

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 модернізації технології ремонту дискового гальма
трактора ХТЗ-121»**

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

Каменьков Віктор Сергійович
Керівник: Дудник В.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.

«___» _____ 202 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Прізвище, ім'я та по батькові здобувача вищої освіти

1. Тема роботи: «Проект модернізації технології ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121».

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 гальмівних систем, технічні матеріали щодо трактора ХТЗ-121, нормативні документи ДСТУ та ДСТУ EN ISO, матеріали щодо діагностування, дефектації, ремонту й контролю якості дискових гальмівних механізмів.

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

Анотація.

Вступ.

Розділ 1. Аналіз конструкції, умов роботи та технології ремонту гальмівної системи трактора ХТЗ-121.

Розділ 2. Проектування модернізованої технології ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121.

Розділ 3. Організаційно-економічне обґрунтування та охорона праці під час ремонту гальмівної системи.

Загальні висновки.

Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу: схема дискового гальмівного механізму трактора ХТЗ-121; технологічна карта ремонту дискового гальма; карта дефектації деталей гальмівного вузла; схема організації робочого місця слюсаря-ремонтника; інші графічні матеріали відповідно до теми роботи.

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)

(прізвище та ініціали студента)

Керівник роботи _____
(підпис)

Дудник В.в.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	5
ABSTRACT	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ, УМОВ РОБОТИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ТРАКТОРА ХТЗ-121	11
1.1. Загальна характеристика трактора ХТЗ-121 та умови його експлуатації	11
1.2. Призначення, будова та принцип дії гальмівної системи трактора	14
1.3. Особливості застосування дискових гальм у складі модернізованих гальмівних механізмів сільськогосподарських тракторів	17
1.4. Типові несправності гальмівних механізмів і причини їх виникнення	21
1.5. Аналіз чинної технології діагностування та ремонту гальмівних вузлів	25
1.6. Обґрунтування необхідності модернізації технології ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121	29
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ДИСКОВОГО ГАЛЬМА ТРАКТОРА ХТЗ-121	33
2.1. Вихідні дані для розроблення технологічного процесу ремонту	33
2.2. Дефектація деталей дискового гальма та визначення ремонтелюдності	35
2.3. Розроблення раціональної послідовності операцій ремонту	39
2.4. Вибір обладнання, пристроїв, інструменту та засобів контролю	42
2.5. Розрахунок режимів виконання основних ремонтних операцій	45
2.6. Розроблення технологічної карти ремонту дискового гальма	48
2.7. Контроль якості відремонтованого гальмівного механізму	53
РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ ПІД ЧАС РЕМОНТУ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ	56
3.1. Організація робочого місця слюсаря-ремонтника	56
3.2. Нормування ремонтних робіт і визначення трудомісткості	59
3.3. Оцінювання ефективності запропонованої модернізації технології ремонту	61

3.4. Вимоги охорони праці під час ремонту гальмівних механізмів.....	63
3.5. Екологічна безпека та поводження з відпрацьованими матеріалами	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73
ДОДАТКИ	75

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота присвячена розробленню проекту модернізації технології ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121 з урахуванням умов експлуатації сільськогосподарської техніки, вимог до надійності гальмівних систем, ремонтпридатності деталей та забезпечення безпечної роботи машинно-тракторного агрегату.

Актуальність теми зумовлена тим, що гальмівна система трактора є одним із ключових елементів активної безпеки, від технічного стану якого залежить керуваність, ефективність з'єднання, стабільності руху, безпека оператора, збереження агрегованих машин і виконання технологічних операцій у польових та транспортних умовах. Для тракторів, які тривалий час експлуатуються в аграрному виробництві, характерними є підвищене зношування деталей гальмівних механізмів, забруднення робочих поверхонь, порушення регулювань, зниження ефективності гальмування та збільшення трудомісткості ремонтних робіт. Тому вдосконалення технології ремонту гальмівного вузла є важливим напрямом підвищення експлуатаційної надійності трактора.

У роботі передбачено аналіз конструктивних особливостей трактора ХТЗ-121, умов роботи його гальмівної системи, характерних дефектів гальмівних деталей, причин їх виникнення та впливу на працездатність машини. Особливу увагу приділено обґрунтуванню застосування модернізованого підходу до ремонту дискового гальмівного механізму, який передбачає удосконалення операцій дефектації, очищення, контролю геометричних параметрів, відновлення або заміни зношених деталей, складання, регулювання та перевірки ефективності роботи вузла.

Запропонована технологія ремонту спрямована на зменшення тривалості простою трактора, підвищення якості виконання ремонтних операцій, забезпечення стабільності гальмівних характеристик і зниження ризику повторного виникнення несправностей. У межах роботи передбачено вибір необхідного ремонтно-технологічного обладнання, інструменту, пристроїв і

засобів контролю, а також розроблення технологічної карти ремонту дискового гальма.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропоновані технологічні рішення можуть бути використані у ремонтних майстернях сільськогосподарських підприємств, навчально-виробничих майстернях, сервісних ділячках і під час підготовки фахівців з експлуатації та ремонту машин і обладнання агропромислового виробництва.

Ключові слова: трактор ХТЗ-121, гальмівна система, дискове гальмо, ремонт, дефектація, модернізація, технологічний процес, технічний сервіс, надійність, охорона праці.

ABSTRACT

The bachelor's qualification thesis is devoted to the development of a modernization project for the repair technology of the disc brake of the KhTZ-121 tractor, taking into account the operating conditions of agricultural machinery, the reliability requirements for braking systems, the maintainability of parts, and the need to ensure safe operation of the machine-tractor unit.

The relevance of the topic is determined by the fact that the tractor braking system is one of the key elements of active safety. Its technical condition affects braking efficiency, stability of movement, controllability, operator safety, preservation of attached machinery, and the quality of technological operations in both field and transport conditions. Tractors that have been operated for a long period in agricultural production are characterized by increased wear of brake parts, contamination of working surfaces, violation of adjustments, reduced braking efficiency, and increased labor intensity of repair operations. Therefore, improving the brake repair technology is an important direction for increasing the operational reliability of the tractor.

The thesis provides an analysis of the design features of the KhTZ-121 tractor, the operating conditions of its braking system, typical defects of brake parts, the causes of their occurrence, and their influence on machine performance. Particular attention is paid to substantiating a modernized approach to repairing the disc brake mechanism, which includes improved defect detection, cleaning, control of geometric parameters,

restoration or replacement of worn parts, assembly, adjustment, and performance testing.

The proposed repair technology is aimed at reducing tractor downtime, improving the quality of repair operations, ensuring stable braking characteristics, and reducing the risk of repeated failures. The work includes the selection of repair and technological equipment, tools, devices, and measuring instruments, as well as the development of a technological repair chart for the disc brake.

The practical significance of the work lies in the possibility of applying the proposed technological solutions in repair workshops of agricultural enterprises, educational and production workshops, service departments, and in the training of specialists in the operation and repair of machinery and equipment for agro-industrial production.

Keywords: Kh17-121 tractor, braking system, disc brake, repair, defect detection, modernization, technological process, technical service, reliability, occupational safety.

ВСТУП

Сучасне аграрне виробництво потребує ефективного використання тракторної техніки, яка забезпечує виконання значної частини польових, транспортних навантажувально-розвантажувальних та допоміжних технологічних операцій. Від технічного стану тракторів залежить своєчасність виконання агротехнічних заходів, продуктивність машинно-тракторних агрегатів, економічність виробничих процесів і безпека праці механізаторів.

Одним із важливих представників вітчизняної тракторної техніки є трактор ХТЗ-121, який належить до машин, призначених для виконання енергоємних сільськогосподарських робіт, агрегування з різними знаряддями та експлуатації в умовах змінних навантажень. Такі умови роботи створюють підвищені вимоги до надійності основних систем трактора, зокрема трансмісії, ходової частини, рульового керування та гальмівної системи.

Гальмівна система трактора виконує функцію зниження швидкості руху, повної зупинки машини, утримання її на місці та забезпечення безпечної роботи

під час руху дорогами, на схилах, у полі, під час маневрування й агрегування з причіпними або навісними машинами. Порушення працездатності гальмівного механізму може призвести до збільшення гальмівного шляху, нерівномірності гальмування, втрати стійкості руху, підвищеного зношування деталей і виникнення аварійних ситуацій.

Під час тривалої експлуатації тракторів у складних умовах аграрного виробництва гальмівні механізми зазнають інтенсивного механічного, теплового та абразивного впливу. Робота в запыленому середовищі, часті зміни навантаження, потрапляння вологи, залишків ґрунту, мастильних матеріалів і продуктів зношування негативно впливають на стан робочих поверхонь гальмівних деталей. У результаті можуть виникати злизування фрикційних елементів, деформація або биття диска, зтиження коефіцієнта тертя, підтікання робочих рідин чи порушення герметичності приводу, заклинювання рухомих елементів, погіршення регулювання та зменшення ефективності гальмування.

