

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

**«ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ АГРЕГАТИВ
ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ МОБІЛЬНИХ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН»**

Виконав:

здобувач освітнього ступеня «Магістр»
освітньо-професійної програми
«Агроінженерія» спеціальності 208
«Агроінженерія» денної форми навчання
НІМИЧКО Дмитро Ігорович

Керівник:

канд. техн. наук, доцент
БОНЧИК Віталій Семенович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____

Шкала ECTS _____

« _____ » _____ 2025 р.

Допускається до захисту:

« _____ » _____ 2025 р.

Гарант освітньо-професійної програми «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія», канд. техн. наук, доцент

ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович

м. Кам'янець-Подільський, 2025

ЗМІСТ

	Стор
Завдання на виконання кваліфікаційної роботи.....	5
Анотація.....	6
Реферат.....	7
Перелік умовних скорочень, термінів, символів, позначень.....	8
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ АГРЕГАТІВ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ МОБІЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН.....	13
1.1 Сучасна гідрофікація мобільних машин сільськогосподарського призначення.....	13
1.2 Дослідження причин відмов гідравлічних агрегатів та напрямки підтримки та відновлення їх ресурсу.....	20
1.3 Комплексна система забезпечення роботоздатності гідроприводів.....	22
1.3.1 Задачі і методи виконання технічного обслуговування.....	22
1.3.2 Стратегії і тактики забезпечення роботоздатності гідромашин.....	23
1.4 Моделі визначення періодичності технічного обслуговування.....	25
Висновки і завдання досліджень.....	27
2 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПІДТРИМАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ АГРЕГАТІВ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ.....	29
2.1 Оцінка ремонтної технологічності деталей гідророзподільника Р-80.....	29
2.2 Оцінка ремонтної технологічності деталей аксіально-поршневих агрегатів гідравлічного приводу трансмісії мобільної машини.....	33
2.3 Аналітичні дослідження з обґрунтування способів діагностування гідравлічних агрегатів.....	38
2.4 Спосіб діагностування шестеренного насоса гідравлічної системи зернозбирального комбайна.....	39
2.5 Спосіб діагностування технічного стану системи керування робочого об'єму аксіально-поршневих гідромашин.....	41

Висновки до другого розділу.....	42
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	44
3.1 Програма експериментальних досліджень	44
3.2 Адаптована класифікація несправностей гідравлічних агрегатів сільськогосподарської техніки.....	44
3.3 Методика визначення технічного стану насоса за градієнтом тиску в нагнітаючій магістралі.....	47
3.4 Методика проведення досліджень з визначення технічного стану системи керування робочим об'ємом аксіально-поршневого гідронасоса	48
Висновки до третього розділу.....	50
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	51
4.1 Результати визначення технічного стану насоса за градієнтом тиску в нагнітаючій магістралі.....	51
4.2 Результати досліджень з визначення технічного стану елементів системи керування робочим об'ємом гідронасоса.....	52
4.3 Засоби діагностування гідравлічного приводу в умовах експлуатації.....	55
Висновки до четвертого розділу.....	57
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	58
5.1 Охорона праці в товаристві з обмеженою відповідальністю.....	58
5.2 Аналіз умов праці та пожежної безпеки в майстерні з технічного сервісу гідравлічних агрегатів.....	59
5.3 Вимоги з охорони праці при проведенні технічного обслуговування гідравлічних систем.....	63
5.4 Дії у надзвичайних ситуаціях. Порядок дій у разі пожежі.....	66
Висновки до п'ятого розділу.....	67
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	68
Висновки до шостого розділу.....	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	74

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін
Освітній ступінь «Магістр»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри,
доцент _____ Василь ДУГАНЕЦЬ
«_____» _____ 2025 р

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Здобувачу НІМИЧКУ Дмитру Ігоровичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування технічного сервісу агрегатів гідравлічних систем мобільних сільськогосподарських машин»

2. Керівник роботи: БОНЧИК Віталій Семенович, доцент

Затверджено наказом по закладу вищої освіти «Подільський державний університет» від «04» квітня 2025 року, № 355с

Строк подання здобувачем закінченої роботи «24» листопада 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Завдання на кваліфікаційну роботу
2. Науково-технічна література з ремонту гідравлічних систем
3. Авторські свідоцтва і патенти на винаходи
4. Результати наукових досліджень

4. Зміст пояснювальної записки:

Вступ

1. Аналіз конструктивних особливостей агрегатів гідравлічних систем мобільних сільськогосподарських машин
 2. Аналітичні дослідження з підтримання та відновлення роботоздатності агрегатів гідравлічних систем
 3. Програма і методика експериментальних досліджень
 4. Результати експериментальних досліджень
 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
 6. Техніко-економічна оцінка результатів досліджень
- Загальні висновки по роботі
Список використаних джерел
Додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

1. Тема кваліфікаційної роботи, прізвище доповідача та керівника, рік захисту
2. Актуальність теми роботи та проблема дослідження
3. Мета, об'єкт, предмет дослідження
4. Завдання роботи
5. Схема гідропривода рульового керування коренезбиральної машини КС-6Б
6. Класифікація причин відмов
7. Схема організації технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарських машин
8. Ймовірність технічного стану ресурсолімітуючих деталей, які потребують ремонту

9. Показники оцінки ремонтної технологічності деталей гідророзподільника, які потребують ремонту
 10. Загальний вид панелі керування і контролю показників стенда КИ-4200М
 11. Загальний вид експериментальної установки
 12. Залежність між технічним станом шестеренного насоса і часом наростання тиску в нагнітаючій магістралі при значенні зазору
 13. Принципова схема діагностування технічного стану двухпоточного аксіально-поршневого насоса
 14. Техніко-економічні показники
 15. Загальні висновки по роботі
6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Консультант з нормоконтролю	ДЕВІН В.В., доцент		

Дата видачі завдання «04» квітня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділів кваліфікаційної роботи	Строк виконання розділів роботи		Підпис керівника
		планово	фактично	
	Вступ	15.04.25	15.04.25	
1	Аналіз конструктивних особливостей агрегатів гідравлічних систем мобільних сільськогосподарських машин	12.05.25	12.05.25	
2	Аналітичні дослідження з підтримання та відновлення роботоздатності агрегатів гідравлічних систем	05.06.25	05.06.25	
3	Програма і методика експериментальних досліджень	30.06.25	30.06.25	
4	Результати експериментальних досліджень	18.09.25	18.09.25	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	15.10.25	15.10.25	
6	Техніко-економічна оцінка результатів досліджень	31.10.25	31.10.25	
	Загальні висновки по роботі	06.11.25	06.11.25	
	Список використаних джерел	18.11.25	18.11.25	
	Додатки	24.11.25	24.11.25	

Здобувач

Керівник

Дмитро НІМИЧКО

Віталій БОНЧИК

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі магістра представлено технічне рішення, щодо забезпечення експлуатаційної надійності гідравлічних систем зернозбиральних комбайнів за рахунок удосконалення заходів з їх технічного обслуговування та діагностування. Позитивний результат досягається завдяки розробленій експериментальній установці, що забезпечує роботу гідравлічної трансмісії на основних режимах і дає можливість відтворити моделювання фізичних процесів в відповідності до експлуатаційних умов.

THE SUMMARY

The master's qualification work presents a technical solution to ensure the operational reliability of hydraulic systems of combine harvesters by improving their maintenance and diagnostics. A positive result is achieved thanks to the developed experimental setup, which ensures the operation of the hydraulic transmission in the main modes and makes it possible to reproduce the modeling of physical processes in accordance with operating conditions.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки, виконаної машинописним способом на 78 аркушах формату А4, яка вміщує 6 розділів, 14 таблиць, 22 рисунки, 26 найменувань використаних джерел і презентаційного матеріалу на 15 аркушах.

Метою кваліфікаційної роботи є забезпечення експлуатаційної надійності гідравлічних систем зернозбиральних комбайнів за рахунок удосконалення заходів з їх технічного обслуговування та діагностування.

У роботі проведено аналіз конструктивних особливостей агрегатів гідравлічних систем мобільних машин сільськогосподарського призначення.

Розраховано показники ремонтної технологічності гідравлічних агрегатів, що обумовлюють обмеження ресурсу гідравлічної системи.

Розроблено методику визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування гідроагрегатів.

Розроблено методику експериментальних досліджень по виявленню взаємозв'язку між технічним станом гідронасосу і градієнтом тиску робочої рідини.

Розроблено заходи з удосконалення системи технічного сервісу гідроприводу комбайна для умов експлуатації.

Проведені розрахунки техніко-економічної ефективності, де річний економічний ефект становить 203506,88 грн, а термін окупності матеріальних затрат 0,5 року.

Ключові слова: ГІДРАВЛІЧНА СИСТЕМА, ГІДРОПРИВОД, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, МОБІЛЬНА МАШИНА, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ,
ТЕРМІНІВ, СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ

Скорочення	Розшифровка скорочень
КРМ	Кваліфікаційна робота магістра
ЕК	Екзаменаційна комісія
ПЕОМ	Персональна електронно-обчислювальна машина
ДСТУ	Державний стандарт України
ККД	Коефіцієнт корисної дії
БФЕ	Багатофакторний експеримент
ПР	Поточний ремонт

ВСТУП

Актуальність теми. Якісне та своєчасне проведення агротехнічних робіт в значній мірі обумовлюється кількісним складом сільськогосподарської техніки та її надійністю. На сьогоднішній день, в агропромисловому комплексі України спостерігаються тенденції до зменшення закупівлі імпортої нової техніки, що обумовлюється значною вартістю машин, а також вітчизняних сільськогосподарських машин, в зв'язку з практичною відсутністю їх власного виробництва. Особливо це стосується кормо-та зернозбиральних комбайнів.

Експлуатаційна надійність імпортих зернозбиральних комбайнів формується за рахунок якісного виготовлення вузлів та агрегатів сільськогосподарської машини та налагодженої системи технічного сервісу своєї продукції, завдяки дилерським центрам. Особливо це стосується агрегатів гідравлічних систем зернозбиральних комбайнів, до яких в умовах експлуатації висуваються високі технічні вимоги за якістю робочої рідини, складом та об'ємом робіт з їх технічного сервісу.

Менша цінова політика вітчизняної техніки не забезпечила зростання її попиту у сільськогосподарських підприємств, в результаті відсутності розгалуженої системи філій та дилерських центрів, для проведення робіт з їх технічного сервісу, що характеризується значними витратами із-за простоювання техніки в результаті очікування сервісних робітників і запасних частин, якщо несправність усувається в польових умовах, та сервісних центрів, якщо несправність необхідно усунути безпосередньо в спеціалізованому підприємстві.

Найбільш популярною системою сервісного обслуговування є дилерська система [1,2], яка передбачає проведення технічного обслуговування та ремонту в гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації машини, діагностування ресурсного і заявочного, постачання запчастин та техніки, проведення консультацій та ін.

Якісне проведення сервісних робіт дилерськими центрами забезпечує експлуатаційну надійність мобільних машин та їх складових і визначає конкурентоспроможність виробника, який організував технічний сервіс своєї продукції, що забезпечує високу якість ремонтно-обслуговуючих робіт при мінімальних цінах.

В умовах агропромислового комплексу дуже складно забезпечити експлуатаційну надійність зернозбиральних комбайнів в відповідності до технічних вимог, що обумовлюється не достатньою кількістю спеціалізованих сервісних центрів, реалізацією функціональної діагностики для виявлення технічного стану агрегатів гідравлічних систем, що не завжди можливо і супроводжується значною трудомісткістю робіт. Відновлення роботоздатного стану машини в своїй більшості зводиться до заміни вузла або агрегату, який втратив роботоздатність, як правило власними силами. Отже питання організації технічного сервісу зернозбиральних комбайнів та їх гідравлічних систем являються актуальними і потребують детальних досліджень.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи є забезпечення експлуатаційної надійності гідравлічних систем зернозбиральних комбайнів за рахунок удосконалення заходів з їх технічного обслуговування та діагностування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Провести аналіз конструктивних особливостей агрегатів гідравлічних систем мобільних машин сільськогосподарського призначення.
2. Аналітично визначити показники ремонтної технологічності гідравлічних агрегатів, що обумовлюють обмеження ресурсу гідравлічної системи.
3. Розглянути методику визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування гідроагрегатів.
4. Обґрунтувати спосіб діагностування технічного стану гідроагрегатів вимірюванням градієнту тиску робочої рідини.
5. Розробити методику експериментальних досліджень по виявленню взаємозв'язку між технічним станом гідронасосу і градієнтом тиску робочої рідини.

Об'єкт дослідження – агрегати гідравлічної системи комбайна.

Предмет дослідження - процеси забезпечення функціонування агрегатів гідравлічної системи комбайна, як сукупність взаємоузгоджених зв'язків між параметрами технічного стану їх складових частин.

Методи дослідження. Експериментальні дослідження проводилися у лабораторних умовах на стенді. Обробка результатів здійснювалась на ПЕОМ з використанням загальноприйнятих методик обробки результатів експериментів.

