачеплення	Щупи, індикатор, ручне повертання	Відсутні заїдання та надмірні люфти
18	Заправлення мастилом	Залити мастило до необхідного рівня	Ємність для мастила контрольний отвір	Забезпечено умови мащення
19	Установлення на трактор	Установити редуктор на місце, закріпити, перевірити з'єднання	Підймальний пристрій, ключі	Вузол установлено на трактор
20	Підсумковий контроль	Перевірити герметичність, шум, плавність роботи, відсутність нагрівання	Огляд, пробне обертання, контроль після роботи	Редуктор придатний до експлуатації
21	Оформлення документації	Зафіксувати виконачі роботи, замінені деталі та результати контролю	Дефектаційна відомість, журнал ремонту	Ремонт документально підтверджено

Технологічна карта, наведена в таблиці 2.6, забезпечує чіткий порядок виконання ремонтних робіт. Її перевагою є те, що вона передбачає не лише розбирання та складання, а й обов'язкову оцінку мастила, дефектацію всіх основних елементів, контроль перед складанням і підсумкову перевірку.

Особливо важливим елементом технологічної карти є документування результатів дефектації. У дефектаційній відомості докладно зазначати назву

деталі, виявлений дефект, прийняте рішення та виконану дію. Це дає змогу обґрунтувати заміну деталей і в подальшому аналізувати повторні несправності.

Застосування технологічної карти дозволяє підвищити культуру ремонту, забезпечити послідовність робіт і зменшити ризик випадкових помилок. Для навчально-виробничої майстерні така карта має також методичне значення, оскільки допомагає здобувачам освіти зрозуміти логіку ремонтного процесу.

Отже, розроблена технологічна карта є практичною основою удосконаленої технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221. Вона забезпечує повний цикл ремонтних робіт і створює умови для якісного відновлення працездатності вузла.

2.7. Контроль якості відремонтованого колісного редуктора

Контроль якості відремонтованого колісного редуктора є завершальним етапом технологічного процесу. Його мета полягає в підтвердженні того, що після ремонту вузол є працездатним, герметичним, правильно складеним і готовим до подальшої експлуатації. Без такого контролю неможливо гарантувати, що ремонт виконано якісно.

Контроль якості повинен виконуватися не лише після остаточного складання, а й на проміжних етапах. Після дефектації перевіряють правильність прийнятих рішень щодо деталей. Перед складанням оцінюють чистоту та комплектність вузла. Після складання перевіряють легкість обертання, відсутність заїдання, шуму, перекосів і надмірних люфтів. Після встановлення на трактор контролюють герметичність і роботу редуктора під час пробного руху.

Особливу увагу слід приділяти герметичності. Якщо після ремонту з'являються сліди витікання мастила, це свідчить про неправильне встановлення ущільнення, пошкодження поверхні вала, деформацію кришки або недостатнє затягування кріплень. Такий вузол не можна вважати повністю придатним до експлуатації.

Не менш важливо перевірити відсутність стороннього шуму й перегрівання. Шум може свідчити про неправильне зачеплення зубчастих коліс, пошкодження підшипників, надмірний люфт або неправильне складання.

Перегрівання може виникати через недостатнє мащення, перекіс деталей, заїдання підшипників або надмірне затягування окремих елементів.

Основні параметри контролю якості відремонтованого колісного редуктора наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Контроль якості відремонтованого колісного редуктора

Контрольований параметр	Спосіб перевірки	Ознака якісного ремонту
Правильність складання	Візуальний огляд, перевірка положення деталей	Деталі встановлено правильно, кріплення надійне
Легкість обертання	Ручне проєртання або пробне обертання	Відсутні заїдання та різкі опори
Люфти	Перевірка вручну, індикатором або щупами	Люфти не перевищують допустимих значень
Стан зубчастого зачеплення	Оцінка плавності роботи, шуму, контакту	Редуктор працює рівномірно
Герметичність	Огляд після заправлення мастилом і пробної роботи	Відсутні сліди витікання мастила
Робота підшипників	Оцінка шуму, нагрівання, плавності обертання	Підшипники працюють без шуму й перегрівання
Рівень мастила	Перевірка через контрольний отвір або відповідний спосіб	Мастило залито до потрібного рівня
Кріпильні з'єднання	Перевірка затягування	Кріплення не ослаблені
Робота після встановлення	Пробний пух або контрольне обертання	Бузол працює без шуму, перегрівання й витікання

Аналіз таблиці 2.7 показує, що контроль якості повинен бути комплексним. Не можна обмежуватися лише перевіркою факту складання вузла. Необхідно переконатися, що редуктор обертається плавно, не має стороннього шуму, не перегрівається, не пропускає мастило та не має небезпечних люфтів.

Після встановлення редуктора на трактор доцільно виконати пробну перевірку. Спочатку контролюють роботу вузла без значного навантаження, потім — після короткочасної роботи трактора. Після пробної роботи потрібно повторно оглянути редуктор на наявність витікання мастила, перегрівання, стороннього шуму або ослаблення кріплень.

Якщо під час контролю виявлено несправності, редуктор не допускається до експлуатації до повного усунення недоліків. Це принципово важливо, оскільки робота вузла з прихованими дефектами може призвести до серйозного руйнування трансмісії та додаткових витрат на ремонт.

Документування результатів контролю є важливою частиною удосконаленої технології. У ремонтній документації доцільно зазначити перелік заміненних деталей, виконані операції, результати перевірки герметичності, оцінку роботи редуктора та висновок про придатність до експлуатації.

Отже, контроль якості відремонтованого колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 є обов'язковою умовою завершення ремонту. Він забезпечує підтвердження працездатності вузла, зменшує ризик повторної несправності та підвищує надійність подальшої експлуатації трактора.

Висновки до розділу 2

У другому розділі бакалаврської дипломної роботи розроблено удосконалену технологію ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221. Визначено вихідні дані для проектування технологічного процесу, обґрунтовано необхідність комплексної дефектації деталей, розроблено раціональну послідовність операцій ремонту, підбрано обладнання, пристрої, інструмент і засоби контролю.

Встановлено, що ремонт колісного редуктора повинен включати не лише демонтаж, розбирання та заміну пошкоджених деталей, а й повне очищення, оцінку стану мастила, контроль зубчастих коліс, підшипників, валів, корпусу, ущільнень, посадкових поверхонь і кріпильних елементів.

Розроблена технологічна карта ремонту передбачає послідовне виконання всіх основних операцій і контроль якості на кожному важливому етапі. Такий

підхід дозволяє зменшити ймовірність повторних несправностей, підвищити якість складання та забезпечити стабільну роботу редуктора після ремонту.

Особливу увагу приділено контролю якості відремонтованого вузла. Визначено, що після ремонту необхідно перевіряти правильність складання, легкість обертання, відсутність заїдання, люфтів, шуму, перегрівання та витікання мастила. Лише після позитивних результатів контролю колісний редуктор може бути допущений до експлуатації.