Традиційний підхід до ремонту гальмівних механізмів часто обмежується розбиранням вузла, візуальним оглядом, заміною явно зношених деталей і подальшим складанням без достатнього контролю геометричних, фрикційних і регулювальних параметрів. Такий підхід не завжди забезпечує необхідний рівень якості ремонту, оскільки не враховує комплексного впливу дефектів на працездатність вузла. Унаслідок цього після ремонту можуть зберігатися залишкові несправності, виникати нерівномірне гальмування, підвищене нагрівання, шум, вібрація, прискорене зношування деталей і потреба в повторному ремонті.

Актуальність теми роботи полягає в необхідності модернізації технології ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121 шляхом удосконалення операцій діагностування, дефектації, очищення, контролю, відновлення або заміни деталей, складання, регулювання та перевірки працездатності. Така модернізація має забезпечити підвищення якості ремонтних робіт, зменшення простою техніки, покращення експлуатаційної надійності гальмівного механізму та підвищення безпеки використання трактора.

Важливо врахувати, що для трактора ХТЗ-121 у технічних матеріалах зазначається застосування робочих гальм колодкового типу з пневматичним приводом. Тому в межах цієї роботи дискове гальмо розглядається як модернізований гальмівний вузол або як технічне рішення, що потребує розроблення раціональної технології ремонту в умовах ремонтної майстерні. Такий підхід дозволяє коректно поєднати конструктивні особливості базового трактора з напрямом технічного вдосконалення його гальмівного механізму.

Метою роботи є розроблення проєкту модернізації технології ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121 для підвищення якості ремонтних робіт, надійності гальмівного механізму та безпеки експлуатації трактора.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: – проаналізувати призначення, умови експлуатації та технічні особливості трактора ХТЗ-121;

– розглянути будову, принцип дії та вимоги до працездатності гальмівної системи трактора;

– визначити основні неспрацьки дискового гальмівного механізму та причини їх виникнення;

– проаналізувати наявну технологію ремонту гальмівного вузла та виявити її недоліки;

– обґрунтувати напрями модернізації технології ремонту дискового гальма;

– розробити послідовність технологічних операцій ремонту;

– підібрати обладнання, пристрої, інструмент і засоби контролю для виконання ремонтних робіт;

– передбачити операції контролю якості відремонтованого гальмівного механізму;

– розглянути організаційні, економічні та безпекові аспекти виконання ремонтних робіт.

Об'єктом дослідження є процес технічного обслуговування та ремонту гальмівної системи трактора ХТЗ-121.

Предметом дослідження є технологія ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121 та напрями її модернізації з метою підвищення якості, надійності й ефективності ремонтного процесу.

Методи дослідження. У роботі передбачено використання методів технічного аналізу конструкції гальмівного механізму, порівняльного аналізу ремонтних технологій, дефектації деталей, технологічного проектування, вибору обладнання та інструменту, а також узагальнення практичного досвіду технічного сервісу тракторної техніки.

Практичне значення роботи полягає в розробленні модернізованої технології ремонту дискового гальмівного механізму, яка може бути використана в ремонтних майстернях аграрних підприємств, сервісних дільницях, навчально-виробничих майстернях і під час підготовки здобувачів освіти за спеціальностями, пов'язаними з експлуатацією та ремонтом машин і обладнання агропромислового виробництва.

Запропонований підхід до модернізації технології ремонту передбачає не лише заміну зношених деталей, а й комплексну перевірку технічного стану вузла, встановлення причин несправностей, контроль параметрів деталей, дотримання послідовності ремонтних операцій, правильне складання та регулювання гальмівного механізму. Це дозволяє підвищити якість ремонту, зменшити ймовірність повторних відмов, забезпечити стабільну роботу гальмівної системи та підвищити рівень безпеки експлуатації трактора.

Структура роботи передбачає вступ, три розділи, загальні висновки, список використаних джерел і додатки. У першому розділі розглядаються конструктивні особливості трактора ХТЗ-121, умови роботи гальмівної системи та характерні несправності гальмівного механізму. У другому розділі розробляється модернізована технологія ремонту дискового гальма, обґрунтовується вибір обладнання, інструменту й засобів контролю. У третьому розділі розглядаються питання організації робочого місця, оцінювання ефективності запропонованої технології, охорони праці та екологічної безпеки під час виконання ремонтних робіт.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ, УМОВ РОБОТИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ТРАКТОРА ХТЗ-121

1.1. Загальна характеристика трактора ХТЗ-121 та умови його експлуатації

Трактор ХТЗ-121 належить до колісних сільськогосподарських тракторів загального призначення, які використовуються для виконання широкого комплексу польових, транспортних, навантажувально-розвантажувальних і допоміжних робіт у сільському господарстві. За своїм функціональним призначенням трактор орієнтований на агрегування з різними сільськогосподарськими машинами та знаряддями, що застосовуються під час основного й передпосівного обробітку ґрунту, сівби, транспортування вантажів, виконання робіт у складі машинно-тракторних агрегатів, а також обслуговування виробничих процесів у межах агропромислового підприємства [1].

Конструктивно ХТЗ-121 є енергонасиченим колісним трактором тягового класу 3 з колісною формулою 4×4. Така схема забезпечує підвищену прохідність, раціональний розподіл тягового зусилля між осями та можливість роботи на різних типах ґрунтового покриття. Використання повного приводу є важливою перевагою під час експлуатації в умовах підвищеного буксування, на вологих ґрунтах, стерні, польових дорогах, схилах і ділянках зі змінним опором руху [2].

Для тракторів такого класу характерними є високі динамічні та тягові навантаження. У процесі роботи трактор часто переміщується з причіпними або навісними агрегатами, що створюють додатковий опір руху, змінюють навантаження на ходову частину, впливають на стійкість і потребують ефективної роботи гальмівної системи. Особливо важливо це під час транспортних переїздів, роботи на схилах, розворотів на обмежених ділянках, маневрування біля складів, ферм, майстерень або під час агрегування з причепами [3].

У технічній характеристиці трактора ХТЗ-121 важливе місце займають параметри, що безпосередньо впливають на навантаження гальмівної системи: маса машини, тяговий клас, колісна база, колія, тип ходової частини, швидкісні режими руху, умови контакту шин із дорогою або ґрунтом, а також режим експлуатації. Чим більша маса трактора та агрегатованого обладнання, тим

більшу кінетичну енергію необхідно погасити під час гальмування. Це зумовлює підвищені вимоги до технічного стану гальмівних механізмів, приводу, регулювальних елементів і фрикційних поверхонь [4].

Основні технічні дані трактора ХТЗ-121, які мають значення для аналізу умов роботи гальмівної системи, наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Загальна технічна характеристика трактора ХТЗ-121

Показник	Значення / характеристика
Тип машини	Колісний сільськогосподарський трактор загального призначення
Марка трактора	ХТЗ-121
Колісна формула	4×4
Тяговий клас	2
Номінальне тягове зусилля	близько 30 кН
Призначення	Польові, транспортні та допоміжні роботи в аграрному виробництві
Ходова система	Колісна, з ведучими переднім і заднім мостами
Умови роботи	Поле, ґрунтові дороги, стерня, транспортні переїзди, робота з причіпними й навісними агрегатами
Основні вимоги до гальмівної системи	Ефективність гальмування, стабільність дії, надійність, безпечність, ремонтпридатність

Наведені характеристики свідчать, що трактор ХТЗ-121 експлуатується в умовах, які поєднують значні тягові навантаження, нерівномірний режим руху, змінне зчеплення коліс з опорною поверхнею та постійну дію зовнішніх забруднювальних чинників. У таких умовах гальмівна система працює не лише під час зупинки трактора, а й під час керування швидкістю, утримання машини на місці, маневрування й забезпечення стійкості руху.

Особливістю експлуатації тракторів у сільському господарстві є те, що значна частина робочого часу припадає на режими з частими змінами швидкості. Під час виконання польових робіт трактор може рухатися з малою швидкістю, але при цьому працювати з великим тяговим навантаженням. Під час транспортних робіт, навпаки, зростає швидкість руху, а навантаження на гальмівну систему збільшується через необхідність зупинити не лише трактор, а й причіпний склад або навантажений агрегат. Саме тому до гальмівної системи трактора висуваються вимоги не тільки щодо гальмівного моменту, а й щодо

рівномірності дії, стійкості до перегрівання, збереження ефективності після багаторазових циклів гальмування та простоти технічного обслуговування [5].