Практичне значення. Практичне значення отриманих результатів роботи полягає в наступному:

- розроблена експериментальна установка, що забезпечує роботу гідравлічної трансмісії на основних режимах і дає можливість відтворити моделювання фізичних процесів в відповідності до експлуатаційних умов;

- розроблена методика для визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування гідроагрегатів;

- отримані залежності між технічним станом насоса і часом на протязі якого насос виходить на робочий тиск, що зменшує об'ємну подачу насоса з 0,94с до 0,41с і приводить до збільшення часу виходу насоса на заданий тиск в нагнітаючій магістралі відповідно з 0,41 с до 1,45 с.

Впровадження результатів дослідження. Результати роботи впроваджені в навчальний процес на кафедрі технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін по дослідженню параметрів гідравлічних систем зернозбиральних комбайнів.

Особистий внесок здобувача вищої освіти. Основні результати роботи отримані автором самостійно. Постановка проблеми і задач дослідження та їх аналіз виконаний автором спільно з керівником.

Особисто здобувачем розроблено методику експериментальних досліджень по виявленню взаємозв'язку між технічним станом гідронасосу і градієнтом тиску робочої рідини.

Публікації. За матеріалами роботи опубліковано 2 статті у збірниках матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців ЗВО «ПДУ» і Житомирського агротехнічного фахового коледжу у 2025 році.

1 АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ АГРЕГАТІВ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ МОБІЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

1.1 Сучасна гідрофікація мобільних машин сільськогосподарського призначення

До мобільних машин сільськогосподарського призначення, які оснащені гідравлічними системами, слід віднести комбайни, трактори і автомобілі. При цьому найбільш гідрофікованими являються комбайни, що обумовлюється специфікою їх роботи.

Вперше в 1957 році на зернозбиральному комбайні С-4 застосували гідравлічний привод підймання жнивarki [3]. Враховуючи переваги гідроприводу [4]: стосовно малої ваги та об'єму, що припадає на одиницю потужності, що передається; простоти здійснення безступінчастого регулювання швидкостей і високого ступеня редукції; високого коефіцієнта корисної дії; надійності; стійкості заданих режимів роботи; простоти керування та обслуговування; незалежного розміщення складових частин; дистанційного керування; надійного захисту від перевантаження; автоматизації технологічних процесів, а також універсальності комбайнобудівники гідрофікації своїх виробів приділили належну увагу [5].

В сучасних комбайнах в залежності від їх призначення гідрофікованими є рульове керування, ходова система і більшість технологічних механізмів.

Гідроприводи рульового керування застосовують з дросельним і об'ємним регулюванням потоку робочої рідини. В гідроприводах з дросельним регулюванням існує механічний зв'язок між механічними елементами повертання напрямних коліс і елементами керування потоком робочої рідини. Об'ємне регулювання потоком робочої рідини здійснюється за допомогою спеціальної конструкції насоса-дозатора. На рисунку 1.1 представлена схема гідроприводу рульового керування коренезбиральної (бурякозбиральної) машини КС-6Б.

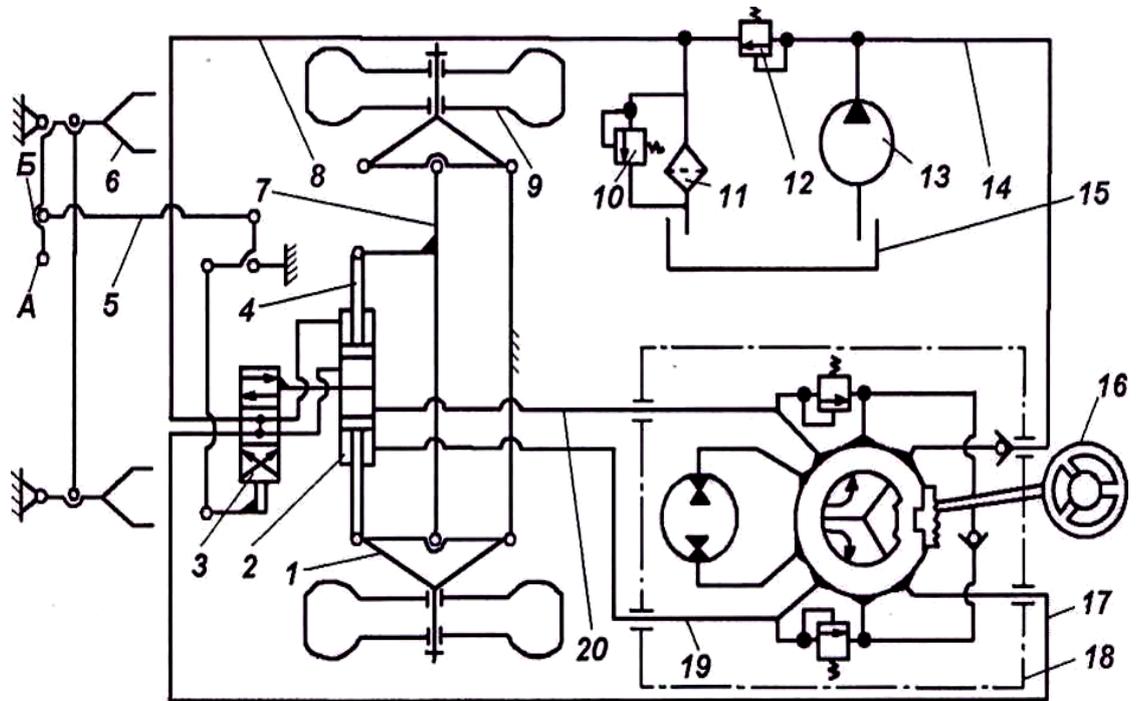


Рисунок 1.1 – Схема гідропривода рульового керування коренезбиральної (бурякозбиральної) машини КС-6Б: 1- поворотний кронштейн; 2 - основний гідроциліндр; 3 - розподільник; 4 - допоміжний гідроциліндр; 5 - тяга; 6 - копіводій; 7 - балка переднього моста; 8 - зливний трубопровід; 9 - кероване колесо; 10 - запобіжний клапан фільтра; 11 - фільтр; 12 - запобіжний клапан гідроприводу; 13 - шестеренний насос; 14 - напірний трубопровід; 15 - бак; 16 - рульове колесо; 17, 19 і 20 - трубопроводи; 18 - насос-дозатор; А, Б - отвори у важелі

Цей гідропривід крім керування напрямними колесами машини в ручному режимі, забезпечує також автоматичне керування напрямними колесами машини з потрібною точністю уздовж збираних рядків. Оператор в ручному режимі керує машиною в разі транспортних переїздів, розворотів, відключеннях копівів автоматичної системи, а також коригування напрямку руху коли гідропривід працює в автоматичному режимі.

Деякі зразки зернозбиральних комбайнів [6] комплектуються гідравлічним приводом з автопілотом (рис. 1.2). Такий гідропривід забезпечує прямолінійне переміщення комбайна, без коригування руху комбайнером, навіть на косогорі.

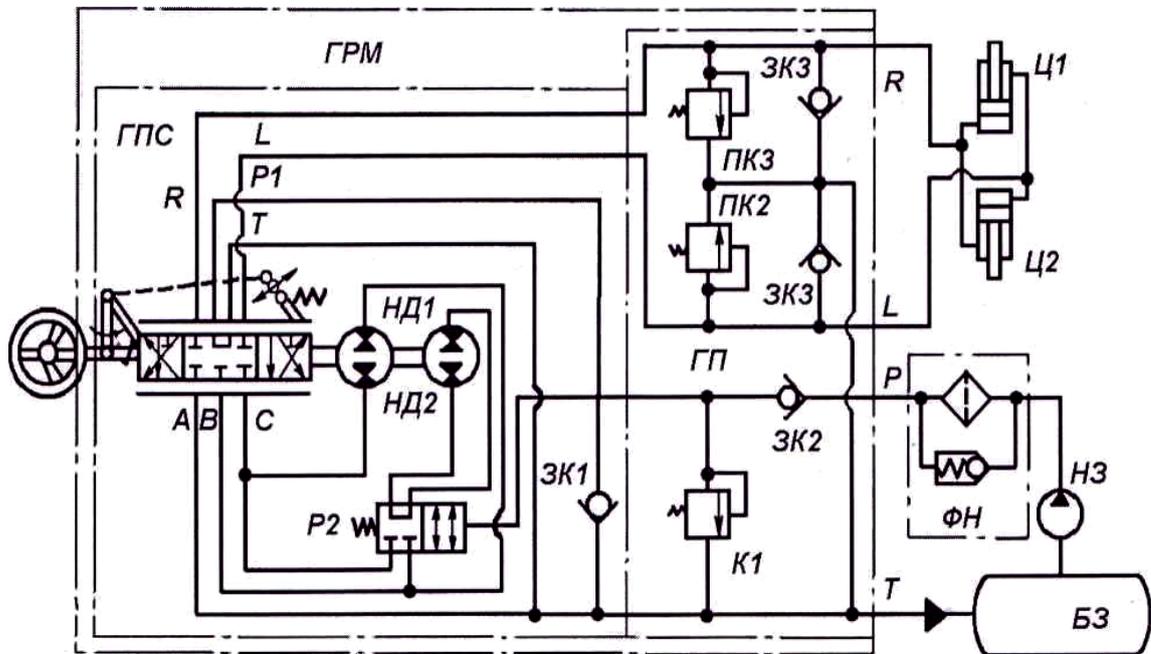


Рисунок 1.2 - Схема гідропривода рульового керування зернозбирального комбайна з автопілотом [6]: ГРМ - гідравлічний рульовий механізм; ГПС - гідропідсилювач; P1 і P2 — розподільники; НД1 і НД2 - насоси дозатори; К1 - запобіжний клапан; ПК2 і ПК3 - протиударні клапани; ЗК1, ЗК2, ЗК3 - зворотні клапани; НЗ - насос шестеренний (третья секція); БЗ - бак третій; ГП - гідропанель; ФН - фільтр напірний; Ц1 і Ц2 - гідроциліндри; А, В, С, Р, Т, L – гідро лінії.

Відхилення в роботі гідропривода рульового керування від зазначених вимог призводить до зниження техніко-економічних показників працездатності комбайнів аж до повного їх зупинення. Такі високі вимоги до гідроприводів рульового керування обумовлені відповідними вимогами щодо керованості комбайнів: висока чутливість рульового керування при мінімальному зусиллі на рульовому колесі від моменту опору керованих коліс повороту [7, 8]; копіювання, як в ручному так і в автоматичному режимах керування, заданої траєкторії руху; стійкість заданої траєкторії руху незалежно від поштовхів та ударів на керовані колеса з боку нерівностей; недопущення передавання поштовхів та ударів, що діють на керовані колеса з боку рельєфу, через кінематичні елементи рульових механізмів на рульове колесо.

Застосування гідروприводів в ходових системах машин в порівнянні з механічними передачами має такі переваги [9]: питома маса гідроагрегатів складає від 1 кг до 2 кг на один кВт потужності двигуна самохідної машини; коефіцієнт корисної дії гідропривода не нижче 0,8; широкий діапазон зміни частоти обертання вала гідромотора, простота керування частотою і реверсування; строк служби гідроагрегатів перевищує строк служби двигуна машини; відсутність обмежень щодо компоновочного розміщення гідроагрегатів та їх складових частин; легко виконувати автоматизацію керування гідроприводом, що забезпечує підвищення продуктивності машини, оптимальний режим роботи двигуна і відповідно зменшення витрати палива. Завдяки таким перевагам гідропривід ходових систем знайшов широке застосування в сільськогосподарських комбайнах: зернозбиральних комбайнах “Дон-1500” і “Славутич”; кукурудзозбиральних комбайнах КСКУ-6АС, “Херсоніць-200”; коренезбиральних комбайнах КС-6Б-02 та КБ-6; кормозбиральних КСК-100, “Марал-125-Поділля”, “Полісся-250”; картоплезбиральних комбайнах КСК-4; льонозбиральних комбайнах ЛКВ-4Т. Переважна більшість гідроприводів ходової системи сільськогосподарських комбайнів є двомашинними з регульованим насосом і нерегульованим гідромотором (рис. 1.3) [10].

Гідропривід ходової системи працює з замкнутою циркуляцією робочої рідини від насоса до гідромотора і від гідромотора до насоса. Стосовно структурно-функціональних зв'язків складових частин гідропривід можна умовно розділити на дві системи: система низького тиску підживлення та керування; система високого тиску насос-гідромотор. До системи низького тиску відносяться: насос підживлення 7; розподільник 10 керування подачею робочої рідини з механізмом привода золотника та зворотного стеження за положенням нахилу похилого диску аксіально-поршневого насоса; гідроциліндри 9 сервомеханізму повертання похилого диску; зворотні клапани 11; запобіжний клапан 12 насоса підживлення.