Отже, запропонована удосконалена технологія ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 є технічно обґрунтованою та практично придатною для використання в ремонтних майстернях аграрних підприємств і навчально-виробничих майстернях.

РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ ПІД ЧАС РЕМОНТУ КОЛІСНОГО РЕДУКТОРА

3.1. Організація робочого місця слюсаря-ремонтника

Організація робочого місця слюсаря-ремонтника є важливою умовою якісного та безпечного виконання ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221. Колісний редуктор належить до відповідальних вузлів трансмісії, тому ремонтні операції повинні виконуватися в упорядкованих умовах, із застосуванням справного інструменту, пристроїв, засобів очищення та контрольовано-вимірювального обладнання. Нераціональна організація робочого місця може призвести до втрат часу, пошкодження деталей, помилок під час складання, порушення чистоти вузла та зниження якості ремонту [7].

Робоче місце слюсаря-ремонтника повинно забезпечувати зручний доступ до трактора, можливість безпечного демонтажу колісного редуктора, розбирання вузла, очищення деталей, проведення дефектації, відновлення або заміни деталей, складання, регулювання й контролю якості. Для цього доцільно використовувати спеціально підготовлений ремонтний мост із рівною твердою підлогою, достатнім освітленням, вентиляцією, місцем для розміщення інструменту, слюсарним верстаком і зонами для чистих та забруднених деталей.

Перед початком ремонту трактор необхідно встановити на рівний майданчик, зафіксувати противідкотними упорами, вимкнути двигун і забезпечити безпечний доступ до вузла трансмісії. Якщо для демонтажу колісного редуктора потрібно підняти частину трактора, необхідно застосовувати справний домкрат, підставки та інші засоби фіксації. Виконання робіт із вузлами трансмісії без надійної фіксації машини є неприпустимим, оскільки створює небезпеку травмування працівника [16].

Після демонтажу колісного редуктора його доцільно розміщувати на слюсарному верстаку або спеціальній підставці. Робоча поверхня повинна бути чистою, стійкою та достатньою за площею для розкладання деталей. Під час розбирання важливо зберігати послідовність розміщення елементів: кришки, кріплення, підшипники, кільця, ущільнення, зубчасті колеса, вали та інші деталі

слід складати скремо. Це запобігає втраті дрібних деталей і полегшує подальше складання вузла.

Особливу увагу необхідно приділяти чистоті робочого місця. Колісний редуктор працює в мастильному середовищі, тому під час ремонту утворюються забруднення у вигляді відпрацьованого мастила, металевих частинок, пилю, залишків ущільнювальних матеріалів і протиральних відходів. Якщо не організувати окреме місце для очищення деталей, забруднення можуть повторно потрапити на посадкові поверхні, підшипники, зубчасті колеса або ущільнення.

Для якісного ремонту колісного редуктора робоче місце повинно мати необхідне оснащення. Основні елементи оснащення наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Оснащення робочого місця слюсаря-ремонтника під час ремонту колісного редуктора

Найменування оснащення	Призначення
Ремонтний пост	Розміщення трактора під час демонтажу та встановлення редуктора
Противідкотні упори, домкрати, підставки	Безпечна фіксація трактора та забезпечення доступу до вузла
Слюсарний верстак	Розбирання, дефектація, підготовка та складання деталей
Лещата з м'якими накладками	Фіксація деталей без пошкодження робочих поверхонь
Комплект гайкових ключів і торцевих головок	Демонтаж і складання різьбових з'єднань
Знімачі підшипників і шестерень	Демонтаж деталей без ударного навантаження
Динамометричний ключ	Контрольоване затягування відповідальних кріплень
Мийна ванна, щітки, протиральні матеріали	Очищення деталей перед дефектацією
Штангенциркуль, мікрометр, нутромір, індикатор	Контроль розмірів, посадок, люфтів і биття
Ємності для деталей і відходів	Збереження комплектності деталей і впорядкування робочого місця
Засоби індивідуального захисту	Захист працівника під час ремонтних операцій

Наведене в таблиці 3.1 оснащення дозволяє виконати ремонт колісного редуктора без спрощення технологічного процесу. Особливо важливими є знімачі та контрольно-вимірювальні засоби. Використання знімачів дає змогу демонтувати підшипники й зубчасті колеса без пошкодження посадкових

поверхонь. Застосування вимірювального інструменту дозволяє не обмежуватися лише візуальним оглядом, а приймати технічно обґрунтовані рішення щодо ремонтпридатності деталей.

Раціональна організація робочого місця також передбачає дотримання послідовності ремонтного процесу. Спочатку виконуються підготовчі операції, потім демонтаж і розбирання, далі очищення, дефектація, відновлення або заміна деталей, складання, регулювання та контроль. Якщо ця послідовність порушується, зростає ймовірність помилок, повторного розбирання вузла або встановлення деталей із невиявленими дефектами.

Отже, правильно організоване робоче місце слюсаря-ремонтника є необхідною умовою удосконаленої технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221. Воно забезпечує безпечність робіт, зменшує непродуктивні витрати часу, підвищує точність дефектації, зберігає комплектність деталей і створює умови для якісного складання та контролю відремонтованого вузла.

3.2. Нормування ремонтних робіт і визначення трудомісткості

Нормування ремонтних робіт є важливою складовою організаційно-економічного обґрунтування технології ремонту колісного редуктора. Воно дозволяє визначити орієнтовні витрати робочого часу на виконання основних операцій, оцінити завантаження виконавця, порівняти традиційний та удосконалений підходи до ремонту, а також обґрунтувати доцільність запропонованої технології [15].

Трудомісткість ремонту колісного редуктора залежить від багатьох чинників. До них належать технічний стан вузла, ступінь забруднення, складність демонтажу, стан крипильних з'єднань, рівень зношування деталей, наявність необхідних запасних частин, оснащеність робочого місця, кваліфікація слюсаря-ремонтника та повнота дефектації. Якщо ремонт виконується без технологічної карти, фактичні витрати часу можуть збільшуватися через повторні перевірки, пошук інструменту, неправильну послідовність операцій або несвоєчасне виявлення дефектів.

У межах цієї роботи трудомісткість визначається як орієнтовна проектна величина. Вона може уточнюватися в умовах конкретної ремонтної майстерні залежно від фактичного стану трактора ХТЗ-17221, доступного обладнання, кваліфікації працівника та прийнятої організації праці. Разом із тим наведені значення дають змогу оцінити структуру витрат часу та визначити найбільш трудомісткі етапи ремонту.

Ремонт колісного редуктора доцільно розподілити на кілька груп операцій: підготовчі, діагностичні, розбірно-мийні, дефектаційні, відновлювальні, складально-регулювальні та контрольні. Найбільшу питому вагу зазвичай мають демонтаж, розбирання, очищення, дефектація та складання, оскільки саме ці операції потребують найбільшої уважності й безпосередньо впливають на якість ремонту.