Умови експлуатації трактора ХТЗ-121 можна поділити на кілька груп. До першої групи належать польові роботи, під час яких машина працює на ґрунтах із різною вологістю, щільністю та несучою здатністю. У таких умовах на гальмівні механізми впливають пил, частинки ґрунту, рослинні рештки, волога та продукти зношування. Друга група — транспортні роботи, коли трактор рухається дорогами загального або внутрішньогосподарського користування, часто з причепами або вантажами. У цьому режимі важливими є стабільність гальмування, рівномірність дії гальм по колесах і здатність системи працювати без втрати ефективності після повторних гальмувань. Третя група — маневрові та допоміжні операції, які передбачають часті зупинки, руцання, повороти, під'їзди до агрегатів, роботу на малих швидкостях і в обмеженому просторі [6].

У таблиці 1.2 наведено основні експлуатаційні чинники, які впливають на технічний стан гальмівної системи трактора ХТЗ-121.

Таблиця 1.2 – Вплив умов експлуатації на технічний стан гальмівної системи трактора ХТЗ-121

Умови експлуатації	Основний вплив на гальмівну систему	Можливі наслідки
Робота на запиленому полі	Потрапляння пилу й абразивних частинок до зони тертя	Прискорене зношування фрикційних поверхонь
Робота на вологому ґрунті	Потрапляння вологи, зниження стабільності тертя	Погіршення ефективності гальмування, корозія деталей
Транспортні переїзди	Часті або тривалі гальмування на підвищених швидкостях	Нагрівання деталей, втрата стабільності гальмівної дії
Робота з причепами	Збільшення маси агрегату та навантаження на гальма	Зростання гальмівного шляху, підвищення навантаження на привід
Маневрування на малих швидкостях	Часті короткочасні включення гальм	Зношування регулювальних і рухомих елементів
Тривалі простої техніки	Окиснення поверхонь, старіння ущільнень	Заїдання механізмів, порушення герметичності приводу

Аналіз таблиці 1.2 показує, що гальмівна система трактора ХТЗ-121 працює в умовах одночасної дії механічного, теплового, абразивного та корозійного навантаження. Унаслідок цього навіть незначні відхилення в регулюванні, зношування фрикційних елементів або забруднення робочих поверхонь можуть швидко призвести до зниження ефективності гальмування. Це підтверджує необхідність системного підходу до технічного обслуговування й ремонту гальмівних вузлів.

Для забезпечення безпечної експлуатації трактора важливим є не лише відновлення працездатності гальмівного механізму після появи несправності, а й попередження її розвитку. Саме тому під час ремонту доцільно застосовувати технологію, яка передбачає повну дефектацію деталей, перевірку стану приводу, очищення й контроль робочих поверхонь, заміну або відновлення зношених елементів, регулювання механізму та перевірку ефективності його роботи. Такий підхід дозволяє зменшити ризик повторного ремонту та підвищити надійність трактора в умовах реальної експлуатації [7].

Отже, трактор ХТЗ-121 є складною енергонасиченою машиною, умови експлуатації якої формують підвищені вимоги до гальмівної системи. Надійна робота гальма має важливе значення для безпеки руху, продуктивності машинно-тракторного агрегату та економічної ефективності використання техніки. Це обґрунтовує актуальність подальшого аналізу будови гальмівної системи та розроблення модернізованої технології ремонту дискового гальмівного вузла.

1.2. Призначення, будова та принцип дії гальмівної системи трактора

Гальмівна система трактора призначена для зниження швидкості руху, повної зупинки машини, утримання її в нерухомому стані та забезпечення безпечного виконання технологічних операцій у різних експлуатаційних умовах. Для тракторів сільськогосподарського призначення гальмівна система має особливе значення, оскільки вони працюють не лише на дорігах, а й на полях, схилах, ґрунтових шляхах, у складі агрегатів із різною масою та характером навантаження [8].

На відміну від легкових автомобілів, тракторна техніка часто рухається з відносно невеликими швидкостями, але при цьому має значну масу, високий тяговий опір і працює з агрегатами, що суттєво змінюють динаміку руху. Тому гальмівна система трактора повинна забезпечувати не тільки зупинку, а й контрольоване уповільнення, можливість утримання машини на місці, ефективне гальмування під час транспортних робіт і стабільну роботу в умовах забруднення та змінного зчеплення коліс із поверхнею [9].

У технічних матеріалах щодо трактора ХТЗ-121 робочі гальма описуються як колодкові, установлені на колесах, із пневматичним приводом. Стоянкове гальмо виконує функцію утримання трактора в нерухомому стані під час стоянки, обслуговування, агрегування або роботи на ухилі [1]. У межах цієї дипломної роботи дисковий гальмівний механізм розглядається як напрям модернізації гальмівного вузла та технології його ремонту. Такий підхід дозволяє порівняти традиційну конструкцію з більш сучасним технічним рішенням, яке має потенційні переваги з точки зору тепловідведення, стабільності фрикційної взаємодії, доступності контролю та ремонтпридатності [10].

Будь-яка гальмівна система складається з кількох основних частин: органу керування, приводу, виконавчого механізму та елементів регулювання й контролю. Органом керування зазвичай є педаль або важіль, за допомогою якого оператор створює керуючий вплив. Привід передає цей вплив до гальмівних механізмів. Виконавчий механізм безпосередньо створює силу тертя, яка перешкоджає обертанню колеса або елемента трансмісії. Регулювальні елементи забезпечують необхідний зазор, правильне положення деталей, синхронність дії та компенсацію зношування [11].

Основні елементи гальмівної системи трактора узагальнено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Основні елементи гальмівної системи трактора та їх функції

Елемент системи	Функціональне призначення
Орган керування	Сприймає дію оператора та ініціює процес гальмування
Привід гальм	Передає керуюче зусилля до виконавчих механізмів
Гальмівний механізм	Створює силу тертя та забезпечує уповільнення або зупинку колеса

Фрикційні елементи	Забезпечують контактну взаємодію й перетворення механічної енергії в теплову
Регулювальні пристрої	Забезпечують необхідні зазори та рівномірність дії гальм
Стоянкове гальмо	Утримує трактор у нерухомому стані під час стоянки
Контрольні й допоміжні елементи	Дають змогу перевіряти справність системи та підтримувати її працездатність

Принцип дії гальмівної системи полягає в тому, що після натискання на орган керування зусилля передається через привід до виконавчого механізму. У гальмівному механізмі фрикційні елементи притискаються до робочої поверхні барабана або диска. У результаті виникає сила тертя, яка створює опір обертанню колеса або відповідної частини трансмісії. Механічна енергія руху трактора перетворюється переважно в теплову енергію, що розсіюється в навколишнє середовище через деталі гальмівного механізму [12].

Для колодкових гальм характерною є взаємодія гальмівних колодок із внутрішньою або зовнішньою поверхнею барабана. Під дією приводу колодки розтискаються або притискаються до барабана, створюючи гальмівний момент. Такі механізми достатньо поширені в тракторній техніці завдяки простоті конструкції, захищеності робочих елементів і відносній технологічності ремонту. Водночас барабанні й колодкові механізми мають певні недоліки: складніше відведення тепла, залежність ефективності від стану регулювань, можливість нерівномірного зношування колодок і зниження ефективності за наявності забруднення або перегрівання [13].

Дискове гальмо працює за іншим конструктивним принципом. У ньому гальмівний диск обертається разом із колесом або відповідним елементом трансмісії, а фрикційні накладки притискаються до його поверхонь з одного або двох боків. Унаслідок цього виникає гальмівний момент, який уповільнює обертання диска. Порівняно з барабанними механізмами дискові гальма мають кращі умови охолодження, більш відкриту конструкцію для контролю стану деталей, стабільнішу роботу під час повторних гальмувань і меншу схильність до втрати ефективності через перегрівання [10].

Разом із тим дискові гальма висувають підвищені вимоги до якості фрикційних матеріалів, точності виготовлення та стану робочих поверхонь

диска. Важливими є відсутність надмірного биття, тріщин, задирів, глибоких рисок, нерівномірного зношування, перегріву та забруднення мастильними матеріалами. У разі порушення цих вимог можливе виникнення шуму, вібрації, нерівномірного гальмування, прискореного зношування накладок і зниження ефективності гальмування [14].

Для трактора ХТЗ-121 модернізація технології ремонту дискового гальма має розглядатися не як ізольована заміна окремої деталі, а як комплексний технічний процес, що включає діагностування, дефектацію, очищення, перевірку геометричних параметрів, оцінювання стану фрикційних матеріалів, контроль приводу, складання, регулювання та випробування. Особливо важливо забезпечити узгодженість модернізованого вузла з конструктивними особливостями трактора, умовами його роботи та можливостями ремонтної майстерні [15].