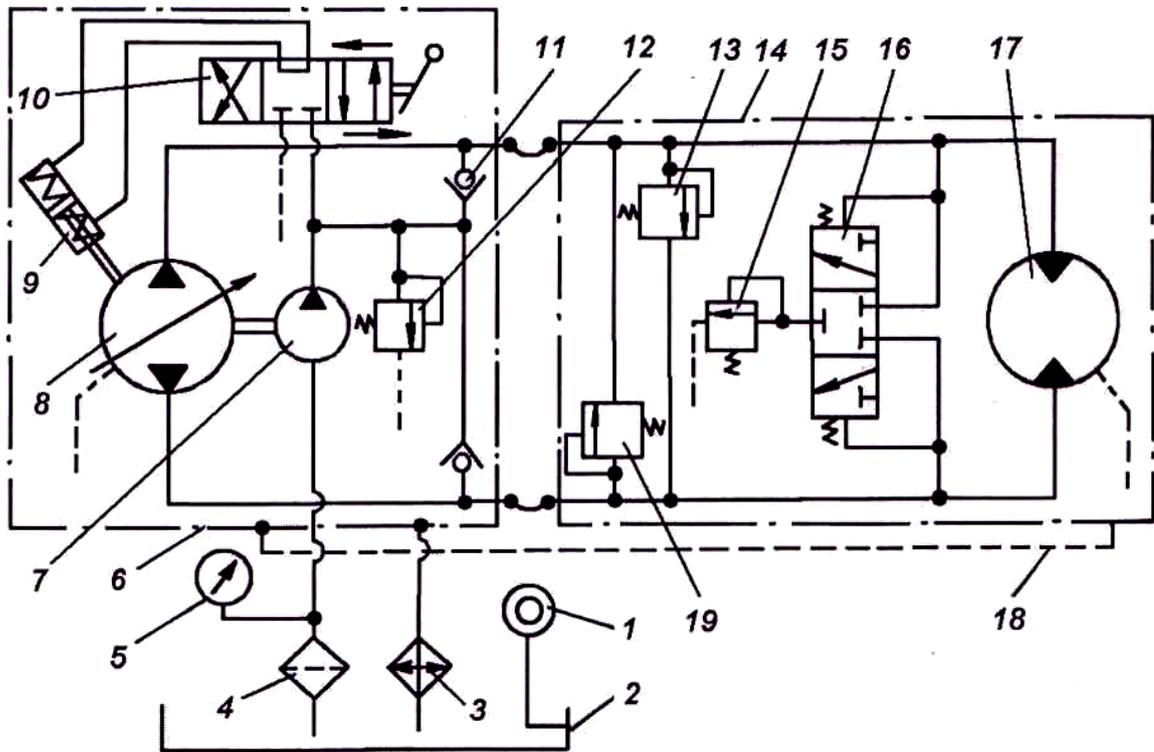


Рисунок 1.3 - Схема гідропривода ходової системи сільськогосподарських комбайнів [10]: 1 - показчик температури масла; 2 - бак; 3 - радіатор; 4 - фільтр; 5 - вакуумметр; 6 - гідронасос в зборі; 7 - насос підживлення; 8 - аксіально-плунжерний регульований насос; гідроциліндр керування похилим диском; 10 - сервомеханізм; 11 - зворотній клапан; 12 - запобіжний клапан лінії підживлювального насоса; 13, 19 - запобіжні клапани лінії високого тиску; 14 - гідромотор в зборі; 15 - переливний клапан; 16 - шунтувальний золотник; 17 - аксіально-плунжерний нерегульований гідромотор; 18 - дренажна лінія.

В комбайнах, залежно від його призначення є ряд механізмів, які в процесі роботи комбайна потребують відповідного керування щодо їх переміщення, фіксування в заданих положеннях, зміни напрямку та позиції; привода робочих органів машини та інше. Для дистанційного керування цими процесами в комбайнах застосовуються гідроприводи, які умовно отримали назву основні. Склад основних гідроприводів визначається для конкретного типу комбайна його технологічними механізмами та відповідними технологічними операціями, які доцільно гідрофікувати. Кількість таких механізмів і технологічних операцій на зернозбиральному комбайні (рис. 1.4) більше двох десятків [5].

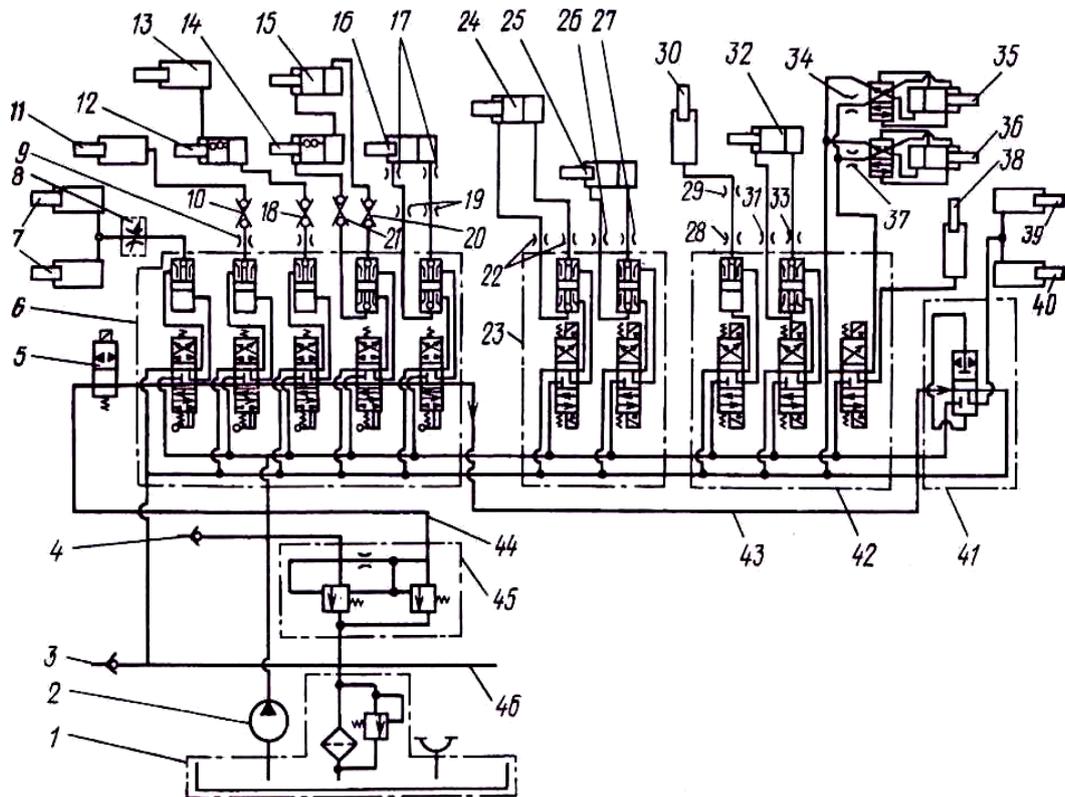


Рисунок 1.4 - Схема основного гідропривода зернозбирального комбайна

[5]: 1 - бак; 2 - насос; 3,4 - зовнішні напівмуфти; 5 - гідроклапан з електромагнітним керуванням; 6 - гідророзподільник з ручним керуванням; 7 - гідроциліндри підйому і опускання жниварки; 8 - регульований дросель; 9,17,19,23,26,27,28,29,31,33,34,37,41 - розподільники; 10,18,20,21 - муфти; II - гідроциліндр варіатора мотовила; 12,13 - гідроциліндри вертикального переміщення мотовила (лівий і правий); 14,15 - гідроциліндри горизонтального переміщення мотовила (лівий і правий); 16 - гідроциліндр механізму включення молотарки; 22 - двосекційний гідророзподільник з електромагнітним керуванням; 24 - гідроциліндр провертання похилої камери; 25 - гідроциліндр приводу вивантажувальних шнеків; 30 - гідроциліндр варіатора молотильного барабана; 32 - гідроциліндр поворота похилого вивантажувального шнека; 35,36 - гідродвигуни для вібрації стінок бункера; 38 - гідроциліндр відкриття копнувача; 39,40 - гідроциліндри закриття копнувача; 42 - трисекційний гідророзподільник з електромагнітним керуванням; 43,44 - трубопроводи каналу керування; 45 - запобіжно-переливний клапан основної гідросистеми; 46 - трубопровід каналу з'єднання з системою рульового керування. На кормозбиральних (рис. 1.5) [5] комбайнах таких механізмів значно менше.

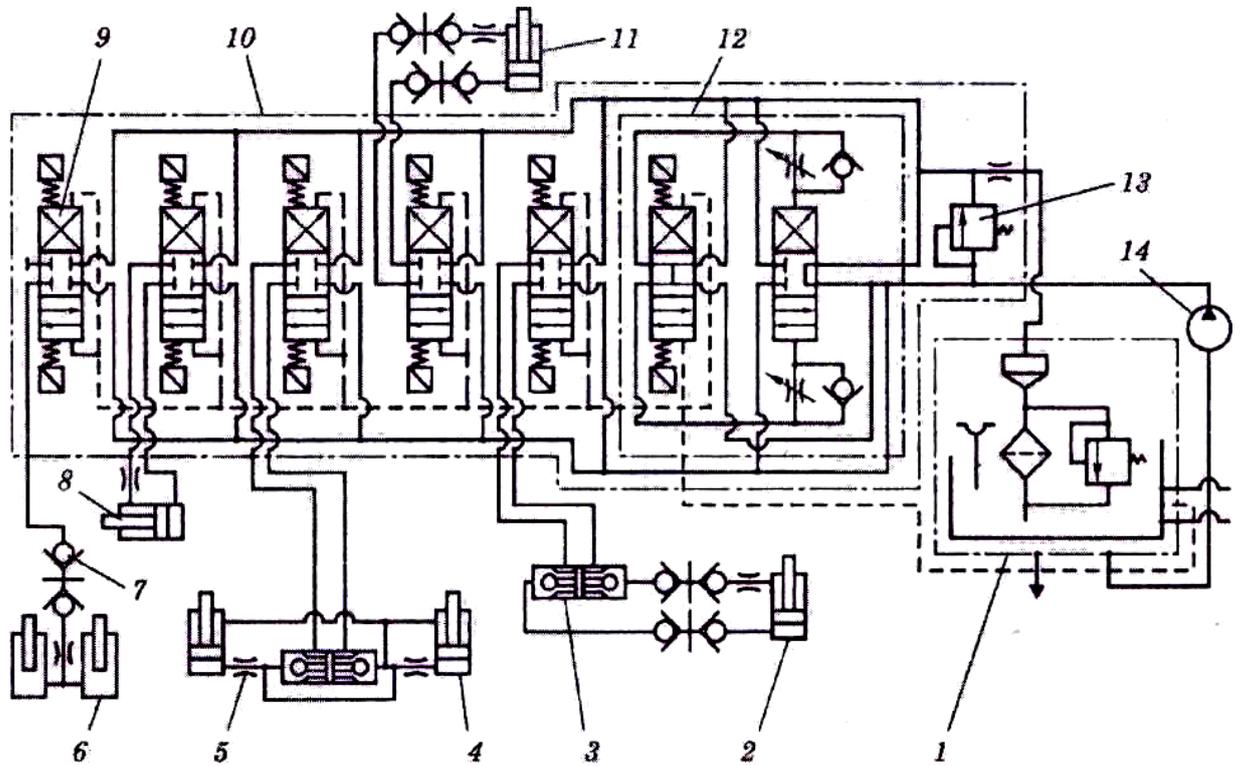


Рисунок 1.5 - Схема основного гідропривода кормозбирального комбайна КСК-100 [5]: 1 - бак; 2 - гідроциліндр повороту силосопроводу; 3 - гідрозамок; 4 - гідроциліндри піднімання та опускання підбирача жаток; 5 - дросель; 6 - гідроциліндри керування мотомовилом жатки для збирання кукурудзи; 7 - розривна муфта; 8- гідроциліндр керування муфтою приводу живильного апарата; 9 - робоча секція з електричним керуванням; 10 - секційний розподільник; 11 - гідроциліндр керування козирком силосопроводу; 12 - переливна секція розподільника; 13 - запобіжний клапан; 14 – насос.

Проведений аналіз конструктивних особливостей мобільних машин сільськогосподарського призначення показав, що зростання їх технічного рівня обумовлюється ступенем їх гідрофікації.

Таким чином, кожен з розглянутих гідроприводів комбайнів представляє собою складну систему функціонально взаємопов'язаних і взаємозалежних створювачів (насосів) і споживачів (гідромоторів) гідравлічної енергії потоку робочої рідини, а також контрольно-регулюючої апаратури.

Тому виникнення відмови в окремому гідроагрегаті або його складовій частині (деталі чи спряженні) призводить до часткової або повної втрати роботоздатності відповідного гідроагрегату зокрема і гідроприводу в цілому.

При цьому необхідно також врахувати високі вимоги до чистоти робочої рідини гідравлічних систем, дотримання умов експлуатації, та своєчасного проведення обслуговуючих робіт. Не складно бачити, що дані вимоги являються невід’ємною складовою технічного сервісу гідравлічних систем мобільних машин сільськогосподарського призначення.

Таким чином проведений аналіз конструкцій гідравлічних систем вказав на актуальність питань організації їх технічного сервісу.