Орієнтовну трудомісткість ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 за удосконаленою технологією наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Орієнтовна трудомісткість ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221

№ п/п	Назва операції	Орієнтовна трудомісткість, нормо-год
1	Підготовка робочого місця, інструменту та трактора до ремонту	0,60
2	Попереднє діагностування колісного редуктора	0,45
3	Зливання мастила та оцінювання його стану	0,25
4	Демонтаж колісного редуктора з трактора	1,10
5	Розбирання колісного редуктора	0,90
6	Очищення корпусу, зубчастих коліс, валів і кришок	0,85
7	Дефектація деталей редуктора	1,10
8	Відновлення або заміна несправних деталей	1,20
9	Підготовка деталей до складання	0,35
10	Складання колісного редуктора	1,00
11	Регулювання люфтів, зачеплення та перевірка легкості обертання	0,55
12	Заправлення мастилом і перевірка герметичності	0,35
13	Установлення редуктора на трактор	0,80

14	Підсумковий контроль роботи вузла	0,45
15	Оформлення результатів дефектації та ремонту	0,15
	Разом	10,10

З таблиці 3.2 видно, що загальна орієнтовна трудомісткість ремонту колісного редуктора становить 10,10 нормо-год. Найбільш трудомісткими є демонтаж, розбирання, дефектація, відновлення або заміна деталей і складання вузла. Це пояснюється складністю конструкції редуктора, необхідністю обережного поводження із зубчастими колесами, підшипниками, валами й корпусними деталями, а також потребою у точному контролі посадок і люфтів.

Удосконалена технологія ремонту не завжди зменшує первинну тривалість виконання робіт. Навпаки, окремі операції, зокрема очищення, дефектація та підсумковий контроль, можуть потребувати більше часу порівняно зі спрощеним традиційним підходом. Однак це збільшення є обґрунтованим, оскільки дозволяє зменшити ризик повторної несправності та підвищити ресурс вузла після ремонту.

Особливе значення має дефектація. Її трудомісткість є досить високою, однак саме вона дозволяє виявити приховані дефекти зубчастих коліс, підшипників, валів, корпусу, ущільнень і посадкових поверхонь. Якщо скоротити час на дефектацію, можна залишити в роботі деталі з пошкодженнями, які стануть причиною повторної відмови. Тому витрати часу на цей етап є технічно виправданими.

Під час нормування ремонтних робіт потрібно враховувати не лише трудомісткість одного ремонту, а й експлуатаційний ефект після його виконання. Якісний ремонт, виконаний за удосконаленою технологією, може зменшити кількість повторних звернень до майстерні, скоротити простой трактора та знизити витрати на запасні частини. Саме тому доцільно оцінювати не тільки швидкість ремонту, а й стабільність отриманого результату.

Отже, нормування ремонтних робіт показує, що запропонована технологія є практично придатною для умов ремонтної майстерні. Загальна трудомісткість є обґрунтованою для відповідального вузла трансмісії, а додаткові витрати часу

на діагностування, дефектацію та контроль компенсуються підвищенням якості ремонту й надійності колісного редуктора.

3.3. Оцінювання ефективності запропонованого удосконалення технології ремонту

Ефективність удосконаленої технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-1/221 доцільно оцінювати за сукупністю технічних, організаційних, економічних і експлуатаційних показників. Такий підхід є обгрунтованим, оскільки ремонт вузлів трансмісії впливає не лише на витрати робочого часу, а й на надійність трактора, тривалість його простоїв, витрати на запасні частини та стабільність виконання виробничих операцій.

Технічна ефективність запропонованого удосконалення полягає у підвищенні якості дефектації, кращому контролі посадкових поверхонь, зубчастого зачеплення, підшипників, ущільнень і корпусних деталей. За традиційного ремонту частина цих операцій може виконуватися поверхово або лише візуально. Удосконалена технологія передбачає застосування вимірювального інструменту, аналіз причин дефектів і обов'язкову перевірку вузла після складання.

Організаційна ефективність проявляється в упорядкуванні ремонтного процесу. Використання технологічної карти дозволяє чітко визначити послідовність робіт, уникнути пропуску важливих операцій, правильно організувати робоче місце й забезпечити повторюваність якості ремонту. Це зменшує залежність результату від індивідуального досвіду конкретного виконавця.

Економічна ефективність пов'язана зі зменшенням витрат, які виникають через повторні ремонти, простої трактора, передчасну заміну деталей і порушення строків виконання сільськогосподарських робіт. Навіть якщо удосконалена технологія потребує дещо більшої первинної трудомісткості, вона може бути вигіднішою в експлуатаційній перспективі завдяки зменшенню кількості повторних відмов.

Для порівняння традиційного й удосконаленого підходів до ремонту колісного редуктора наведено таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняльна оцінка традиційної та удосконаленої технологій ремонту колісного редуктора

Критерій оцінювання	Традиційний підхід	Удосконалена технологія
Діагностування	Переважно за зовнішніми ознаками	З урахуванням шуму, люфтів, мастила, герметичності та стану вузла
Очищення деталей	Може виконуватися неповно	Виконується до дефектації для підвищення точності контролю
Дефектація	Частково ручна або вибірна	Комплексна, з використанням засобів вимірювання
Контроль посадок	Не завжди виконується	Передбачений для корпусу, вальв і підшипників
Аналіз причин несправності	Обмежений	Передбачає встановлення першопричини дефекту
Складання	Значною мірою залежить від досвіду виконавця	Виконується за технологічною картою
Підсумковий контроль	Може бути спрощеним	Є обов'язковим етапом ремонту
Ризик повторної несправності	Вищий	Нижчий завдяки повнішому контролю

З таблиці 3.3 видно, що удосконалена технологія має переваги за більшістю важливих показників. Вона не обмежується заміною несправної деталі, а передбачає аналіз стану всього вузла. Це особливо важливо для колісного редуктора, оскільки його несправності часто мають взаємопов'язаний характер. Наприклад, зношування підшипників може спричинити пошкодження зубчастих коліс, а витікання мастила — перегрівання й прискорене зношування кількох деталей одночасно.

Експлуатаційний ефект запропонованої технології полягає у підвищенні надійності роботи редуктора після ремонту. Якщо деталі пройшли якісну дефектацію, а складання виконано правильно, зменшується ймовірність появи шуму, витікання мастила, перегрівання та люфтів. Це сприяє більш стабільній роботі трансмісії трактора ХТЗ-17221 у польових і транспортних умовах.

Окремо слід зазначити значення скорочення простоїв. У сільському господарстві тракторна техніка часто використовується у періоди, коли строки

виконання робіт є обмеженими. Повторна несправність колісного редуктора під час польових робіт може призвести до затримки технологічного процесу. Тому підвищення якості ремонту має пряме виробниче значення.

Запропонована технологія також має навчально-практичну цінність. Вона може використовуватися в навчально-виробничих майстернях для формування в здобувачів освіти правильного уявлення про ремонт вузлів трансмісії. Використання технологічної карти, дефектаційної відомості та засобів контролю допомагає сформувати професійний підхід до технічного сервісу машин.