Гальмівна система трактора повинна відповідати кільком основним експлуатаційним вимогам. По-перше, вона має забезпечувати достатню ефективність гальмування за різних навантажень. По-друге, дія гальма має бути рівномірною, щоб під час гальмування не виникало відведення трактора вбік. По-третє, гальмівний механізм повинен зберігати працездатність після багаторазових циклів гальмування. По-четверте, конструкція має бути ремонтнопридатною, тобто забезпечувати доступ до деталей, можливість їх контролю, заміни або відновлення без надмірної трудомісткості [8].

Отже, гальмівна система трактора ХТЗ-121 є важливим елементом активної безпеки та працездатності машини. Її конструкція й технічний стан безпосередньо впливають на керованість, стійкість, безпечність руху та ефективність використання трактора. Перехід до аналізу дискового гальмівного вузла як об'єкта модернізації є доцільним, оскільки саме дискові механізми мають низку конструктивних переваг, які можуть бути реалізовані за умови правильно розробленої технології ремонту.

1.3. Особливості застосування дискових гальм у складі модернізованих гальмівних механізмів сільськогосподарських тракторів

Дискові гальма широко застосовуються в транспортній і спеціальній техніці завдяки відносній простоті конструкції, стабільності фрикційної взаємодії та кращим умовам тепловідведення порівняно з багатьма барабанними механізмами. Для сільськогосподарських тракторів питання застосування дискових гальм має особливе значення, оскільки такі машини працюють у важких умовах, де на гальмівний механізм одночасно впливають пил, волога, абразивні частинки, змінні навантаження та нерівномірні режими руху [10].

У складі модернізованих гальмівних механізмів тракторів дискове гальмо може виконувати функцію основного або допоміжного виконавчого вузла. Його застосування доцільне тоді, коли необхідно підвищити стабільність гальмування, полегшити контроль технічного стану, зменшити трудомісткість обслуговування або покращити тепловий режим роботи. Для тракторів, що експлуатуються тривалий час і проходять ремонт у майстернях аграрних підприємств, модернізація гальмівного вузла має практичне значення, оскільки дозволяє поєднати відновлення працездатності з підвищенням технічного рівня машини [15].

Основними конструктивними елементами дискового гальма є гальмівний диск, фрикційні накладки або колодки, супорт або притискний механізм, елементи приводу, напрямні кріпильні деталі, ущільнення та регулювальні елементи. Гальмівний диск сприймає фрикційне навантаження та відводить тепло, що утворюється під час гальмування. Фрикційні накладки створюють контакт із поверхнею диска. Притискний механізм забезпечує необхідне зусилля, а напрямні та кріпильні елементи відповідають за правильне положення деталей під час роботи [14].

Перевагою дискового гальма є відкритіша конструкція робочої зони. Це спрощує візуальний контроль стану диска, колодок, кріплень і слідів перегрівання. У багатьох випадках легше визначити граничне зношування накладок, наявність тріщин, задирів, деформації, нерівномірного контакту або забруднення поверхонь. Для ремонтної технології це має велике значення, оскільки полегшує дефектацію й підвищує ймовірність своєчасного виявлення несправностей [11].

Разом із перевагами дискові гальма мають і певні обмеження. Вони більш чутливі до якості фрикційних матеріалів, стану робочих поверхонь і точності складання. Якщо диск має надмірне биття, нерівномірну товщину, глибокі риски або сліди перегрівання, робота гальма стає нестабільною. Можуть виникати пульсації, вібрації, шум, нерівномірне зношування колодок і зниження ефективності гальмування. Тому модернізована технологія ремонту повинна передбачати не лише заміну зношених деталей, а й обов'язковий контроль геометричного стану диска та правильності роботи притискного механізму [12].

Порівняльну характеристику колодкових і дискових гальмівних механізмів наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Порівняльна характеристика колодкових і дискових гальмівних механізмів

Критерій порівняння	Колодковий гальмівний механізм	Дисковий гальмівний механізм
Конструктивна схема	Колодки взаємодіють із барабаном або робочою поверхнею закритого типу	Колодки притискаються до відкритого або напіввідкритого диска
Умови охолодження	Обмеженіші через закриту конструкцію	Кращі завдяки відкритій робочій зоні
Зручність контролю	Часто потребує часткового розбирання	Більшість дефектів простіше виявити візуально
Чутливість до регулювання	Висока, особливо щодо зазорів і рівномірності притискування	Висока щодо стану диска, напрямних і фрикційних накладок
Стійкість до повторних гальмувань	Може знижуватися при нагріванні	Зазвичай вища за рахунок кращого тепловідведення
Ремонтпридатність	Залежить від доступу до механізму й конструкції барабана	Зручна за умови доступності диска, колодок і суперта
Типові дефекти	Зношування накладок, овальність барабана, порушення зазорів	Зношування накладок, биття диска, риски, перегрів, заїдання напрямних

З таблиці 1.4 видно, що дисковий гальмівний механізм має низку переваг, які є важливими для модернізації технології ремонту. Насамперед це краща доступність для контролю, більш стабільне охолодження та зручність оцінювання стану фрикційних поверхонь. Однак ці переваги можуть бути

реалізовані лише за умови дотримання технологічної дисципліни під час ремонту.

Для сільськогосподарських тракторів особливо важливим є захист дискового гальма від забруднення. На відміну від дорожньої техніки, трактор працює в полі, де на деталі впливають пил, волога, глина, добрива, рослинні рештки та мастильні матеріали. Якщо такі забруднення потрапляють у зону контакту диска й накладок, знижується коефіцієнт тертя, виникає нерівномірне спрацювання, з'являються подряпини, місцеві перегріву та прискорене зношування. Тому під час модернізації потрібно передбачати конструктивні й технологічні заходи щодо очищення, захисту й контролю робочих поверхонь [13].

Одним із ключових питань є вибір фрикційних матеріалів. Накладки дискового гальма повинні забезпечувати стабільне тертя, витримувати нагрівання, не руйнувати робочу поверхню диска, мати достатню зносостійкість і не втрачати властивостей у разі короткочасного впливу вологи чи забруднення.

Для тракторної техніки важливо, щоб матеріал накладок був придатним до роботи в режимах періодичного гальмування з високими навантаженнями, а також мав достатній ресурс у запиленому середовищі [14].

Технологія ремонту дискового гальма має передбачати комплексну дефектацію. Недостатньо лише перевірити товщину накладок або замінити видимо зношені деталі. Необхідно також оцінити стан диска, рівномірність його поверхні, наявність тріщин, слідів перегрівання, корозії, забруднення, стан кріплень, напрямних, ущільнювальних елементів і деталей приводу. Особливу увагу слід приділяти причинам несправності, оскільки заміна деталей без усунення першопричини часто призведе до повторної відмови [7].

До типових напрямів модернізації технології ремонту дискових гальм у тракторній техніці можна віднести: удосконалення операцій очищення деталей, застосування контрольних шаблонів і вимірювального інструменту, упорядкування дефектаційних ознак, введення проміжного контролю після основних операцій, використання технологічних карт, регламентування операцій складання й регулювання, а також обов'язкову перевірку ефективності гальм після ремонту [15].

У таблиці 1.5 наведено основні переваги, які може забезпечити застосування дискового гальмівного вузла в межах модернізації ремонтної технології.

Таблиця 1.5 – Очікувані переваги застосування дискового гальмівного вузла в модернізованій технології ремонту

Напрямок покращення	Очікуваний технічний результат
Полегшення доступу до робочих поверхонь	Прискорення дефектації та підвищення якості контролю
Покращення тепловідведення	Зменшення ризику перегрівання під час повторних гальмувань
Візуальна оцінка стану деталей	Своєчасне виявлення тріщин, задирів, зношування й забруднення
Стандартизація ремонтних операцій	Зменшення ймовірності помилок під час ремонту
Рациональне регулювання	Підвищення рівномірності гальмування
Контроль після складання	Зниження ризику повторної несправності

Отже, дискові гальма мають значний потенціал для використання в модернізованих гальмівних механізмах сільськогосподарських тракторів. Їх застосування є доцільним за умови правильного конструктивного узгодження з машиною та розроблення якісної технології ремонту. Для трактора ХТЗ-121 це питання є актуальним, оскільки модернізація ремонтного процесу дозволяє підвищити безпеку експлуатації, зменшити трудомісткість обслуговування й забезпечити стабільнішу роботу гальмівного вузла в складних умовах аграрного виробництва.