1.2 Дослідження причин відмов гідравлічних агрегатів та напрямки підтримки та відновлення їх ресурсу

Причини, що призводять до втрати роботоздатності мобільних машин і ресурсній відмові, також як і шляхи підвищення довговічності техніки поділяються на три групи: конструкторський, експлуатаційний та технологічний (рис 1.6)

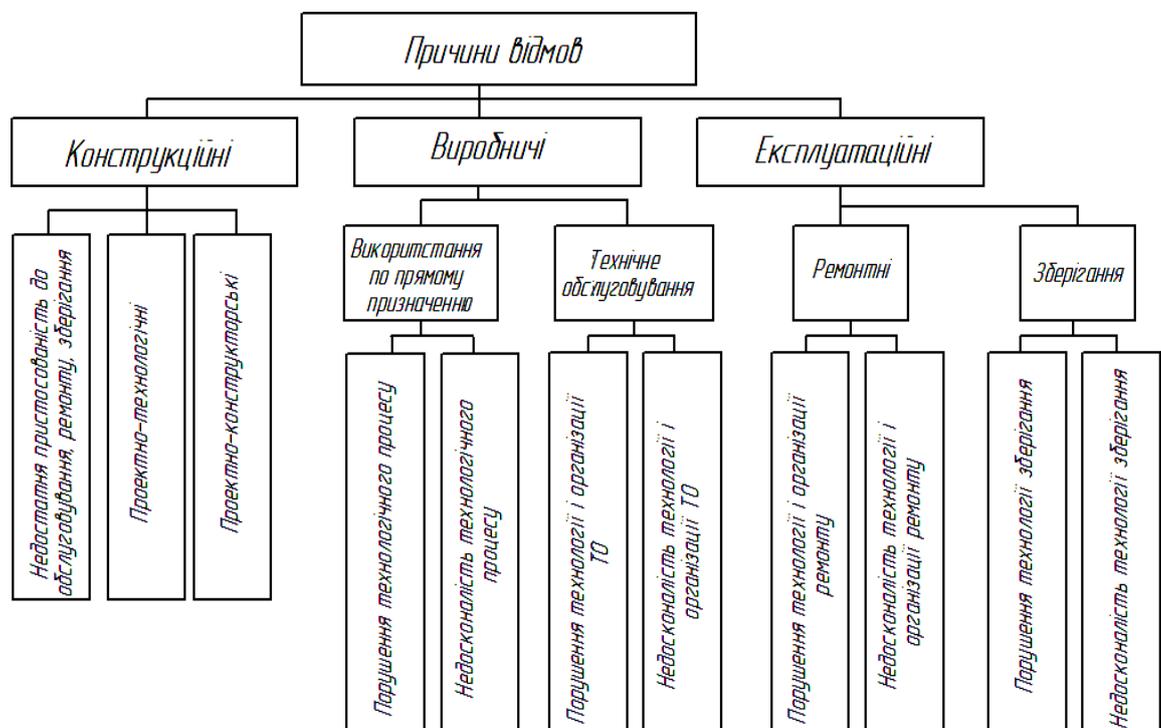


Рисунок 1.6 – Класифікація причин відмов

Аналіз представленої схеми показує, що до конструктивних причин, які впливають на надійність гідравлічних агрегатів слід віднести в першу чергу пристосованість гідравлічних агрегатів до проведення ремонтно-обслуговуючих дій, тобто їх ремонтпридатність. Вона може проявлятися наприклад в можливості підключення вимірювальних пристроїв до технологічних отворів в гідроагрегаті, технологічній доступності до агрегату при проведенні демонтажних робіт, легкоз'ємності агрегату, встановлення в з'єднаннях гідравлічних рукавів швидкоз'ємних муфт та ін. Як правило в умовах експлуатації на конструктивні відмови гідравлічних агрегатів припадає не більше 5%, що вказує на відносно вдалі конструктивні рішення, що реалізуються в гідравлічних системах.

На відмови, що обумовлюються виробничими причинами, припадає до 10%, які характеризуються в основному порушеннями в технологічному процесі. Наприклад порушенням хімічного складу шихти при виготовленні корпусних деталей способом лиття, що приводить до появи тріщин в деталях в умовах експлуатації. Наявності раковин в корпусних деталях в результаті відхилення від технології лиття, а також зміщення робочих поверхонь від заданих умов, які вказані в технічних умовах. Відхилення від геометричної форми при виготовленні деталі, а також не дотримання класу шорсткості робочої поверхні.

До 85% відмов гідравлічних агрегатів припадає на експлуатаційні причини, які в основному характеризуються реалізацією планово-запобіжної системи для підтримання та відновлення роботоздатного стану гідравлічних агрегатів. При цьому необхідно врахувати, що планово-запобіжна система являється основною складовою системи технічного сервісу гідравлічних агрегатів.

Всі вище наведені відмови в цілому приводять до: зниження продуктивності енергетичного засобу; порушення термінів і якості виконання виробничих процесів; збільшення витрат на паливо; витрати, викликані простоєм техніки; витрати на ремонт та запасні частини агрегатів трансмісії.

1.3 Комплексна система забезпечення роботоздатності гідроприводів

1.3.1 Задачі і методи виконання технічного обслуговування

Система технічного обслуговування і ремонту сільгосптехніки – сукупність взаємопов'язаних засобів, нормативної документації і виконавців, необхідних для підтримки і відновлення технічного ресурсу [12].

Технічне обслуговування призначене для підтримки енергетичних засобів в роботоздатному стані й належному зовнішньому вигляді; зменшення інтенсивності зносу деталей; попередження відмов і несправностей, також виявлення їх з метою своєчасного усунення. ТО повинно забезпечувати безвідмовну роботу агрегатів і вузлів в встановлених межах по впливам, включеним в обов'язковий перелік операцій [13].

Основні задачі ТО і методи їх виконання описано в таблиці 1.1 [14].

Таблиця 1.1 – Класифікація методів розв'язання задач технічного обслуговування

Задачі ТО	Методи розв'язання задач
Попередження відмов і несправностей	Повернення системи в початковий або близький до нього технічний стан
Віддалення моменту досягнення системою критичного стану, тобто збільшення ресурсу	Зменшення інтенсивності зміни параметрів технічного стану об'єкта – застосування більш якісних матеріалів, дотримання правил експлуатації, якісне обслуговування
Підтримка санітарно-гігієнічного стану і задовільного зовнішнього вигляду техніки, створення умов для ефективного проведення робіт з технічного обслуговування і ремонту	Прибирання, мийка, санітарна обробка, очистка, фарбування

До типових робіт ТО відносять: контрольні-діагностичні, електротехнічні, кріпильні, регулювальні, заправочні, мастильні, операції з мийки та прибирання [14].

Наприклад для об'ємного гідроприводу ГСТ-90 визначені наступні види технічного обслуговування [15]: перше технічне обслуговування (ТО-1) через 60 мото-год; друге технічне обслуговування (ТО-2) через 240 мото-год. Перше технічне обслуговування включає в себе в більшій мірі роботи пов'язані з перевіркою герметичності та усуненню підтікання робочої рідини, рівня робочої рідини в баку, перевірка механізму керування швидкістю руху, показників вакуумметра в забірній магістралі [15].

Друге технічне обслуговування включає в себе перелік робіт які входять до (ТО-1) і крім того заміна робочої рідини та фільтруючого елементу.

За результатами експериментальних досліджень необхідна інформація з тривалості проведення робіт з технічного обслуговування ТО-2 по агрегатам та складовим наводиться в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Значення тривалості робіт при проведенні ТО-2 гідравлічної трансмісії комбайна «Дон – 1500» (за даними експериментальних досліджень).

Найменування агрегатів та складових трансмісії, які обслуговуються	Тривалість технологічних операцій, хв.		
	$T_{\text{дод}}$	$T_{\text{осн}}$	$T_{\text{сум}}$
1. Насос аксіально-плунжерний	2,8	5,2	8,0
2. Мотор аксіально-плунжерний	1,7	3,2	4,9
3. Гідравлічний бак	2,3	5,5	7,8
4. Фільтруючий елемент	1,8	4,2	6,0
5. Гідравлічна арматура	1,4	2,0	3,4
Всього	10,0	20,1	30,1

1.3.2 Стратегії і тактики забезпечення роботоздатності гідромашин

Стосовно сільськогосподарської техніки стратегія забезпечення роботоздатності може бути сформульована наступним чином: необхідна така спрямованість планування, організація та управління технічними впливами, яка в деяких умовах роботи і при заданому рівні експлуатаційної надійності забезпечує мінімум трудових та матеріальних затрат на підтримку технічного стану у справному стані [16]. Види стратегій описано в табл. 1.3 [14].

Таблиця 1.3 – Стратегії забезпечення роботоздатності

Номер стратегії	Дії	Спосіб реалізації
1	Підтримка заданого рівня роботоздатності (попередження відмов і несправностей)	ТО, ресурсне та заявочне діагностування
2	Відновлення втраченої робото здатності	Ремонт
3	Поєднання стратегій 1 та 2	ТО, діагностування і ремонт

Система забезпечення надійності енергетичних засобів переслідує ціль розробки нових ефективних форм і методів розвитку і керування, направлених на розв’язання основних задач, сформульованих в стратегіях [16].

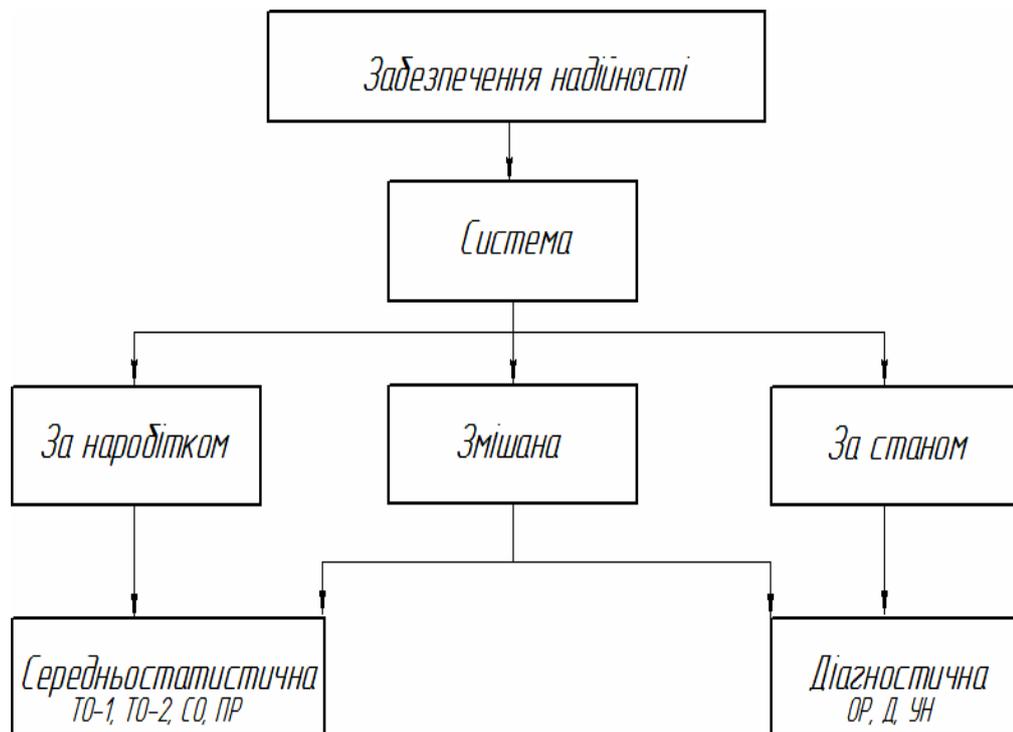


Рисунок 1.7 – Схема організації технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарських машин: ОР – обов’язкові роботи, Д – контрольно-діагностичні, УН – усунення виявлених несправностей

На сьогоднішній день в вітчизняних сільськогосподарських виробництвах застосовують тактики проведення профілактичних робіт за наробітком і за технічним станом (табл. 1.4) [14, 16].

Таблиця 1.4 – Тактики забезпечення роботоздатності

	ТО за наробітком	ТО за технічним станом
Переваги	Простота застосування, гарантія досягнення заданої імовірності безвідмовної роботи.	Економічність, більш повне використання ресурсу.
Недоліки	Неповне використання ресурсу, додаткові затрати.	Ретельний і дорогий контроль технічного стану всіх елементів системи при кожному ТО.
Опис	Всім агрегатам при досягненні визначеного наробітку виконується встановлений об'єм профілактичних робіт, а параметри технічного обслуговування чи якість матеріалів відновлюється до номінального (чи близького до нього) значення.	При кожному ТО перевіряється технічний стан всіх агрегатів. Агрегати, які здатні за своїм технічним станом працювати до наступного ТО – не обслуговуються. Якщо стан агрегату близький до критичного, то обслуговування виконується.

Отже, при виборі тактик та стратегій виконання підтримки ресурсу агрегатів гідравлічних систем необхідно виходити з складності ремонту, діагностики та вартості виконання нормативних операцій з ТО.

1.4 Моделі визначення періодичності технічного обслуговування

Методи визначення періодичності ТО поділяються на аналітичні, імітаційні.

До аналітичних відносять наступні методи: визначення періодичності ТО за допустимим рівнем безвідмовності; визначення періодичності ТО за допустимим значенням та закономірностями зміни параметрів технічного стану; техніко-економічний метод; економіко-імовірнісний метод.