Отже, запропоноване удосконалення технології ремонту колісного редуктора є доцільним. Воно забезпечує підвищення якості ремонту, зменшення ризику повторних несправностей, покращення організації ремонтного процесу, раціональніше використання запасних частин і підвищення експлуатаційної надійності трактора ХТЗ-17221.

3.4. Вимоги охорони праці під час ремонту вузлів трансмісії трактора

Ремонт вузлів трансмісії трактора, зокрема колісного редуктора, пов'язаний із підвищеною небезпекою, оскільки під час виконання робіт працівник контактує з важкими деталями, мастильними матеріалами, забрудненими поверхнями, ручним інструментом, підймальними пристроями та стисненим повітрям. Тому дотримання вимог охорони праці є обов'язковою умовою безпечного виконання ремонту [16].

До виконання ремонтних робіт повинні допускатися працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, знають будову вузлів трансмісії, порядок демонтажу та складання колісного редуктора, правила користування інструментом, домкратами, підставками, знімачами й мийними засобами. Працівник повинен використовувати спецодяг, захисне взуття, рукавиці, а під час очищення деталей або роботи зі стисненим повітрям — захисні окуляри.

Перед початком ремонту необхідно перевірити стан робочого місця, освітлення, вентиляції, інструменту та підймальних пристроїв. Трактор повинен бути встановлений на рівній поверхні та зафіксований протидіючими упорами. Якщо частина трактора підіймається, її необхідно встановити на

надійні підстаєки. Робота під трактором або біля вузла, який утримується лише домкратом, є небезпечною.

Під час демонтажу колісного редуктора необхідно враховувати масу вузла. Не допускається різке від'єднання редуктора без підтримки або використання допоміжних пристроїв. Важкі деталі потрібно знімати обережно, уникаючи падіння, защемлення рук і пошкодження посадкових поверхонь. Якщо деталь має щільну посадку, слід застосовувати знімачі, а не наносити удари по робочих поверхнях.

Основні небезпечні чинники під час ремонту колісного редуктора та заходи безпеки наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Небезпечні чинники під час ремонту колісного редуктора та заходи безпеки

Небезпечний чинник	Можливі наслідки	Заходи безпеки
Самовільне переміщення трактора	Травмування працівника, пошкодження обладнання	Фіксація трактора упорами, вимкнення двигуна
Падіння піднятої частини трактора	Тяжке травмування	Використання справних підставок і домкратів
Падіння колісного редуктора або його деталей	Удари, защемлення, пошкодження деталей	Використання допоміжних пристроїв і безпечних прийомів праці
Пошкоджений інструмент	Зрив кріплень, порізи, удари	Перевірка інструменту перед роботою
Забруднені мастилом поверхні	Ковзання, падіння, забруднення робочого місця	Своєчасне прибирання мастила, використання тари
Стиснене повітря	Потрапляння частинок в очі	Використання окулярів, заборона спрямовувати струмінь на людей
Очищувальні засоби	Подразнення шкіри, пожежна небезпека	Використання рукавиць і вентиляції
Гострі кромки деталей	Порізи, подрапини	Використання рукавиць, обережне поводження з деталями

З таблиці 3.4 видно, що найбільша небезпека виникає під час підготовки трактора, демонтажу важких деталей, очищення вузла та використання інструменту. Саме тому роботи потрібно виконувати без поспіху, із дотриманням технологічної послідовності та правил безпеки.

Під час очищення деталей необхідно уникати розбризкування мастильних матеріалів і розпилення пилу та продуктів зношування. Забруднені протиральні матеріали слід складати в окрему ємність. Забороняється очищати руки технічними розчинниками або використовувати несправні мийні засоби без вентиляції.

Під час складання редуктора потрібно перевіряти правильність встановлення деталей, стан кріплень, підшипників, ущільнень і посадкових поверхонь. Не допускається встановлення деталей із тріщинами, пошкодженими різьбачи значним зношуванням або сумнівим технічним станом. Після складання необхідно переконатися у відсутності заїдання, сторонніх шумів і витікання мастила.

Пробну перевірку роботи редуктора потрібно виконувати обережно. Після встановлення вузла на трактор необхідно перевірити кріплення, рівень мастила, герметичність і відсутність сторонніх предметів біля рухомих частин. Пробний рух слід проводити на безпечній ділянці, без сторонніх осіб поблизу.

Отже, охорона праці під час ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 передбачає правильну організацію робочого місця, надійну фіксацію трактора, використання справного інструменту, застосування засобів індивідуального захисту, безпечний демонтаж важких деталей і дотримання технологічної послідовності ремонту.

3.5. Екологічна безпека та поводження з відпрацьованими матеріалами

Під час ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 утворюються відпрацьовані матеріали, які потребують правильного збирання, зберігання та подальшого поводження. До них належать відпрацьоване мастило, забруднені протиральні матеріали, пошкоджені ущільнення, непридатні підшипники, металеві частинки, залишки очищувальних засобів, пакувальні матеріали від нових деталей і дрібні металеві відходи.

Екологічна безпека ремонтних робіт полягає в недопущенні потрапляння мастильних матеріалів, очищувачів, металевих частинок і забруднених відходів у

грунт, воду та повітря робочої зони. Особливо небезпечним є неконтрольоване зливання мастила, оскільки відпрацьований мастильний матеріал може містити металеві частинки, продукти окиснення, воду, пил і залишки зношування деталей [17].

Перед розбиранням редуктора мастило необхідно злити в спеціально підготовлену ємність. Не допускається зливання мастила на підлогу, у ґрунт або в каналізацію. Після зливання доцільно оцінити стан мастила: наявність металевих частинок, зміна кольору або запаху може свідчити про перегрівання, руйнування підшипників чи зношування зубчастих коліс.

Під час очищення деталей слід використовувати спеціально відведену мийну зону. Забруднені протиральні матеріали не можна залишати на верстаку або підлозі. Їх потрібно збирати в окрему закриту тару. Непридатні металеві деталі та кріпильні елементи доцільно сортувати окремо як металеві відходи.

Основні види відпрацьованих матеріалів під час ремонту колісного редуктора та порядок поводження з ними наведено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Відпрацьовані матеріали під час ремонту колісного редуктора та порядок поводження з ними

Вид відходів	Джерело утворення	Порядок поводження
Відпрацьоване мастило	Зливання з колісного редуктора	Збирати в окрему герметичну ємність
Забруднені протиральні матеріали	Очищення деталей від мастила та бруду	Зберігати в закритій тарі для технічних відходів
Попшкоджені ущільнення	Заміна під час ремонту	Збирати окремо як технічні відходи
Непридатні підшипники	Дефектація та заміна	Сортувати як металеві відходи
Металеві частинки та продукти зношування	Зливання мастила, очищення деталей	Збирати разом із забрудненими технічними відходами
Залишки очищувальних засобів	Миття деталей	Не зливати в ґрунт або каналізацію
Пакувальні матеріали	Використання нових деталей	Сортувати за видом матеріалу

Дані таблиці 3.5 свідчать, що під час ремонту колісного редуктора необхідно організувати роздільне збирання відходів. Це дозволяє підтримувати

чистоту робочого місця, зменшити ризик забруднення навколишнього середовища й забезпечити належну культуру технічного сервісу.