1.4. Типові несправності гальмівних механізмів і причини їх виникнення

Несправності гальмівних механізмів тракторів виникають унаслідок природного зношування деталей, порушення правил експлуатації, несвоєчасного технічного обслуговування, забруднення робочих поверхонь, перегрівання корозії, неправильного регулювання або неякісного ремонту. Для трактора ХТЗ-121, який працює в умовах підвищеного ділового навантаження, змінного зчеплення з ґрунтом і значних тягових зусиль, ці чинники мають особливо важливе значення [6].

Найбільш поширеним дефектом гальмівних механізмів є зношування фрикційних накладок. Воно виникає внаслідок багаторазового контакту накладки з робочою поверхнею диска або барабана. За нормальних умов зношування відбувається поступово, але у разі потрапляння пилу, піску, мастила або вологи процес прискорюється. Нерівномірне зношування може свідчити про перекіс деталей, заїдання напрямних, неправильне регулювання або нерівномірний розподіл притискного зусилля [12].

Іншою характерною несправністю є забруднення робочих поверхонь. Потрапляння мастильних матеріалів, гідравлічної рідини, пилу або продуктів зношування на поверхню тертя призводить до зниження ефективності гальмування. У деяких випадках гальмо може спрацювати із запізненням або нерівномірно, а під час гальмування виникають ривки, шум чи вібрація. Забруднення також погіршує тепловий режим роботи, оскільки змінює характер контакту між фрикційними поверхнями [13].

Для дискових гальм особливо небезпечними є тріщини, задири, глибокі риси та місцеві сліди перегрівання на гальмівному диску. Такі дефекти можуть виникати через інтенсивне гальмування, роботу з перевантаженням, використання зношених накладок, потрапляння твердих частинок у зону тертя або неправильне складання механізму. Якщо диск має значні пошкодження, подальша експлуатація може призвести до зниження гальмівного моменту, руйнування фрикційних накладок або аварійної відмови [14].

Порушення регулювання гальмівного механізму також є поширеною причиною несправностей. Надмірний зазор між фрикційними елементами й робочою поверхнею призводить до збільшення ходу педалі, запізнення спрацювання та зменшення ефективності гальмування. Занадто малий зазор може спричинити підклинювання, нагрівання, прискорене зношування й підвищене навантаження на деталі. Для тракторів, які працюють у важких умовах, правильне регулювання має вирішальне значення для стабільної роботи гальм [8].

Суттєвий вплив на працездатність гальмівної системи має стан приводу. Для пневматичного приводу характерними несправностями можуть бути витіки

повітря, зниження тиску, порушення роботи клапанів, забруднення магістралей, несправність ущільнювальних елементів або неправильне спрацювання виконавчих пристроїв. У разі зниження ефективності приводу навіть справний гальмівний механізм не зможе створити необхідне притискне зусилля, що призведе до погіршення гальмівної дії [1].

Основні несправності гальмівних механізмів і причини їх виникнення систематизовано в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Типові несправності гальмівних механізмів трактора та причини їх виникнення

Несправність	Імовірні причини	Наслідки для роботи трактора
Зниження ефективності гальмування	Зношування накладок, забруднення поверхонь, порушення регулювання, несправність приводу	Збільшення гальмівного шляху, зниження безпеки руху
Нерівномірне гальмування	Різний стан гальмівних механізмів по колесах, перекид деталей, неоднакові зазори	Відведення трактора вбік, втрата стійкості
Шум або скрегіт під час гальмування	Зношені накладки, задири на диску, потрапляння твердих частинок	Пошкодження робочих поверхонь, прискорене зношування
Перегрівання гальмівного механізму	Малий зазор, підклинювання, часті гальмування, перевантаження	Втрата функційних властивостей, деформація деталей
Підвищення від педалі	Збільшені зазори, порушення регулювання, несправність приводу	Запізнення спрацювання гальм
Підклинювання механізму	Корозія, забруднення, заїдання напрямних, неправильне складання	Постійне тертя, перегрівання, втрата ресурсу
Вібрація під час гальмування	Биття диска, нерівномірна товщина, деформація деталей	Нестабільне гальмування, дискомфорт і пошкодження вузлів
Підтікання робочих рідин або витоки повітря	Зношування ущільнень, пошкодження магістралей, ослаблення з'єднань	Зниження ефективності приводу

Аналіз таблиці 1.6 показує, що більшість несправностей гальмівних механізмів мають комплексний характер. Наприклад, зниження ефективності гальмування може бути спричинене не лише зношуванням накладок, а й

порушенням регулювання, несправністю приводу або забрудненням робочих поверхонь. Тому під час ремонту необхідно встановлювати не тільки видимий дефект, а й причину його виникнення.

Особливу небезпеку становить нерівномірне гальмування. Для трактора з повним приводом і значною масою відведення вбік під час гальмування може призвести до втрати керуваності, особливо на слизькому ґрунті, дорозі з нерівномірним покриттям або під час руху з причепом. Причинами такого дефекту можуть бути різний ступінь зношування фрикційних накладок, неоднакове регулювання гальм по колесах, різний стан приводу або механічні пошкодження окремих елементів [9].

Несправності, пов'язані з перегріванням, часто виникають у разі тривалого або повторного гальмування. У сільськогосподарській експлуатації це може траплятися під час руху з вантажем, спуску з ухилів, частого маневрування або роботи з важкими причепами. Перегрівання призводить до зміни властивостей фрикційного матеріалу, втрати стабільності тертя, появи запаху перегрітих накладок, зміни кольору робочих поверхонь і прискореного руйнування деталей [14].

У практиці ремонту поширеною помилкою є усунення лише зовнішніх ознак несправності. Наприклад, заміна гальмівних накладок без очищення механізму, перевірки диска, напрямних і приводу може дати лише короточасний результат. Якщо причиною зношування було підклинювання механізму або перекіс деталей, нові накладки також швидко вийдуть із ладу. Саме тому модернізована технологія ремонту повинна бути побудована на принципі комплексної діагностики й дефектації [7].

До причин виникнення несправностей також належить використання неякісних запасних частин або невідповідних фрикційних матеріалів. У разі встановлення накладок із невідповідними характеристиками можливе зниження ефективності гальмування, підвищене зношування диска, шум, перегрівання або руйнування накладок. Тому під час ремонту слід застосовувати деталі, які відповідають технічним вимогам і умовам експлуатації трактора [12].

Отже, типові несправності гальмівних механізмів трактора ХТЗ-121 пов'язані зі зношуванням, забрудненням, перегріванням, порушенням регулювання та несправністю приводу. Їх виникнення значною мірою зумовлене важкими умовами експлуатації сільськогосподарської техніки. Для забезпечення якісного ремонту необхідно застосовувати технологію, яка передбачає повну перевірку вузла, виявлення причин несправностей і контроль якості після складання.

5 Аналіз чинної технології діагностування та ремонту гальмівних вузлів

Чинна технологія діагностування та ремонту гальмівних вузлів тракторів у ремонтних майстернях аграрних підприємств зазвичай включає зовнішній огляд, перевірку роботи гальм, часткове або повне розбирання механізму, очищення деталей, дефектацію, заміну або відновлення несправних елементів, складання, регулювання та контроль працездатності. Однак на практиці повнота виконання цих операцій значною мірою залежить від технічного оснащення майстерні, кваліфікації працівників, наявності технологічної документації та засобів контролю [7].

Початковим етапом діагностування є перевірка зовнішніх ознак несправності. До таких ознак належать збільшення гальмівного шляху, нерівномірне гальмування, відведення трактора вбік, підвищений хід педалі, шум, вібрація, перегрівання гальмівних механізмів, запах перегрітих фрикційних накладок або зниження ефективності стоянкового гальма. На цьому етапі важливо правильно зафіксувати скарги оператора та умови, за яких проявляється несправність [8].

Наступним етапом є перевірка приводу гальм. Для трактора з пневматичним приводом необхідно оцінити герметичність магістралей, стан з'єднань, роботу клапанів, наявність витоків повітря, швидкість наростання тиску та стабільність спрацювання виконавчих елементів. Якщо привід працює несправно, розбирання гальмівного механізму без усунення дефектів приводу не забезпечить повного відновлення працездатності системи [1].

Після попередньої перевірки виконується розбирання гальмівного вузла. На цьому етапі важливо дотримуватися технологічної послідовності, щоб не пошкодити деталі, кріплення, ущільнення та регульовальні елементи. Деталі мають бути очищені від пилу, бруду, продуктів зношування й залишків мастильних матеріалів. Якість очищення безпосередньо впливає на точність дефектації, оскільки забруднення можуть приховувати тріщини, задири, корозійні пошкодження та сліди перегрівання [11].