Метод визначення періодичності ТО за допустимим рівнем безвідмовності залежить від вибору такої періодичності, при якій імовірність відмови елемента не перевищує заданої величини, що називається ризиком. Допустима імовірність безвідмовної роботи приймається для систем і агрегатів систем R_d

Метод визначення за допустимим значенням та закономірностями зміни параметрів технічного стану використовується для об'єктів обслуговування, параметр технічного стану яких змінюється неперервно, монотонно, що поступово призводить до відмови. Оскільки інтенсивність зміни параметрів технічного стану – випадкова величина, що залежить від багатьох факторів, то в даному методі враховується випадковий характер цієї закономірності.

Техніко-економічний метод оснований на визначенні сумарних затрат на ТО та ремонт. Оптимальна періодичність ТО відповідає мінімальним сумарним питомим затратам [14]. Недолік методу – низька чутливість затрат до зміни періодичності технічного обслуговування. В багатьох випадках при зміні періодичності ТО в широких рамках затрати змінюються в границях похибки їх визначення. Наприклад, при зміні періодичності ТО в границях 70...230 мото-год питомі затрати зміняться в границях 130...137 грн / мото год, що не перевищує 7% на визначеному проміжку наробітку в 110% від оптимального значення періодичності ТО (рис. 1.8).

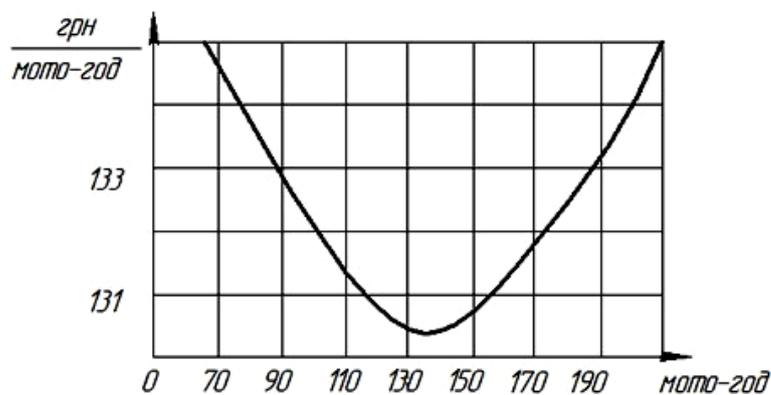


Рисунок 1.8 – Залежність сумарних питомих витрат від періодичності обслуговування підйомних агрегатів [17]

Економіко-імовірнісний метод можна розглядати як модифікацію техніко-економічного методу. Він враховує як питомі затрати, так і випадкові фактори. Крім того, він дає змогу порівняти стратегії і тактики забезпечення роботоздатності машин [14].

Метод визначення періодичності ТО за допомогою імітаційного моделювання оснований на моделюванні наробітку на відмову і наробіток на випадок ТО, що дозволяє прискорити випробування, зменшити вартість експериментів, розглянути декілька можливих варіантів [18]. В якості вхідних даних слугують фактичні наробітки на відмову, а також закони розподілу величин, що розглядаються.

Недоліком методу є використання повного масиву даних наробітків на відмову, що на практиці не реалізується, так як частина відмов попереджається при проведенні профілактичних робіт. Усі перераховані методи мають істотні обмеження.

По-перше, періодичність ТО вважається постійною, а фактична періодичність зазвичай відрізняється від нормативної. На варіацію наробітків до технічних обслуговувань впливають також такі фактори, як пробіг за добу та умови експлуатації.

По-друге, доцільно використовувати методи обробки цензурованих масивів, так як при ТО більша частина відмов попереджається.

Висновки і завдання дослідження

Проведений аналіз існуючої планово-попереджувальної системи з підтримання та відновлення роботоздатного стану агрегатів гідравлічних систем мобільних машин сільськогосподарського призначення показав, що на сьогоднішній день в більшості підприємств виконанням ТО проводиться не в відповідності з напрацюванням машини та з відхиленнями від наповнення видів робіт, характерних для даного виду технічного обслуговування.

Про це свідчить відсутність чітко визначених періодів для виконання технічних обслуговувань. Такий стан обумовлюється недостатністю статистичних даних, на основі яких можна регламентувати технічні операції для ТО об'ємних гідроприводів і що призводить до передчасної втрати роботоздатного стану гідромашин.

В зв'язку з цим **метою роботи є** - забезпечення експлуатаційної надійності гідравлічних систем зернозбиральних комбайнів за рахунок удосконалення заходів з їх технічного обслуговування та діагностування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести аналіз конструктивних особливостей агрегатів гідравлічних систем мобільних машин сільськогосподарського призначення.

2. Аналітично визначити показники ремонтної технологічності гідравлічних агрегатів, що обумовлюють обмеження ресурсу гідравлічної системи.

3. Розглянути методику визначення оптимальної періодичності технічного обслуговування гідроагрегатів.

4. Обґрунтувати спосіб діагностування технічного стану гідроагрегатів вимірюванням градієнту тиску робочої рідини.

5. Розробити методику експериментальних досліджень по виявленню взаємозв'язку між технічним станом гідронасосу і градієнтом тиску робочої рідини.

6. Розробити заходи з удосконалення системи технічного сервісу гідроприводу комбайна для умов експлуатації.

2 АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПІДТРИМАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ АГРЕГАТИВ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ

2.1 Оцінка ремонтної технологічності деталей гідророзподільника Р-80

Гідророзподільники виконують функцію керування гідравлічним приводом, забезпечуючи розподілення потоку робочої рідини від насосу до силових гідроциліндрів. В роздільно-агрегатних гідравлічних системах вітчизняних тракторів застосовуються розподільники Р-80 та Р-160 (з пропускною здатністю відповідно 80 л/хв. та 160 л/хв.) [10].

Вихід з ладу гідравлічного розподільника, як правило супроводжується значними втратами часу в зв'язку з простоюванням мобільної машини в очікуванні усунення несправності. Таким чином, втрати часу пов'язані з відновленням роботоздатного стану гідророзподільника в значній мірі будуть обумовлюватися ремонтною технологічністю його деталей, технічною підготовкою виробничого підрозділу, який спеціалізується по ремонту гідравлічних розподільників, а також прийнятими технологічними процесами для ремонту та відновлення їх деталей.

Аналіз технологічних процесів, які реалізуються для відновлення роботоздатного стану гідророзподільників, проводиться в роботах [19, 20]. Авторами в основному розглядаються загальні технологічні процеси, які знайшли реалізацію на ремонтних підприємствах, їх ефективність з точки зору довговічності. При цьому не достатньо звернуто увагу на функціональну залежність між ремонтною технологічністю деталей і способами їх ремонту, які забезпечують необхідну післяремонтну довговічність.

Оцінка ремонтної технологічності деталей характеризується пристосованістю їх до відновлення роботоздатного стану. На ремонтну технологічність деталей впливають конструктивні і технологічні особливості, ступінь зношення і пошкодження. Для визначення критеріїв оцінки ремонтної технологічності деталей розглянемо наступні види ремонтних дій.

В процесі ремонту гідравлічних розподільників модифікації Р-80, основний об'єм робіт припадає на відновлення деталей спряжень «золотник- корпус», «перепускний клапан-гніздо», а також сферичної поверхні важелів керування.

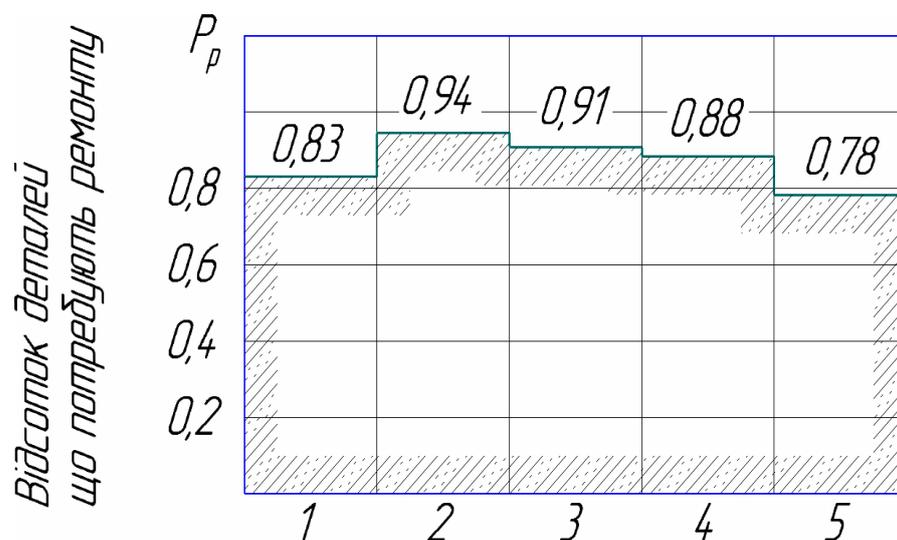


Рисунок 2.1 – Ймовірність технічного стану ресурсолімітуючих деталей, які потребують ремонту: 1 – корпус гідророзподільника; 2 – золотник; 3 – перепускний клапан; 4 - гніздо клапана; 5 - важіль керування;

Проведений аналіз рис.2.1 показує, що практично всі деталі гідравлічного розподільника потребують ремонту. Це обумовлюється тим, що на робочих поверхнях всіх деталей мають місце сліди гідроабразивного спрацювання, для усунення яких необхідне застосування шліфувальних операцій при відновленні деталей способом ремонтних розмірів, або відновлювальних операцій з послідуною механічною обробкою.

Кількість деталей, технічний стан яких відновлюється, обумовлюється технологією відновлювальних робіт. На спеціалізованих підприємствах для відновлення робочих поверхонь деталей застосовується спосіб ремонтних розмірів для деталей спряження «корпус-золотник» (пояски золотників з невеликими зносами відновлюють шліфуванням до виведення спрацювання, а із значним зношенням золотників – нарощуванням поясків остальною обробкою або хромуванням з наступним шліфуванням), отвори корпуса оброблюються хонінгуванням до виведення слідів спрацювання.

Деталі спряження «перепускний клапан-гніздо» відновлюються способом вільних ремонтних розмірів, який характеризується шліфуванням конусної поверхні клапана до видалення слідів спрацювання та шліфуванням гнізда на плоскошліфувальному верстаті до утворення гострої кромки. Сферичну поверхню важеля керування відновлюють при незначному спрацюванні механічним обробленням на токарному верстаті з застосуванням фігурного різця, а при значному зношенні сферичної поверхні – нарощуванням сферичної поверхні гальванічним способом з наступною механічною обробкою.

Кількісна оцінка ремонтної технологічності деталі визначеного найменування буде формуватися з врахування її технічного стану при потраплянні до ремонту, пристосованості їх конструкції і технології виготовлення до відновлення, складності ремонтного обладнання та економічної доцільності ремонту. З врахуванням вище наведених факторів показник ремонтної технологічності можна визначити за виразом [19]:

Технологічний процес ремонту гідравлічних розподільників характеризується застосуванням робітників високої кваліфікації – слюсарі п'ятого розряду за тарифною сіткою, що обумовлюється складністю конструкції агрегатів, а також виготовленням деталей за високими класами чистоти поверхні.

Розглянемо коефіцієнт складності обладнання для відновлення корпусу гідророзподільника, який має найбільшу ймовірність непридатного стану деталі робоча поверхня отвору корпусу працює з поясками золотника для забезпечення герметичності потоку робочої рідини при її розподіленні до гідроциліндра. Втрата роботоздатності даної деталі характеризується гідроабразивним зношенням робочої поверхні отвору, що приводить до зростання зазору в з'єднанні «корпус-золотник» і зростанню витоків робочої рідини. Отже для відновлення робочої поверхні отвору корпусу гідророзподільника необхідно відновити геометричну форму отвору і клас чистоти робочої поверхні не нижче дев'ятого.

На заводах-виробниках для основної обробки отвору корпусу застосовують вертикально-хонінгувальні верстати 3Б-833 з алмазними брусками.