Екологічна безпека також пов'язана з раціональним використанням запасних частин. Якісна дефектація дозволяє уникнути необґрунтованої заміни деталей, які ще можуть працювати, але водночас не допускає повторного встановлення елементів із небезпечними дефектами. Такий підхід сприяє ресурсозбереженню та зменшенню кількості відходів.

Після завершення ремонту необхідно прибрати робоче місце, видалити залишки мастила, бруду та протиральних матеріалів, скласти інструмент у визначене місце, перевірити відсутність сторонніх предметів біля трактора й передати зібрані відходи відповідальній особі або до місця тимчасового зберігання. Підтримання чистоти ремонтного поста є важливою умовою безпеки та екологічно відповідальної роботи.

Отже, екологічна безпека під час ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 забезпечується правильним збиранням, сортуванням і зберіганням відпрацьованих матеріалів, недопущенням потрапляння мастила й очищувальних засобів у ґрунт або воду, раціональним використанням запасних частин і підтриманням чистоти робочого місця.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі бакалаврської дипломної роботи обґрунтовано організаційні, економічні, безпекові та екологічні аспекти удосконаленої технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221.

Встановлено, що якість ремонту значною мірою залежить від раціональної організації робочого місця слюсаря-ремонтника. Робочий пост повинен забезпечувати безпечне розміщення трактора, зручний доступ до вузла, наявність справного інструменту, пристроїв, засобів очищення та контрольних-вимірювальних приладів.

Визначено орієнтовну трудомісткість ремонту колісного редуктора за удосконаленою технологією. Загальна трудомісткість становить 10,10 нормо-год, що є обґрунтованим показником для ремонту відповідального вузла трансмісії.

Найбільша частка часу припадає на демонтаж, розбирання, очищення, дефектацію, відновлення або заміну деталей і складання редуктора.

Обґрунтовано, що запропонована технологія є ефективною завдяки повнішій дефектації, перевірі посадкових поверхонь, контролю підшипників, зубчастих коліс, ущільнень, герметичності та підсумковій перевірці після складання. Додаткові витрати часу на контрольні операції компенсуються підвищенням якості ремонту, зменшенням ризику повторних несправностей і скороченням простоїв трактора.

Розглянуто вимоги охорони праці під час ремонту вузлів трансмісії. Основними умовами безпечного виконання робіт є фіксація трактора, використання справного інструменту, застосування підставок і знімачів, захист працівника від мастила, пилу, важких деталей, очищувальних засобів і травми під час демонтажу.

Окремо розглянуто питання екологічної безпеки. Встановлено, що під час ремонту утворюються відпрацьоване мастило, забруднені протиральні матеріали, пошкоджені ущільнення, непридатні підшипники, металеві частинки та пакувальні матеріали. Вони потребують правильного збирання, сортування та зберігання.

Отже, удосконалена технологія ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-1722 є організаційно доцільною, економічно обґрунтованою, безпечною для виконавця та екологічно відповідальною. Її впровадження дозволить підвищити якість ремонту, надійність трансмісії та ефективність подальшої експлуатації трактора.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У бакалаврській дипломній роботі розглянуто питання розроблення проекту удосконалення технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221. Обрана тема є актуальною, оскільки колісний редуктор є одним із відповідальних вузлів трансмісії який забезпечує передавання та перетворення крутного моменту до ведучого колеса. Від його технічного стану залежить реалізація тягових можливостей трактора, надійність роботи трансмісії, безпека руху, продуктивність машинно-тракторного агрегату та своєчасність виконання сільськогосподарських робіт.

У першому розділі проаналізовано загальну характеристику трактора ХТЗ-17221, умови його експлуатації, призначення, будову та принцип роботи колісного редуктора. Встановлено, що трактор ХТЗ-17221 належить до колісних тракторів загального призначення, які використовуються для виконання енергоємних польових, транспортних і допоміжних робіт. У процесі експлуатації трактор працює в умовах значних тягових навантажень, змінного опору руху, вібрацій, впливу пилу, вологи, температурних коливань і періодичних перевантажень.

Визначено, що колісний редуктор трактора ХТЗ-17221 виконує функцію кінцевої передачі, знижує частоту обертання, збільшує крутний момент і передає його до ведучого колеса. Працездатність редуктора залежить від технічного стану зубчастих коліс, валів, підшипників ущільнень, корпусу, кришок, посадкових поверхонь і мастильного матеріалу. Порушення роботи хоча б одного з цих елементів може спричинити погіршення роботи всього вузла.

Проаналізовано умови навантаження деталей колісного редуктора. Встановлено, що зубчасті колеса працюють під дією контактних і змінних навантажень, вали сприймають крутний момент і можливі згинальні навантаження, підшипники працюють під дією радіальних та осьових сил, а корпус забезпечує точне взаємне розміщення деталей. Ущільнення виконують захисну функцію, запобігаючи витіканню мастила та потраплянню забруднень у внутрішню порожнину вузла.

Виявлено основні типові несправності колісного редуктора: підвищений шум під час роботи, витікання мастила, перегрівання, люфти, зношування зубчастих коліс, пошкодження підшипників, зношування шліцьових і посадкових поверхонь, пошкодження ущільнень, тріщини або деформація корпусних деталей. Встановлено, що більшість несправностей має взаємопов'язаний характер. Наприклад, порушення герметичності призводить до зниження рівня або забруднення мастила, що спричиняє прискорене зношування підшипників і зубчастих коліс.

У другому розділі розроблено удосконалену технологію ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221. Визначено вихідні дані для проектування технологічного процесу, обґрунтовано порядок дефектації деталей, запропоновано раціональну послідовність ремонтних операцій, підібрано обладнання, пристрої, інструмент і засоби контролю.

Запропонована технологія ремонту передбачає послідовне виконання таких етапів: підготовка робочого місця, попереднє діагностування, зливання та оцінювання стану мастила, демонтаж колісного редуктора, розбирання вузла, очищення деталей, дефектація, відновлення або заміна несправних елементів, підготовка до складання, складання редуктора, регулювання, заправлення мастилом, встановлення на трактор і підсумковий контроль якості ремонту.

Особливу увагу приділено дефектації деталей колісного редуктора. Встановлено, що під час ремонту необхідно перевіряти корпус, кришки, зубчасті колеса, вали, підшипники, ущільнення, кріпильні елементи, шліцьові та посадкові поверхні. Рішення щодо ремонтпридатності деталей повинно прийматися з урахуванням технічного стану, економічної доцільності відновлення та впливу деталі на надійність роботи вузла.