Дефектація деталей є одним із найважливіших етапів ремонту. Її мета полягає у визначенні технічного стану кожної деталі та прийнятті рішення щодо подальшого використання, відновлення або заміни. Для дискового гальма підлягають перевірці гальмівний диск, фрикційні накладки, супорт або притискний механізм, напрямні, кріплення, ущільнювальні елементи, важелі, пружини та інші деталі, що впливають на створення й передачу гальмівного зусилля [14].

Типову послідовність діагностування та ремонту гальмівного вузла наведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Типова послідовність діагностування та ремонту гальмівного вузла трактора

Етап	Зміст робіт	Очікуваний результат
1. Попередня діагностика	Оцінка скарг оператора, перевірка зовнішніх ознак несправності	Визначення характеру несправності
2. Перевірка приводу	Контроль герметичності, роботи клапанів, магістралей і виконавчих елементів	Встановлення справності або несправності приводу
3. Розбирання вузла	Демонтаж деталей із дотриманням технологічної послідовності	Доступ до елементів гальмівного механізму
4. Очищення деталей	Видалення бруду, пилу, продуктів зношування, мастила	Підготовка деталей до дефектації
5. Дефектація	Огляд і вимірювання деталей, визначення ступеня зношування	Рішення про придатність, відновлення або заміну
6. Ремонт або заміна	Відновлення придатних деталей або встановлення нових	Відновлення технічного стану механізму
7. Складання	Установлення деталей у правильній послідовності	Формування працездатного вузла

8. Регулювання	Встановлення необхідних зазорів і положення елементів	Забезпечення правильної роботи гальма
9. Контроль після ремонту	Перевірка спрацювання, рівномірності й ефективності гальмування	Підтвердження працездатності системи

Аналіз наведеної послідовності показує, що якість ремонту залежить від повноти виконання кожного етапу. Якщо хоча б один етап виконується формально або пропускається, зростає ризик повторної несправності. Наприклад, недостатнє очищення деталей ускладнює дефектацію, а відсутність контролю після складання не дозволяє своєчасно виявити неправильне регулювання або нерівномірність дії гальм.

У чинній практиці ремонту гальмівних вузлів часто спостерігаються такі недоліки: відсутність чіткої технологічної карти, недостатнє застосування вимірювального інструменту, орієнтація переважно на візуальний огляд, неповна перевірка приводу, недостатній контроль стану робочих поверхонь, відсутність проміжного контролю після складання та недостатнє документування результатів дефектації. Такі недоліки знижують якість ремонту й ускладнюють аналіз причин повторних відмов [15].

Для дискового гальмівного механізму особливо важливо контролювати стан гальмівного диска. Візуальний огляд дозволяє виявити лише частину дефектів, зокрема тріщини, глибокі риски, сліди перегрівання або забруднення. Однак для оцінювання биття, нерівномірності товщини або деформації потрібні відповідні засоби вимірювання. Якщо такі операції не виконуються, диск може бути встановлений повторно навіть за наявності дефектів, які згодом спричинять вібрацію, шум і нерівномірне гальмування [14].

Ще одним проблемним питанням є регулювання гальм після складання. У ремонтних умовах воно іноді виконується без достатнього контролю, що призводить до різної ефективності гальмівних механізмів по колесах. Для трактора це особливо небезпечно, оскільки нерівномірне гальмування може спричинити втрату курсової стійкості, особливо під час руху з причепом або на слизькому покритті [9].

Основні недоліки чинної технології ремонту та можливі шляхи їх усунення наведено в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Недоліки чинної технології ремонту гальмівних вузлів і напрями їх усунення

Виявлений недолік	Наслідки	Напрямок усунення
Відсутність деталізованої технологічної карти	Нестабільна якість ремонту, залежність від досвіду виконавця	Розроблення чіткої послідовності операцій
Недостатня дефектація деталей	Повторне встановлення деталей із прихованими дефектами	Запровадження обов'язкового контролю основних параметрів
Орієнтація лише на візуальний огляд	Невиявлення деформацій, биття, нерівномірного зношування	Використання вимірювального інструменту
Неповна перевірка приводу	Збереження причини несправності після ремонту	Комплексна перевірка приводу перед складанням
Недостатнє очищення деталей	Помилки дефектації, зниження ресурсу вузла	Регламентоване очищення та контроль чистоти
Відсутність проміжного контролю	Виявлення помилок лише після повного складання	Введення контролю після основних операцій
Неналежне регулювання	Нерівномірне гальмування, перегрівання	Регламентування порядку регулювання
Відсутність підсумкової перевірки	Ризик випуску несправного вузла з ремонту	Обов'язкова перевірка роботи гальм після складання

З таблиці 1.8 видно, що модернізація технології ремонту повинна бути спрямована не лише на зміну окремих операцій, а й на впорядкування всього ремонтного процесу. Це передбачає створення технологічної карти, визначення контрольних точок, застосування вимірювальних засобів, документування результатів дефектації та обов'язкову перевірку гальм після ремонту.

Важливим елементом модернізованої технології має бути контроль якості. Він повинен проводитися не лише наприкінці ремонту, а й після ключових операцій: очищення, дефектації, відновлення деталей, складання та регулювання. Такий підхід дозволяє виявляти помилки на ранніх етапах і не допускати їх накопичення в готовому вузлі [7].

Таким чином, чинна технологія діагностування та ремонту гальмівних вузлів трактора ХТЗ-121 потребує вдосконалення. Основними проблемами є недостатня деталізація операцій, обмежений контроль технічного стану деталей,

неповна перевірка приводу та відсутність системного підходу до контролю якості. Це обґрунтовує необхідність розроблення модернізованої технології ремонту дискового гальма, яка забезпечить вищу якість, надійність і безпечність експлуатації трактора.

1.6. Обґрунтування необхідності модернізації технології ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121

Необхідність модернізації технології ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121 зумовлена поєднанням кількох чинників: важкими умовами експлуатації машини, підвищеними вимогами до безпеки руху, природним зношуванням гальмівних деталей, недоліками традиційної ремонтної практики та потребою зменшення простою техніки. Гальмівна система є одним із вузлів, від справності якого безпосередньо залежить безпека оператора, збереження техніки та ефективність виконання сільськогосподарських робіт [8].

Для трактора ХТЗ-121 актуальність модернізації посилюється тим, що машина часто експлуатується в умовах значних тягових навантажень і тривалого строку служби. У багатьох господарствах така техніка проходить не лише планове технічне обслуговування, а й ремонт із частковим відновленням або заміною окремих вузлів. За таких умов важливо, щоб ремонт гальмівної системи не був формальним, а забезпечував реальне відновлення працездатності, прогнозований ресурс і відповідність вимогам безпечної експлуатації [6].

Модернізації технології ремонту передбачає вдосконалення не лише конструктивного підходу до гальмівного вузла, а й організації самого ремонтного процесу. Основна увага має бути приділена дефектації, контролю робочих поверхонь, вибору якісних запасних частин, правильному складанню, регулюванню та перевірці ефективності. Саме ці операції найбільше впливають на якість ремонту й подальшу надійність гальмівного механізму [15].

Однією з головних причин модернізації є потреба підвищення стабільності гальмування. У традиційній ремонтній практиці часто усувають лише очевидні дефекти, наприклад замінюють зношені накладки або підтягують регульовальні елементи. Проте без перевірки стану диска, напрямних, приводу й причин

нерівномірному зношуванню такий ремонт не гарантує тривалого результату. Модернізована технологія повинна передбачати повний цикл робіт — від діагностування до підсумкового контролю [7].

Іншим важливим аргументом є зменшення трудомісткості повторних ремонтів. Якщо ремонт виконано неякісно, трактор може знову вийти з експлуатації через короткий проміжок часу. Це призводить до втрати робочого часу, порушення агротехнічних строків, додаткових витрат на запасні частини та оплати праці ремонтників. У сільському господарстві простої техніки особливо небажані, оскільки багато операцій мають сезонний характер і повинні виконуватися в обмежені строки [3].

У таблиці 1.9 наведено основні чинники, які обґрунтовують необхідність модернізації технології ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121.

Таблиця 1.9 – Чинники, що обґрунтовують модернізацію технології ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121

Чинник	Сутність проблеми	Очікуваний результат модернізації
Важкі умови експлуатації	Пил, волога, абразивні частинки, змінні навантаження	Підвищення надійності гальмівного вузла
Зношування деталей	Поступова втрата фрикційних властивостей і геометричної точності	Своєчасне виявлення та усунення дефектів
Недостатня якість дефектації	Приховані дефекти залишаються після ремонту	Запровадження повного контролю деталей
Відсутність чіткої технологічної карти	Різна якість ремонту залежно від виконавця	Стандартизація ремонтного процесу
Ризик нерівномірного гальмування	Втрата стійкості руху, небезпека під час роботи з причепом	Підвищення безпеки експлуатації
Повторні відмови	Додаткові витрати й простої техніки	Зменшення кількості повторних ремонтів
Потреба в контролі якості	Недостатня перевірка після складання	Введення підсумкового випробування гальм

Аналіз таблиці 1.9 свідчить, що модернізація технології ремонту має технічне, організаційне та економічне значення. Технічне значення полягає у підвищенні працездатності й надійності гальмівного вузла. Організаційне — у впорядкуванні ремонтного процесу та зменшенні залежності якості ремонту від

індивідуального досвіду виконавця. Економічне — у скороченні простоїв, зменшенні витрат на повторні ремонти й продовженні ресурсу деталей.