На спеціалізованому ремонтному підприємстві при наявності значного зношення поверхні отвору застосовують електроіскрове наплавлення з наступним хонінгуванням під номінальний розмір. Вартість обладнання для даної реалізації даної технології складе 45000грн

Таблиця 2.2 – Результати оцінки ремонтної технологічності деталей

Найменування деталі	Критерії, які характеризують ремонтну технологічність							
	P_n	P_p	$\sum_{i=1}^m K_{ki}^{oc}$	$\sum_{j=1}^z K_{kj}^{don}$	K_k	K_o	K_e	$P_{p.m.}^d$
Корпус розподільника	0	0,83	1,38	0,41	0,58	1,43	0,60	0,55
Золотник	0	0,94	1,31	0,41	0,58	1,23	0,60	0,53
Клапан перепускний	0	0,91	0,70	0,17	0,58	1,21	0,59	0,52
Гніздо клапана	0	0,88	0,64	0,12	0,58	1,18	0,59	0,52
Важіль керування	0,14	0,78	0,65	0,14	0,58	1,20	0,48	0,50

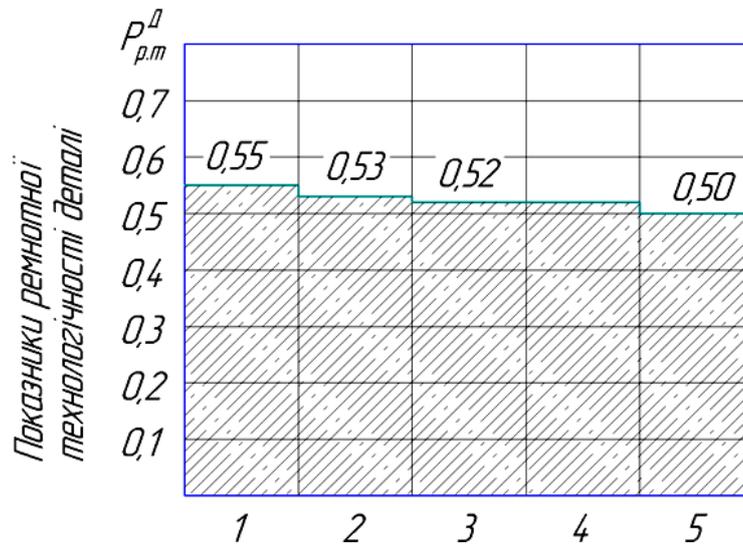


Рисунок 2.2– Показники оцінки ремонтної технологічності деталей гідророзподільника, які потребують ремонту:

- 1 – корпус гідророзподільника; 2 – золотник; 3 – перепускний клапан; 4 – гніздо клапана; 5 - важіль керування;

Також на ремонтну технологічність впливають показники ймовірності непридатності деталей, які обумовлюються конструктивними особливостями деталей та прийнятою технологією їх ремонту.

В цілому майже всі деталі гідророзподільника Р-80 мають відносно високий показник ремонтної технологічності, що обумовлюється величиною допоміжної трудомісткості, яка додатково застосовує при ремонті даних деталей.

Проведені дослідження оцінки ремонтної технологічності деталей гідравлічних розподільників Р-80 базуються на основі статистичного аналізу гідравлічних агрегатів, які поступали на спеціалізоване ремонтне підприємство, та прийнятої технології відновлення робоздатності деталей. Водночас отримані результати досліджень можуть мати не значні відхилення на які може впливати прийнята технологія ремонту деталей на підприємстві, оснащеність його обладнанням та ін.

2.2 Оцінка ремонтної технологічності деталей аксіально-поршневих агрегатів гідравлічного приводу трансмісії мобільної машини

В наш час парк кормо- та зернозбиральних комбайнів представляють мобільні машини, як вітчизняного так і закордонного виробництва, які оснащені гідравлічним приводом трансмісії. Конструктивна реалізація гідравлічної трансмісії в мобільних машинах такого класу обумовлена рядом переваг в порівнянні з механічними трансмісіями і постійно її складові конструктивно удосконалюються з метою покращення не тільки вихідних параметрів трансмісії, а також і їх експлуатаційної надійності.

В процесі ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій, основний об'єм робіт припадає на відновлення деталей спряжень качаючих вузлів аксіально-поршневих гідромашин: «розподільник-приставне дно», «п'ята плунжера- опора люльки», «п'ята плунжера-похила шайба», робочі поверхні стабілізаційної та ротаційної втулок торцевого ущільнення.

В зв'язку з цим, нами проводився аналіз технічного стану гідравлічних агрегатів ГСТ-90 виробництва Кіровоградського заводу «Гідросила», а також агрегатів фірми «Sauer», які поступили на ремонт до спеціалізованого ремонтного підрозділу.

Кількість гідравлічних трансмісій, які підпадали контролю склала сто два комплекта. Ймовірний стан технічного стану деталей визначався, проведенням дефектувальних робіт, за відомими методиками. Результати ймовірностей технічного стану деталей качаючих вузлів аксіально-поршневих гідромашин представлені в табл.2.3

Таблиця 2.3 – Ймовірності технічного стану деталей качаючих вузлів

№ п/п	Найменування деталі	Деталь являється придатною без ремонту P_n .	Деталь потребує ремонту P_p .	Деталь непридатна $P_{н.п}$.
1	Приставне дно	0	0,63	0,37
2	Розподільник	0	0,74	0,26
3	П'ята плунжера	0	0,71	0,29
4	Опора люльки	0	0,78	0,22
5	Похила шайба	0	0,80	0,20
6	Стабілізаційна втулка ущільнення	0	0,76	0,24
7	Ротаційна втулка ущільнення	0	0,77	0,23

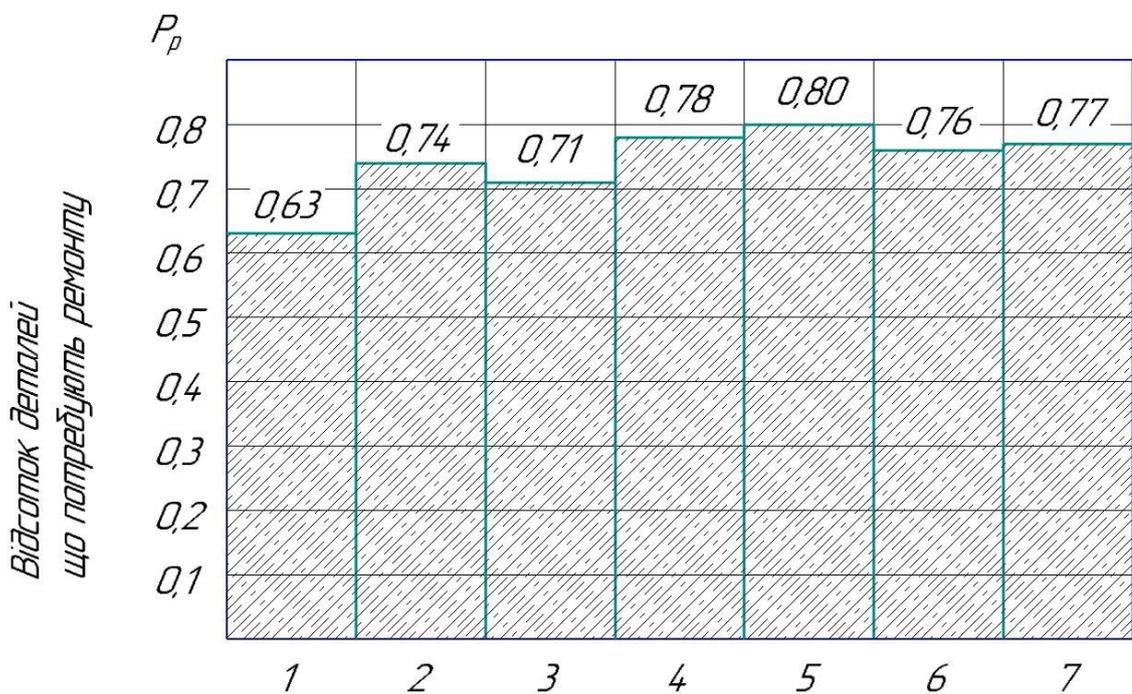


Рисунок 2.3 – Ймовірність технічного стану ресурсолімітуючих деталей, які потребують ремонту: 1 - приставне дно; 2 – розподільник; 3 - п'ята плунжера; 4 - опора люльки; 5 - похила шайба; 6 - стабілізаційна втулка ущільнення; 7 - ротаційна втулка ущільнення.

Проведений аналіз табл.2.3 показує, що всі деталі качаючого вузла потребують ремонту. Це обумовлюється тим, що на робочих поверхнях всіх деталей мають місце сліди гідроабразивного спрацювання, для усунення яких необхідне застосування притирочних операцій, які відносяться до відновлювальних операцій.

Кількість деталей, технічний стан яких відновлюється, обумовлюється технологією відновлювальних робіт. На розглянутому підприємстві для відновлення робочих поверхонь деталей застосовується спосіб вільних ремонтних розмірів, який характеризується притиранням робочої поверхні деталі до видалення слідів спрацювання, а розмірний ланцюг качаючого вузла відновлюється регулюванням осьового люфта валу постановкою регулювальних кілець. Це також дає пояснення наявності такої кількості деталей, що вибраковуюються. Наприклад наявність слідів захоплення на робочих поверхнях деталей спряження «приставне дно-розподільник» характеризується значним відхиленням їх від неплоскостності, або наявності слідів температурного впливу на робочі поверхні деталей, що не дає можливості реалізувати спосіб вільних ремонтних розмірів для відновлення їх роботоздатного стану притиранням. Або наявність глибоких рисок на кільцевій опорі п'яти плунжера, яка забезпечує роботу гідростатичного підшипника, видалення яких не можливе в процесі притирання із-за їх розміру і може привести до порушення роботи п'яти в режимі гідростатичного підшипника.

Кількісна оцінка ремонтної технологічності деталі визначеного найменування буде формуватися з врахування її технічного стану при потраплянні до ремонту, пристосованості їх конструкції і технології виготовлення до відновлення.

Трудомісткість допоміжних операцій включає в себе відновлення деформованої (не робочої поверхні приставного дна в якості бази для установки деталі в пристрої на столі плоскошліфувального верстату).

Технологічний процес ремонту аксіально-поршневих гідромашин класу НП-90, МП-90 характеризується застосуванням робітників високої кваліфікації – слюсарі п'ятого розряду за тарифною сіткою, що обумовлюється складністю конструкції агрегатів, а також виготовленням деталей за високими класами чистоти поверхні. Найменший розряд при ремонті гідроагрегатів відповідає третьому (слюсар виконує зовнішню очистку агрегату, очистку деталей, підрозбирання та розбирання агрегатів), потоку робочої рідини при її

розподіленні до надплунжерних камер високого і низького тиску блоку качаючого вузла. Втрата роботоздатності даної деталі характеризується гідроабразивним зношенням робочої поверхні, появи ерозійних каналів в перемичках по зовнішньому і внутрішньому колу серповидних отворів розподілення рідини, втрата площинності в результаті порушення температурного режиму та схоплювання робочої поверхні. Отже для відновлення робочої поверхні приставного дна необхідно усунути неплоскісність робочої поверхні, яка повинна не перевищувати 0,002мм і забезпечити клас чистоти робочої поверхні не нижче десятого.

На спеціалізованому ремонтному підприємстві при наявності значної неплоскостності поверхні деталі та ерозійних каналів глибиною більше 150мкм застосовують також плоскошліфувальні верстати для основної обробки поверхні, а кінцеві-притирочні операції проводять в більшості застосовуючи ручне притирання на притирочних плитах,

Аналогічні розрахунки проводяться для інших деталей, ймовірності технічного стану яких представлені в табл.1, а отримані результати наводяться в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати оцінки ремонтної технологічності деталей

Найменування деталі	Критерії, які характеризують ремонтну технологічність							
	P_n	P_p	$\sum_{i=1}^m K_{ki}^{oc}$	$\sum_{j=1}^z K_{kj}^{don}$	K_k	K_o	K_e	$P_{p.m}^o$
Приставне дно	0	0,63	1,90	0,406	0,58	1,38	0,77	0,55
Розподільник	0	0,74	2,00	0,464	0,58	1,45	0,78	0,65
П'ята плунжера	0	0,71	0,812	0,292	0,58	1,53	0,71	0,57
Опора люльки	0	0,78	1,91	0,261	0,58	1,45	0,80	0,80
Похила шайба	0	0,80	1,97	0,348	0,58	1,25	0,76	0,64
Стабілізаційна втулка ущільнення	0	0,76	1,04	0,203	0,58	1,15	0,67	0,49
Ротаційна втулка ущільнення	0	0,77	0,928	0,220	0,58	1,20	0,69	0,51

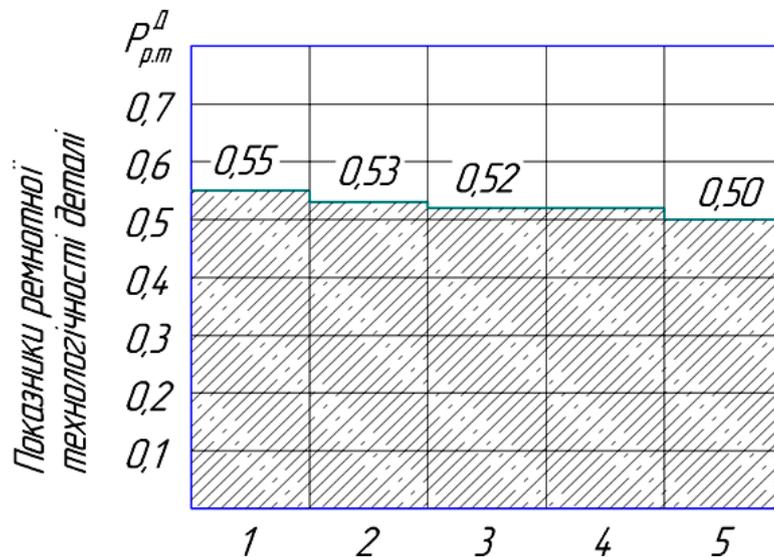


Рисунок 2.4 – Показники оцінки ремонтної технологічності деталей аксіально-поршневої гідромашини, які потребують ремонту: 1 - приставне дно; 2 – розподільник; 3 - п'ята плунжера; 4 - опора люльки; 5 - похила шайба; 6 - стабілізаційна втулка ущільнення; 7 - ротаційна втулка ущільнення.