Розроблено технологічну карту ремонту колісного редуктора, яка містить послідовність основних операцій, зміст робіт, необхідне обладнання та контрольні дії. Застосування такої карти дозволяє стандартизувати ремонтний процес, зменшити залежність якості ремонту від індивідуального досвіду виконавця, підвищити точність дефектації та забезпечити повторюваність результату.

Обґрунтовано необхідність підсумкового контролю якості відремонтованого колісного редуктора. Після ремонту потрібно перевіряти правильність складання, легкість обертання, відсутність заїдання, шуму, перегрівання, надмірних люфтів і витікання мастила. Лише після позитивних результатів контролю вузол може бути допущений до експлуатації.

У третьому розділі виконано організаційно-економічне обґрунтування запропонованого удосконалення технології ремонту, а також розглянуто питання охорони праці та екологічної безпеки. Встановлено, що якість ремонту значною мірою залежить від раціональної організації робочого місця слюсаря-ремонтника, наявності справних інструменту, пристроїв, засобів очищення та контрольньо-вимірювального обладнання.

Визначено орієнтовну трудомісткість ремонту колісного редуктора за удосконаленою технологією. Загальна трудомісткість становить 10,10 нормо-год. Найбільша частка часу припадає на демонтаж, розбирання, очищення, дефектацію, відновлення або заміну деталей і складання вузла. Така трудомісткість є обґрунтованою, оскільки колісний редуктор належить до відповідальних вузлів трансмісії, ремонт яких потребує ретельного контролю.

Встановлено, що удосконалена технологія ремонту може потребувати дещо більшої первинної трудомісткості порівняно зі спрощеним традиційним підходом. Однак додаткові витрати часу на діагностування, очищення, дефектацію та контроль компенсуються підвищенням якості ремонту, зменшенням імовірності повторних несправностей, скороченням простоїв трактора та підвищенням ресурсу колісного редуктора.

Розглянуто вимоги охорони праці під час ремонту вузлів трансмісії трактора. Встановлено, що основними небезпечними чинниками є самовільне переміщення трактора, падіння піднятої частини машини, падіння важких деталей, використання несправного інструменту, контакт із мастильними матеріалами, пилом, очищувальними засобами та стисненим повітрям. Для зменшення ризиків необхідно надійно фіксувати трактор, використовувати справні домкрати, підставки, знімачі, засоби індивідуального захисту та дотримуватися технологічної послідовності ремонту.

Окремо проаналізовано питання екологічної безпеки. Під час ремонту колісного редуктора утворюються відпрацьоване мастило, забруднені протиральні матеріали, пошкоджені ущільнення, непридатні підшипники, металеві частинки, залишки очищувальних засобів і пакувальні матеріали. Ці відходи необхідно збирати окремо, зберігати у відповідній тарі та не допускати їх потрапляння в ґрунт, воду або повітря робочої зони.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропонована удосконалена технологія ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221 може бути використана в ремонтних майстернях аграрних підприємств, сервісних дільницях і навчально-виробничих майстернях. Вона не потребує надмірно складного обладнання, але передбачає якісну організацію ремонтного процесу, комплексну дефектацію, використання засобів контролю та документування результатів ремонту.

Отже, мету бакалаврської дипломної роботи досягнуто. Розроблено проект удосконалення технології ремонту колісного редуктора трактора ХТЗ-17221, який забезпечує підвищення якості ремонтних робіт, надійності трансмісії, ресурсу колісного редуктора, безпеки експлуатації трактора та ефективності організації ремонтного процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технічна документація / контакти — ХТЗ : офіційний сайт ПрАТ «Харківський тракторний завод». URL: <https://xtz.ua/ua/technical-doc.html> (дата звернення: 02.06.2026).
2. Тракторы ХТЗ-17021 и ХТЗ-17221 : руководство по эксплуатации. Харків : Харківський тракторний завод. URL: <https://xtz.ua/files/pdf/170172.pdf> (дата звернення: 02.06.2026).
3. Трактори ХТЗ серії 170 : технічна характеристика. URL: <https://www.tsatu.edu.ua/mez/wp-content/uploads/sites/9/htz-170.pdf> (дата звернення: 02.06.2026).
4. Трактор ХТЗ-242К.20 : руководство по эксплуатации. Харків : Харківський тракторний завод. URL: <https://xtz.ua/files/pdf/242k.pdf> (дата звернення: 02.06.2026).
5. Трактор ХТЗ-243К.20 : руководство по эксплуатации. Харків : Харківський тракторний завод. URL: <https://xtz.ua/files/pdf/243k.pdf> (дата звернення: 02.06.2026).
6. Трактор ХТЗ-241К.20 : каталог деталей и сборочных единиц. Харків : Харківський тракторний завод, 2018. URL: <https://xtz.ua/files/pdf/241kd2.pdf> (дата звернення: 02.06.2026).
7. Схема електрична з'єднань електрообладнання трактора ХТЗ-17221. URL: https://xtz.ua/files/pdf/17021_17221_el.pdf (дата звернення: 02.06.2026).
8. Трактор ХТЗ-17221-21 : довідкові технічні дані. URL: https://agrariy.com/handbook/teh_cart.php?item=8&part=582 (дата звернення: 02.06.2026).
9. Характеристики ХТЗ-17221. Сблиз трактора. URL: <https://exkavator.ru/excapedia/technic/htz17221> (дата звернення: 02.06.2026).
10. Додаток 9. Короткі технічні характеристики колесних тракторів. URL: https://evgivanov.github.io/expl_html_book/addons/addon_09.htm (дата звернення: 02.06.2026).
11. Сукач М. К. Технічний сервіс машин : навчальний посібник. Київ : Ліра-К, 2017. 290 с. URL:

https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2019/Sukach_2017_290.pdf (дата звернення: 02.06.2026).

12. Марченко Д. Д. Ремонт машин та обладнання : курс лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти «бакалавр». Миколаїв : Миколаївський національний аграрний університет, 2016. 119 с. URL: https://dspace.nmau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2281/1/Marchenko_Remont_mashyn_obladnannya.pdf (дата звернення: 02.06.2026).

13. Хітров І. О., Гавриш В. С. Ремонт машин і обладнання : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2012. 184 с. URL: <https://ep3.nuvm.edu.ua/2214/1/721922%20zah.pdf> (дата звернення: 02.06.2026).

14. Ремонт машин і обладнання : підручник / за ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. Харків : Міськдрук, 2010. 744 с. URL: <https://opac.kntu.kr.ua/bib/2031> (дата звернення: 02.06.2026).

15. Сідашенко О. І., Тіхонов О. І., Лузан С. О. та ін. Технологія ремонту машин та обладнання : курс лекцій. Харків : ХНТУСГ, 2017. 301 с. URL: <https://kntu.kr.ua/file/content/2278/tehnologhiia-remontu-mashyn-ta-obladnannia.pdf> (дата звернення: 02.06.2026).