Для дискового гальма особливо важливою є дефектація гальмівного диска та фрикційних накладок. Саме ці деталі безпосередньо беруть участь у створенні гальмівного моменту й працюють в умовах інтенсивного тертя. Якщо диск має пошкодження, а накладки зношені або забруднені, ефективність гальма знижується навіть за справного приводу. Тому модернізована технологія повинна містити чіткі вимоги до оцінювання стану цих елементів [14].

Крім того, слід враховувати стан допоміжних деталей: напрямних, пружин, кріплень, ущільнень і регулювальних елементів. У практиці ремонту саме ці деталі іноді залишаються поза належною увагою, хоча їх несправність може спричинити перехід, підклинювання, нерівномірне притискання колодок і прискорене зношування фрикційних поверхонь. Отже, якісний ремонт дискового гальма повинен бути комплексним [11].

Модернізована технологія ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121 має базуватися на таких принципах:

- попереднє діагностування гальмівної системи до розбирання вузла;
- перевірка справності приводу та виконавчих елементів;
- повне очищення деталей перед дефектацією;
- контроль стану фрикційних поверхонь;
- виявлення причин зношування, перегрівання або нерівномірної роботи;
- заміна деталей, які не відповідають технічним вимогам;
- правильне складання з дотриманням технологічної послідовності;
- регулювання механізму після складання;
- обов'язкова перевірка ефективності роботи гальмівного вузла.

Упровадження цих принципів дозволить підвищити якість ремонту, зменшити ризик повторних відмов і забезпечити стабільнішу роботу гальмівної системи. Особливо важливо, що модернізована технологія може бути реалізована в умовах звичайної ремонтної майстерні за умов наявності базового комплексу інструментів, вимірювальних засобів, пристроїв для очищення деталей і технологічної документації [15].

Очікувані результати модернізації технології ремонту дискового гальма наведено в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Очікувані результати модернізації технології ремонту дискового гальма

Напрямок модернізації	Очікуваний результат
Удосконалення діагностування	Точніше визначення несправностей до розбирання вузла
Поліпшення очищення деталей	Підвищення достовірності дефектації
Запровадження повної дефектації	Виявлення прихованих дефектів і причин несправностей
Стандартизація ремонтних операцій	Стабільна якість виконання робіт
Контроль стану диска й накладок	Підвищення ефективності та рівномірності гальмування
Регламентоване складання й регулювання	Зниження ризику перекосу, підclinювання та перегрівання
Підсумковий контроль	Підтвердження працездатності вузла після ремонту
Документування результатів	Можливість аналізу повторних несправностей і планування обслуговування

Таким чином, модернізація технології ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121 є обґрунтованою та доцільною. Вона спрямована на підвищення безпеки експлуатації, покращення якості ремонтних робіт, зменшення простоїв техніки та підвищення ресурсу гальмівного вузла. Запропонований підхід дозволяє перейти від формального ремонту за фактом несправності до системного відновлення працездатності гальмівної системи з урахуванням конструкції, умов експлуатації та вимог технічного сервісу.

Висновок до розділу 1

Гальмівна система трактора ХТЗ-121 працює в складних умовах, які спричиняють інтенсивне зношування, забруднення, порушення регулювань і зниження ефективності гальмування. Штатна конструкція трактора передбачає застосування колодкових гальм із пневматичним приводом, однак у межах модернізації доцільно розглядати дисковий гальмівний вузол як технічне рішення, що може підвищити ремонтпридатність, стабільність роботи та якість контролю.

РОЗДІЛ 1. ПРОЄКТУВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ДИСКОВОГО ГАЛЬМА ТРАКТОРА ХТЗ-121

2.1. Вихідні дані для розроблення технологічного процесу ремонту

Розроблення технологічного процесу ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121 повинно ґрунтуватися на аналізі конструктивних особливостей трактора, умов його експлуатації, характеру типових несправностей гальмівного вузла, можливостей ремонтної майстерні та вимог до безпеки експлуатації сільськогосподарської техніки. Оскільки гальмівна система належить до систем активної безпеки, її ремонт має виконуватися не за спрощеною схемою усунення видимих дефектів, а як повноцінний технологічний процес із діагностуванням, дефектацією, відновленням або заміною деталей, складанням, регулюванням і підсумковим контролем [1; 7].

У межах цієї роботи дискове гальмо розглядається як модернізований гальмівний вузол, застосування якого спрямоване на підвищення ремонтпридатності, стабільності гальмування, доступності контролю та якості технічного обслуговування. Такий підхід є доцільним для тракторів, що тривалий час експлуатуються в аграрному виробництві та потребують удосконалення ремонтної технології з урахуванням сучасних вимог до надійності, безпеки та ресурсозбереження [8; 10].

Вихідними даними для проектування технологічного процесу є: призначення трактора ХТЗ-121, умови роботи гальмівного механізму, типові дефекти деталей, вимоги до якості ремонту, доступне обладнання ремонтної дільниці, кваліфікація виконавців, прийнята організація робочого місця та необхідність забезпечення контролю після виконання ремонтних операцій. При цьому важливо враховувати, що технологія ремонту повинна бути придатною для використання в умовах ремонтної майстерні сільськогосподарського підприємства або навчально-виробничої майстерні [3; 11].

До основних експлуатаційних чинників, які визначають складність ремонту дискового гальма трактора, належать запиленість робочого середовища, потрапляння вологи та абразивних частинок, багаторазові цикли гальмування, робота з причіпними агрегатами, нерівномірність навантаження та тривалі простой техніки між сезонами. Ці чинники можуть спричинити зношування

фрикційних накладок, утворення рисок і задирів на поверхні диска, корозійні пошкодження, втрата рухомості напрямних, порушення регулювання та зниження ефективності приводу [6; 12].

Основні вихідні дані, які приймаються для розроблення технологічного процесу ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121, наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розроблення технологічного процесу ремонту дискового гальма трактора ХТЗ-121

Показник	Прийнята характеристика
Об'єкт ремонту	Дисковий гальмівний механізм трактора ХТЗ-121
Вид ремонту	Поточний ремонт із елементами модернізації технології
Призначення вузла	Забезпечення уповільнення, зупинки та безпечного утримання трактора
Умови експлуатації	Польові роботи, транспортні переїзди, робота з причіпними й навісними агрегатами
Основні види навантаження	Механічне, теплове, абразивне, корозійне
Основні дефекти	Зношування накладок, пошкодження диска, забруднення, заїдання напрямних, порушення регулювання
Місце виконання ремонту	Ремонтна майстерня аграрного підприємства або навчально-виробнича майстерня
Основна мета ремонту	Відновлення працездатності, підвищення надійності та стабільності гальмування
Основний напрям модернізації	Удосконалення дефектації, контролю, технологічної послідовності та якості складання

Наведені в таблиці 2.1 дані визначають загальну логіку розроблення технологічного процесу. Вони показують, що ремонт дискового гальма повинен передбачати не лише заміну несправних деталей, а й комплексну оцінку технічного стану вузла. Особливу увагу слід приділити деталям, які безпосередньо беруть участь у створенні гальмівного моменту: гальмівному диску, фрикційним накладкам, притискному механізму, напрямним і елементам приводу [12; 14].

До технологічного процесу ремонту висуваються такі основні вимоги: послідовність виконання операцій, повнота дефектації, наявність проміжного й підсумкового контролю, можливість повторення процесу різними виконавцями без втрати якості, безпечність виконання робіт, відповідність інструменту та

обладнання характеру ремонтних операцій. Також необхідно забезпечити документування результатів дефектації, оскільки це дає змогу аналізувати причини несправностей і попереджувати їх повторне виникнення [7; 15].