Аналіз отриманих результатів показує, що найменшу ремонтну технологічність мають стабілізаційна та ротаційна втулки торцевого ущільнення валу аксіально-поршневої гідромашини, що обумовлюється конструктивними особливостями даних деталей (не значна ширина робочої поверхні стабілізаційної втулки збільшує питомий тиск в контакті з робочою поверхнею ротаційної втулки і обумовлює їх зношення).

Також на ремонтну технологічність впливають показники ймовірності непридатності деталей, які також обумовлюються конструктивними особливостями деталей та прийнятою технологією їх ремонту.

Високі показники ремонтної технологічності таких деталей, як розподільник, опора люльки, похила шайба обумовлюються конструктивними особливостями деталей (відносно значні площі робочих поверхонь, високий клас чистоти робочої поверхні, покращення фізико-механічних властивостей робочих поверхонь обробкою струмом високої частоти та ін.). Трохи нижчий показник похилої шайби обумовлюється трудомісткістю допоміжних операцій, величина яких обумовлена габаритними розмірами деталі та складностями її установки в процесі проведення відновлювальних робіт.

Проведені дослідження оцінки ремонтної технологічності деталей аксіально-поршневих гідромашин ГСТ-90 та «Sauer» гідравлічних трансмісій мобільних машин базуються на основі статистичного аналізу гідравлічних агрегатів, які поступали на спеціалізоване ремонтне підприємство, та прийнятої технології відновлення робоздатності деталей. Водночас отримані результати досліджень можуть мати не значні відхилення на які може впливати прийнята технологія ремонту деталей на підприємстві, оснащеність його обладнанням та ін.

2.3 Аналітичні дослідження з обґрунтування способів діагностування гідравлічних агрегатів

Гідравлічні системи сільськогосподарських машин призначені в основному для механізації процесів. Конструктивний опис гідроагрегатів, принцип роботи й використання гідроприводів робочого обладнання (РО) машин сільськогосподарського призначення викладені в роботах [23, 24].

Виходячи з функціонального призначення гідроприводу його потужність є вихідним базовим, ресурсним параметром, на якому повинні ґрунтуватися діагностичні параметри й методи діагностування гідроприводу та способи відновлення агрегатів при їх ремонті.

Однак діагностування гідроприводу по потужності вимагає застосування складної апаратури і різних по призначенню датчиків для виміру потужності, що віддається приводним двигуном і гідравлічної потужності гідронасоса, а також виміру її в перетинах гідроприводу й на виконавчому органі при навантаженнях відповідних до номінального режиму роботи гідроприводу. Це приводить до певних труднощів при створенні й підтримці постійного навантаження, оскільки воно залежить від маси використовуваної машини, опору ґрунту й інших умов.

2.4 Спосіб діагностування шестеренного насоса гідравлічної системи зернозбирального комбайна

Найбільш складними за конструкцією і в обслуговуванні зернозбиральних комбайнів («Дон-1500», «Славутич» та ін.) є системи гідравліки. За деякими даними на гідроприводи припадає близько 40% від загального числа відмов

складових частин самохідних машин [17], а на гідравлічні трансмісії – близько 25% [18].

Гідравлічна система комбайна «Славутич» складається з трьох підсистем: основної гідросистеми, об'ємної гідросистеми рульового управління, гідросистеми об'ємного привода ходової частини [10].

Основна гідросистема комбайна «Славутич» призначена для виконання наступних функцій: підйом та опускання жатки; зміна частоти обертання мотовила; вертикальне переміщення мотовила; горизонтальне переміщення (винесення) мотовила; включення та вимикання приводу молотарки; зміна частоти обертання молотильного барабана; поворот вивантажного шнека; відкриття та закриття копичника; активізація вивантаження зерна з бункера; включення та вимикання приводу вивантажувального пристрою.

Є очевидним, що втрата роботоздатності одного із гідравлічних агрегатів основної системи, обумовлює втрату роботоздатності комбайна.

Час простоювання комбайна буде визначатися тривалістю діагностичних операцій пошуку причини несправності і часу її усунення.

Є очевидним, що питання розроблення ефективних способів діагностування гідравлічних систем комбайна в умовах експлуатації являється актуальними.

Для їх вирішення необхідно обґрунтувати інформативні діагностичні параметри для контролю технічного стану шестеренного насосу, який працює в найбільш навантаженому режимі, що суттєво впливає на його довговічність і роботоздатність.

Відомо, що визначення діагностичних параметрів здійснюється на основі функціональної залежності між структурними параметрами технічного стану, які обумовлюють технічний стан агрегату, з врахуванням енергетичних, статичних та динамічних його характеристик.

Графічне пояснення способу діагностування шестеренного насосу представлено на (рис. 2.6.).

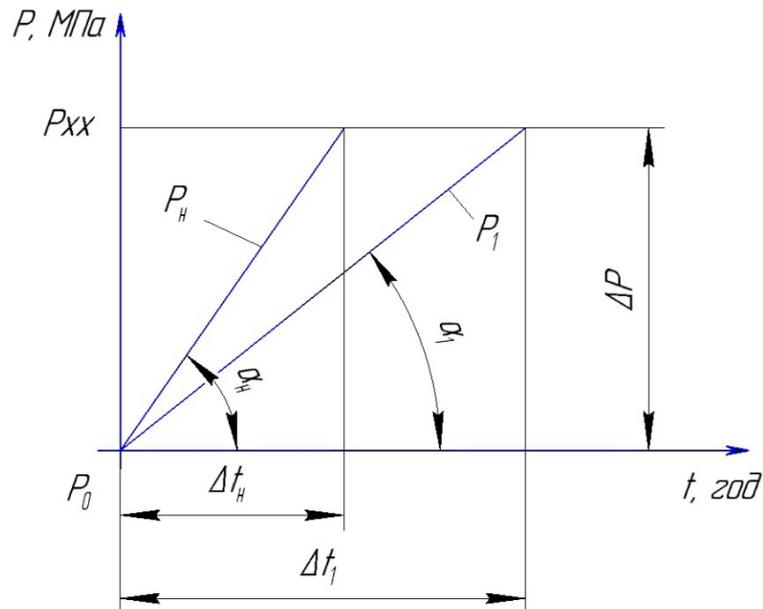


Рисунок 2.6 – Залежність тиску робочої рідини в нагнітаючій магістралі насоса за часом

Градiєнт тиску робочої рідини в нагнітаючій магістралі насоса становиться основним критерієм, в визначенні дійсного технічного стану насосу, який обумовлюється зміною структурних параметрів деталей.

Проведені дослідження з удосконалення способу діагностування шестеренного насоса основної гідравлічної системи комбайна дають можливість зробити наступні висновки.

1. Для контролю технічного стану шестеренного насоса, пропонується застосовувати в якості діагностичного параметра градiєнт тиску робочої рідини в нагнітаючій магістралі гідросистеми за часом, від початку запуску насоса до виведення його на режим холостого ходу, який характеризується визначеною частотою обертання приводного валу.

2. Реалізація запропонованого способу контролю технічного стану насоса значно спрощується, в результаті застосування швидкокороз'ємної муфти, яка передбачена в даному гідравлічному контурі, що усуває втрати робочої рідини, при встановленні діагностичного приладу і в цілому зменшує тривалість діагностичних операцій.

2.5 Спосіб діагностування технічного стану системи керування робочого об'єму аксіально-поршневих гідромашин

На основі аналізу існуючих способів діагностування системи керування робочого об'єму аксіально-поршневого гідронасоса нами розроблено спосіб контролю технічного стану системи керування робочого об'єму, шляхом вимірювання градієнту тиску робочої рідини в магістралі керування робочого об'єму за часом, від початку закриття запобіжного клапану насоса підживлення до моменту відкриття перепускного клапану клапанної коробки, після миттєвого переміщення важеля гідророзподільника з нейтрального положення до встановленого крайнього, при цьому попередньо на аксіально-поршневий гідронасос встановлюють еталонний насос підживлення з запобіжним клапаном, а на аксіально-поршневий гідромотор еталонну клапанну коробку з перепускним клапаном.

Даний спосіб пояснюється графічно на (рис.2.7.), де зображено залежність тиску робочої рідини в дренажній магістралі за часом при діагностуванні аксіально-поршневої гідромашини запропонованим способом.

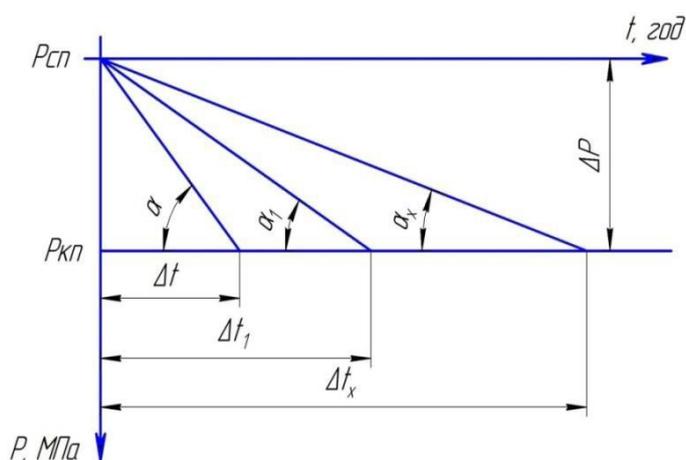


Рисунок 2.7 – Залежність зміни тиску робочої рідини в системі керування робочого об'єму за часом, після миттєвого переміщення важеля гідророзподільника з нейтрального положення до встановленого крайнього.

Висновки до другого розділу

Проведені дослідження з обґрунтування ефективного способу діагностування технічного стану системи керування робочого об'єму аксіально-поршневих гідромашин гідравлічних трансмісій мобільних машин дозволяють зробити наступні висновки:

1. Запропонований спосіб діагностування технічного стану системи керування робочого об'єму аксіально-поршневого гідронасоса, шляхом вимірювання градієнту тиску робочої рідини в магістралі керування робочого об'єму за часом, від початку закриття запобіжного клапану насоса підживлення до моменту відкриття перепускного клапану клапанної коробки, після миттєвого переміщення важеля гідророзподільника з нейтрального положення до встановленого крайнього, дає можливість зробити висновок про фактичний стан його системи керування робочого об'єму, величину зношення деталей системи керування робочого об'єму, які обумовлюють об'ємні витрати робочої рідини і прогнозують його залишковий ресурс.

2. Для забезпечення точності діагностування системи керування робочого об'єму аксіально-поршневого гідронасосу попередньо необхідно встановити еталонний насос підживлення з запобіжним клапаном, а на аксіально-поршневий гідромотор еталонну клапанну коробку з перепускним клапаном

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма експериментальних досліджень

Враховуючи загальний характер дослідження відповідно до сервісних центрів, не було необхідності тісної прив'язки досліджень до якогось окремого регіону або міста. Виходячи із цього, збирання даних і дослідження проводилися в різних підприємствах як сільськогосподарських, так і сервісних. Частина досліджень в області технічної експлуатації машин проводилася на базі сервісних підприємств, що обслуговують зернові комбайни закордонного виробництва, як найбільш складні, з точки зору оснащенням їх гідравлічними системами та методами їх діагностування й обслуговування. Частина досліджень була проведена на базі лабораторії паливних і гідравлічних систем кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін ЗВО «ПДУ».

3.2 Адаптована класифікація несправностей гідравлічних агрегатів сільськогосподарської техніки

Відповідно до запропонованої системи організації технічного сервісу на регіональному рівні, несправності гідравлічних агрегатів сільськогосподарської будуть підрозділятися на три групи.

1. Вихід з ладу окремих вузлів і деталей гідравлічних агрегатів, що вимагає їхньої заміни або ремонту, і не передбачає повного розбирання агрегату і застосування спеціалізованого обладнання, а також інші незначні несправності, усуваються силами сервісних бригад, для чого в кожному опорному пункті є певна номенклатура запасних гідравлічних агрегатів для сільськогосподарської техніки, яка відповідає найпоширенішим видам несправностей. Несправності даної групи усуваються безпосередньо в умовах сільськогосподарського підприємства в мінімально можливий термін.

2. Відмови першої групи усуваються заміною або ремонтом легкодоступних складальних одиниць і агрегатів гідравлічної системи з розкриттям внутрішніх порожнин основних агрегатів, заміною або ремонтом деталей, розташованих

зовні агрегатів або складальних одиниць; проведенням операцій позачергового технічного обслуговування (ТО-1, ТО- 2, ТО-3, залежно від складності несправності).

3. Вихід з ладу окремих вузлів гідравлічної системи, що вимагає його повного розбирання або проведення глибокого системного моніторингу сільськогосподарської техніки для виявлення даної несправності. На даному рівні ремонт гідроагрегату, який втратив роботоздатність, здійснюється сервісною бригадою регіонального дилерського центру, якій повідомляються основні параметри несправності, яка виникла.

Сервісна бригада регіонального дилерського центру має більш високий рівень підготовки фахівців, а також спеціалізоване обладнання для проведення діагностики і ремонту гідравлічних агрегатів сільськогосподарської техніки. У випадку якщо проведення ремонту в умовах опорного пункту не представляється можливим або не вдається виявити характер несправності, яка виникла, гідравлічний агрегат транспортується в ремонтну майстерню регіонального дилерського центру.