16. Гайдамак О. Л., Савуляк В. І. Вузли та деталі ремонтного виробництва автотракторної техніки : лабораторний практикум. Вінниця : ВНТУ, 2006. 92 с. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/71477%20%9B%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B3%D0%B9%20%D0%BF%D1%80%D0%B0%20%BA%D1%82%D2%B8%D0%BA%D1%83%D0%BC.pdf> (дата звернення: 02.06.2026).

17. Надійність машин та обладнання. Частина 1. Оцінка та забезпечення надійності машин та обладнання : навчальний посібник. Київ : НУБіП України, 2023. 209 с. URL: <https://dglib.nubip.edu.ua/items/557b5673-dc71-47ee-b938-f6248e3a8ece> (дата звернення: 02.06.2026).

18. Ружи́ло З. В. та ін. Надійність машин та обладнання. Частина 2. Ремонт машин та відновлення деталей : навчальний посібник. Київ : НУБіП

України, 2023. 310 с. URL: <https://dglib.nubip.edu.ua/items/af4bc777-1ac5-42e7-8c3c-33f46efc11b4> (дата звернення: 02.06.2026).

19. Черновол М. І., Рибалко І. М., Тіхонов О. В., Шепеленко І. В., Науменко О. А., Мартиненко О. Д. Введення в технічний сервіс машин: методи усунення несправностей машин та обладнання : навчальний посібник. Харків : Діса плюс, 2024. 158 с. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/items/94c7ff46-01c7-4807-bf8e-51af3fda5753> (дата звернення: 02.06.2026).

20. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=74627 (дата звернення: 02.06.2026).

21. ДСТУ EN ISO 4254-1:2017. Сільськогосподарські машини. Вимоги щодо безпеки. Частина 1. Загальні вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=75911 (дата звернення: 02.06.2026).

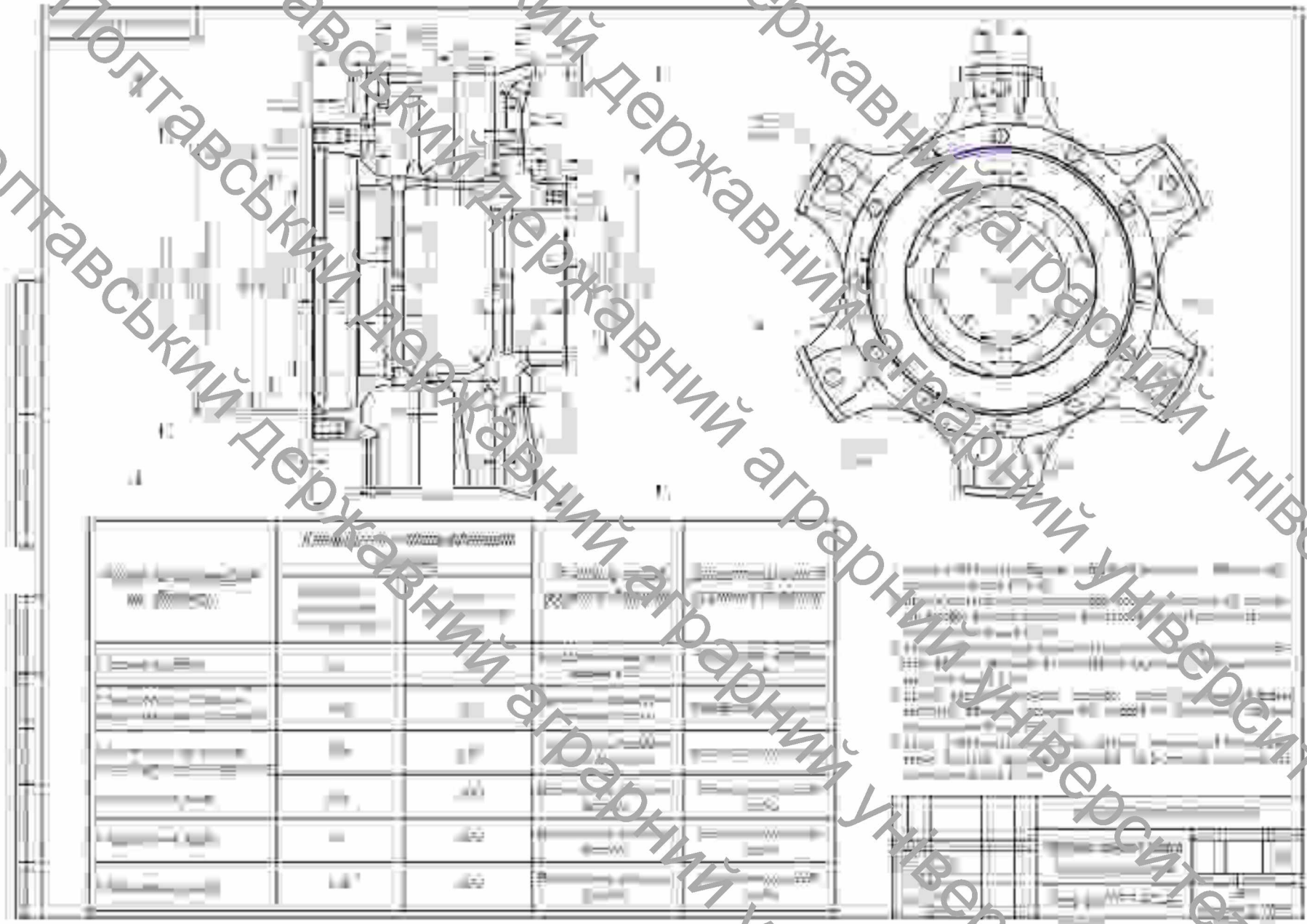
22. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2694-12> (дата звернення: 02.06.2026).