Загальні вимоги до модернізованої технології ремонту дискового гальма подано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вимоги до модернізованої технології ремонту дискового гальма

Група вимог	Зміст вимог
Технічні	Повне відновлення працездатності гальмівного механізму, усунення причин несправностей, забезпечення стабільності гальмування
Технологічні	Чітка послідовність операцій, наявність дефектації, очищення, складання, регулювання та контролю
Організаційні	Рациональне розміщення обладнання, інструменту й деталей на робочому місці
Контрольні	Перевірка стану деталей до складання, контроль після регулювання, підсумкова перевірка працездатності
Економічні	Зменшення вартості техніки, зниження витрат на повторні ремонти, підвищення ресурсу вузла
Безпекові	Недопущення випуску з ремонту вузла з ознаками несправності, дотримання вимог охорони праці

Отже, вихідні дані для розроблення технологічного процесу свідчать про необхідність комплексного підходу до ремонту дискового гальма. Технологія повинна бути не випадковою сукупністю ремонтних дій, а впорядкованим процесом, який забезпечує керувану якість, контрольованість результату та безпечну подальшу експлуатацію трактора ХТЗ-121.

2.2. Дефектація деталей дискового гальма та визначення ремонтпридатності

Дефектація є одним із ключових етапів ремонту дискового гальма, оскільки саме на цьому етапі визначається фактичний технічний стан деталей, можливість їх подальшого використання, потреба у відновленні або необхідність заміни. Якість дефектації безпосередньо впливає на надійність відремонтованого вузла. Якщо дефект не буде виявлений на цьому етапі, він може проявитися після складання та спричинити повторну відмову гальмівного механізму [7; 14].

Дефектація деталей дискового гальма повинна виконуватися після повного очищення вузла від пилу, бруду, продуктів зношування, слідів мастильних матеріалів та корозійних відкладень. Забруднення не лише погіршує умови огляду, а й може приховувати тріщини, задири, місцеві перегріви, корозійні пошкодження й інші дефекти. Тому очищення слід розглядати як обов'язкову підготовчу операцію перед контролем [11; 13].

Основними деталями, які підлягають дефектації під час ремонту дискового гальма, є гальмівний диск, фрикційні накладки, колодки, супорт або притискний механізм, напрямні, кріпильні елементи, ущільнення, пружини, важелі, елементи приводу та регулювальні деталі. Для кожної з цих деталей необхідно визначити можливі дефекти, спосіб їх виявлення та рішення щодо ремонтпридатності [12].

Загальний перелік деталей дискового гальма, що підлягають дефектації, наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Деталі дискового гальма, що підлягають дефектації

Деталь або вузол	Основні параметри контролю	Мета дефектації
Гальмівний диск	Стан робочих поверхонь, наявність рисок, тріщин, перегріву, деформації	Визначення придатності до подальшої роботи або заміни
Фрикційні накладки	Ступінь зношування, різномірність спрацювання, забруднення, відшарування	Визначення можливості використання або необхідності заміни
Колодки	Стан основи, кріплення накладок, відсутність деформації	Оцінка міцності й правильності контакту
Супорт або притискний механізм	Рухомість, відсутність заїдання, стан посадкових місць	Забезпечення рівномірного притискання накладок
Напрямні	Чистота, зношування, корозія, легкість переміщення	Запобігання перекосу й підклинюванню
Кріпильні елементи	Стан різьби, головок, посадкових поверхонь	Забезпечення надійного складання
Ущільнення	Еластичність, відсутність тріщин і пошкоджень	Запобігання потраплянню бруду та втраті герметичності
Регулювальні елементи	Справність, відсутність зношування й заїдання	Забезпечення правильного регулювання
Елементи приводу	Справність передачі зусилля, герметичність, робочий хід	Забезпечення повного спрацювання гальма

Дані таблиці 2.3 свідчать, що дефектація повинна охоплювати не лише основні фрикційні елементи, а й допоміжні деталі, які забезпечують правильне положення, переміщення та спрацювання гальмівного механізму. У практиці ремонту саме допоміжні елементи часто недооцінюються, хоча їх несправність може призвести до нерівномірного зношування, перегрівання, шуму або втрати ефективності гальмування [15].

Гальмівний диск є однією з найбільш відповідальних деталей дискового гальма. Під час експлуатації він працює в умовах тертя, нагрівання та механічного навантаження. Основними дефектами диска є зношування робочих поверхонь, утворення рисок, задирів, тріщин, місцевих плям перегріву, корозії, деформації та біття. Наявність таких дефектів знижує стабільність гальмування, прискорює зношування накладок і може спричинити вібрацію під час роботи [14].

Фрикційні накладки підлягають особливо уважному контролю. Їх технічний стан визначає ефективність створення гальмівного моменту. До типових дефектів накладок належать граничне зношування, нерівномірне спрацювання, замаслення, тріщини, сколи, відшарування від основи, перегрівання та втрата фрикційних властивостей. Накладки з ознаками руйнування або забруднення мастильними матеріалами не повинні повторно встановлюватися без відповідної оцінки та усунення причин дефекту [12; 13].

Основні дефекти деталей дискового гальма та рішення за результатами дефектації подано в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Дефекти деталей дискового гальма та рішення щодо ремонтпридатності

Деталь	Можливий дефект	Спосіб виявлення	Рішення за результатами дефектації
Гальмівний диск	Риски, задирі, сліди перегріву	Візуальний огляд, інструментальний контроль	Обробити, якщо дефект незначний; замінити при значному пошкодженні

Гальмівний диск	Тріщини або деформація	Огляд, контроль биття, перевірка поверхні	Замінити
Фрикційні накладки	Граничне або нерівномірне зношування	Огляд, вимірювання товщини	Замінити комплектом
Фрикційні накладки	Замаслення, відшарування, тріщини	Огляд, перевірка поверхні	Замінити
Супорт	Задання рухомих елементів	Перевірка переміщення	Очистити, відновити рухомість або замінити пошкоджені деталі
Напрявні	Корозія, забруднення, зношування	Огляд, перевірка ходу	Очистити, змастити відповідним матеріалом або замінити
Кріплення	Пошкодження різьби, деформація	Огляд, пробне загвинтування	Замінити
Ущільнення	Тріщини, втрата еластичності	Огляд, перевірка стану матеріалу	Замінити
Привід	Битоки, неповне спрацювання	Перевірка герметичності й роботи	Усунути несправність до складання вузла

Аналіз таблиці 2.4 показує, що рішення щодо ремонтпридатності повинне прийматися з урахуванням характеру дефекту та його впливу на безпечність роботи гальмівного механізму. Для деталей, які безпосередньо впливають на гальмівну дію, недопустиме формальне залишення в роботі за наявності небезпечних дефектів. Якщо гальмівний диск має тріщини або значну деформацію, його доцільно замінити, оскільки відновлення такої деталі не гарантує стабільної та безпечної роботи [14].

Під час дефектації важливо враховувати комплектність деталей. Наприклад, фрикційні накладки доцільно замінювати комплектом, а не вибірково. Встановлення нової накладки разом зі значно зношеною може спричинити нерівномірне гальмування та перекіс притискання. Так само після заміни накладок необхідно перевірити стан диска, оскільки нові фрикційні елементи не забезпечать стабільної роботи при пошкодженій або забрудненій робочій поверхні [12].

Ремонтпридатність деталей визначається за трьома основними критеріями: технічним, економічним і безпековим. Технічний критерій передбачає можливість відновлення геометричних, фрикційних або функціональних властивостей деталі. Економічний критерій враховує доцільність відновлення порівняно із заміною. Безпековий критерій є визначальним для гальмівної системи: якщо після відновлення неможливо гарантувати безпеку роботу деталі, вона підлягає заміні [7; 15].

Отже, дефектація деталей дискового гальма трактора ХТЗ-121 повинна виконуватися комплексно, з обов'язковим контролем основних і допоміжних елементів. Такий підхід дозволить не лише виявити пошкоджені деталі, а й установити причини несправності, що є необхідною умовою якісного ремонту та попередження повторних відмов.

2.3. Розроблення раціональної послідовності операцій ремонту

Раціональна послідовність операцій ремонту дискового гальма повинна забезпечувати повне відновлення працездатності вузла з мінімальними витратами часу, матеріалів і трудових ресурсів. При цьому скорочення тривалості ремонту не повинно досягатися шляхом пропуску обов'язкових контрольних операцій, оскільки гальмівна система безпосередньо впливає на безпеку експлуатації трактора [8].

Ремонтний процес доцільно будувати за принципом послідовного переходу від загального діагностування до детальної дефектації, а потім — до відновлення, складання, регулювання й контролю. Такий порядок дозволяє спочатку встановити загальний характер несправності, потім уточнити стан окремих деталей, прийняти рішення щодо їх ремонтпридатності й лише після цього виконувати відновлювальні операції [7; 11].

Перед початком ремонту трактор необхідно встановити на рівний майданчик або ремонтний пост, зафіксувати від самовільного переміщення, очистити зону розташування гальмівного вузла та забезпечити доступ до механізму. Роботи слід виконувати з дотриманням вимог охорони праці,