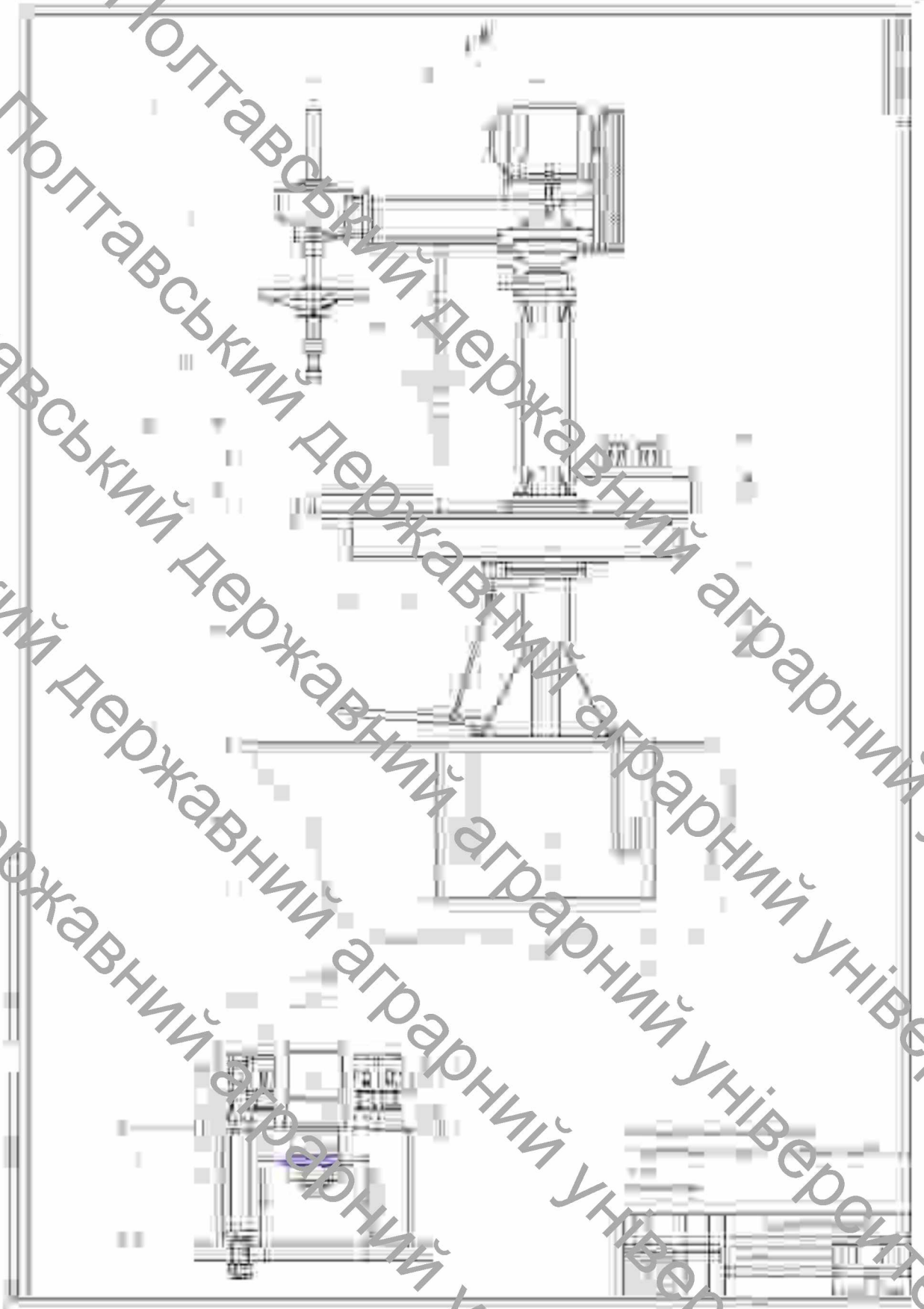
23. Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві : наказ Міністерства соціальної політики України від 29.08.2018 № 1240. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z1090-18> (дата звернення: 02.06.2026).

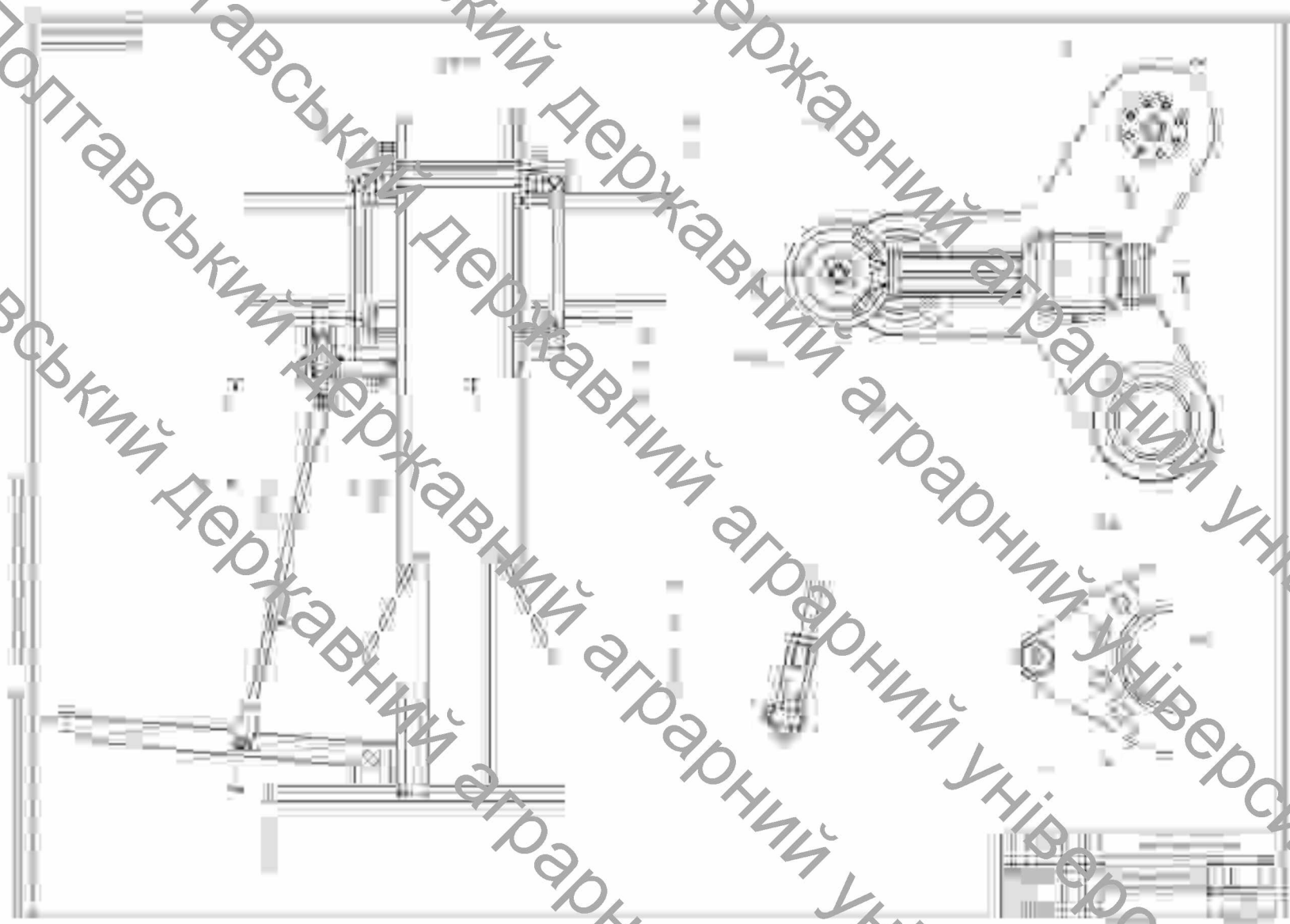
24. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2320-20> (дата звернення: 02.06.2026).

25. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. URL: https://kubg.edu.ua/images/stories/podn/2017/06_21_posylania/dstu_8302.pdf (дата звернення: 02.06.2026).

Полтавський державний аграрний університет







Полтавський державний аграрний університет