Відмови другої групи складності усувають в умовах регіональних ремонтно-технічних підприємств із застосуванням спеціалізованого обладнання, шляхом повного розбирання основних гідравлічних агрегатів з наступною заміною несправних деталей, а також шляхом їхнього часткового відновлення із застосуванням сучасних технологій.

1. Особливо складні несправності, заводські дефекти, вихід з ладу гідравлічних агрегатів вузькоспеціалізованих машин і обладнання, усунення яких силами регіонального дилерського центру не представляється можливим.

2. Гідравлічний агрегат, який втратив роботоздатність, направляється на завод-виробник для повної заміни або відновлення. При цьому, у випадку, якщо втрата роботоздатності агрегату виникла в результаті заводського браку і не по причині користувачів сільськогосподарської техніки, завод-виробник усуває причину за рахунок власних коштів.

Запропоновану методику співвідношення несправностей гідравлічних агрегатів сільськогосподарської техніки можна представити у вигляді наступного алгоритму (рис. 3.1).

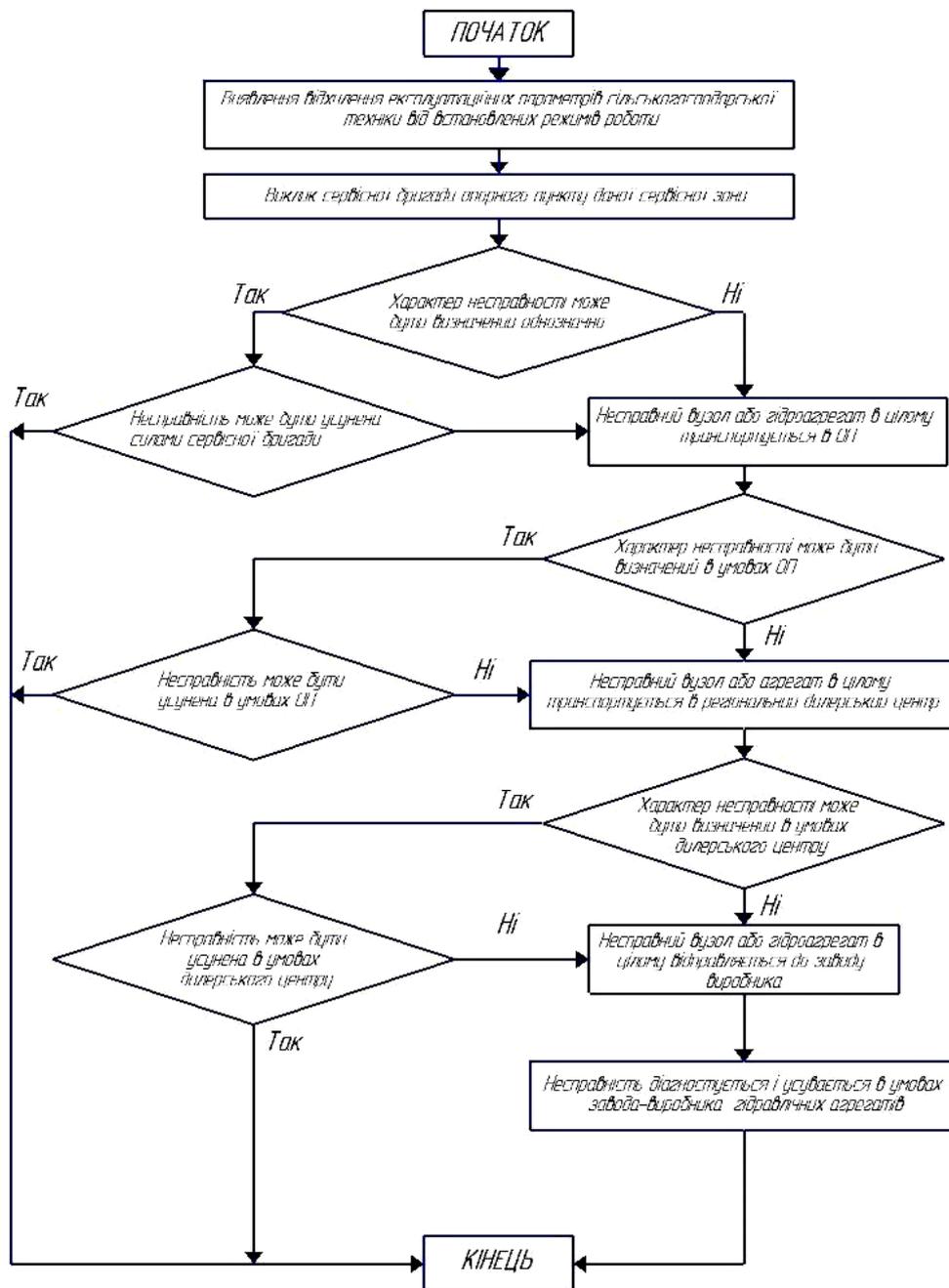


Рисунок 3.1 - Алгоритм співвідношення несправностей сільськогосподарської техніки з різними рівнями організації технічного сервісу

3.3 Методика визначення технічного стану насоса за градієнтом тиску в нагнітаючій магістралі

На першому етапі експериментальних досліджень по результатам передремонтного діагностування вибиралися шестеренні насоси з різним коефіцієнтом подачі. Так формувалася статистичний ряд насосів з різним технічним станом. В зв'язку з тим, що в роботі розглядаються питання з удосконалення діагностування гідравлічної системи комбайна. На даному етапі досліджень нас цікавить вплив технічного стану насоса гідравлічної системи комбайна на її роботоздатність. Тому нам необхідно було по результатам стендових випробувань вибрати насоси з різним коефіцієнтом подачі.

На другому етапі досліджень, насоси з визначеним коефіцієнтом подачі, встановлювалися повторно на стенд (рис. 3.2, 3.3) і проводився контроль їх технічного стану за швидкістю наростання тиску в нагнітаючій магістралі при виводі його на заданий режим функціонування. Даний параметр являється діагностичним при проведенні діагностування агрегатів гідравлічної системи комбайна.

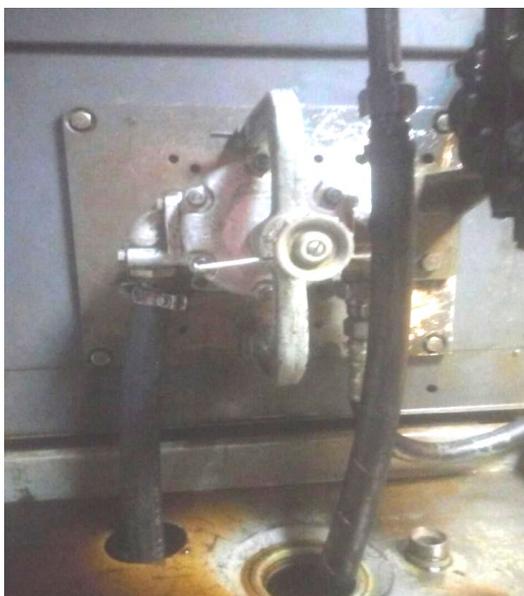


Рисунок 3.2 – Експериментальний насос НШ-32-К встановлений на стенді КИ-4200М для проведення експериментальних досліджень



Рисунок 3.3 – Загальний вид панелі керування і контролю показників стенда КИ-4200М

3.4 Методика проведення досліджень з визначення технічного стану системи керування робочим об'ємом аксіально-поршневого гідронасоса

Для проведення експериментальних досліджень з виявлення функціональних залежностей між структурними параметрами технічного стану складових системи керування робочим об'ємом аксіально-поршневого гідронасоса і трансмісії в цілому та діагностичними параметрами розроблюється натурний комплексний стенд (рис.3.4.). Основним агрегатом стенда являється серійний зразок гідравлічної трансмісії ГСТ-90, який складається із аксіально-плунжерного гідронасоса (3) та аксіально-поршневого гідромотора (7).

Привід гідронасоса здійснюється за допомогою електродвигуна АКБ-82-4 потужністю 7,5 кВт (1), частота обертання якого становить $600 \dots 1500 \text{ хв}^{-1}$.

Корпус гідронасоса з'єднаний з корпусом гідромотора рукавами високого тиску, що являється характерним для замкнених гідравлічних систем і дає можливість підключати до них датчики тиску, манометри або інші пристрої.

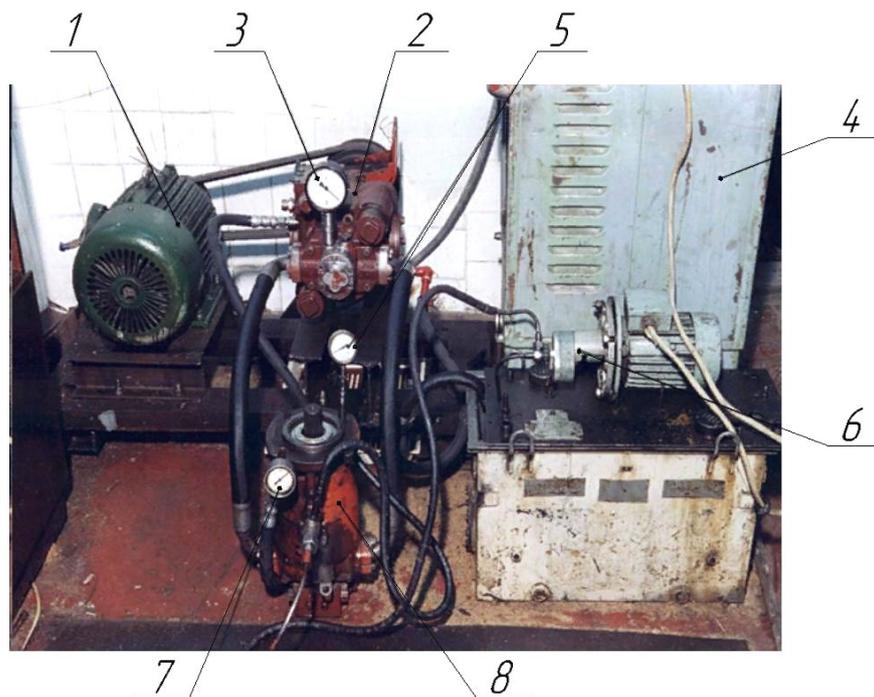


Рисунок 3.4– Загальний вид експериментальної установки:

1 – електродвигун; 2–аксіально-поршневий насос;3–манометр 1,6 МПа;
4 – фільтрувальний блок; 5 – манометр 0 – 0,235 МПа; 6– заправочна
гідравлічна станція; 7 – манометр 0 – 25 МПа; 8 – аксіально-поршневий
гідромотор.

Стабілізація температурного режиму робочої рідини (РР) здійснюється системою охолодження, який складається із водяного теплообмінника та гідравлічного насоса НШ-10Е з автономним приводом, що дає можливість контролювати температурний режим роботи стенда.

На основі аналізу існуючих способів діагностування системи керування робочого об'єму аксіально-поршневого гідронасоса нами розроблено методику контролю технічного стану системи керування робочого об'єму, шляхом вимірювання градієнту тиску робочої рідини в магістралі керування робочого об'єму за часом, від початку закриття запобіжного клапану насоса підживлення до моменту відкриття перепускного клапану клапанної коробки, після миттєвого переміщення важеля гідророзподільника з нейтрального положення до встановленого крайнього, при цьому попередньо на аксіально-поршневий

гідронасос встановлюють еталонний насос підживлення з запобіжним клапаном, а на аксіально-поршневий гідромотор еталонну клапанну коробку з перепускним клапаном.

Для проведення експериментальних досліджень проводилося моделювання об'ємних втрат робочої рідини і проводився контроль градієнту тиску робочої рідини у гідролінії сервомеханізму після миттєвого переміщення важеля в одне з крайніх положень, до початку обертання вихідного валу гідромотору і спрацювання перепускного клапану його клапанної коробки.

Висновки до третього розділу

Розроблена експериментальна установка забезпечує роботу гідравлічної трансмісії на основних режимах, що дає можливість відтворити моделювання фізичних процесів в відповідності до експлуатаційних умов. Водночас дана установка може бути реалізована для передремонтного діагностування агрегатів гідравлічних трансмісій в технічних сервісних центрах.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Результати визначення технічного стану насоса за градієнтом тиску в нагнітаючій магістралі

В відповідності до методики представленої в третьому розділі, дослідження проводилися в два етапи. На першому етапі було знайдено функціональну залежність між технічним станом насоса і його подачею.

На другому етапі досліджень, насоси з визначеною функціональною залежністю між структурними параметрами і вихідними (функціональними), встановлювалися повторно на стенд і проводився контроль їх технічного стану за швидкістю наростання тиску в нагнітаючій магістралі при виводі його на заданий режим функціонування.

Отримані результати зведені в таблицю 4.1 і представлені графічно на рис. 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати дослідження залежності між технічним станом насоса і часом на протязі якого насос виходить на робочий тиск

№ з/п	Об'ємний ККД гідронасоса (η)	Загальний зазор, (δ_3), мм	Тиск робочої рідини в нагнітаючій магістралі, Р, МПа	Час встановлення робочого тиску
1	0,94	0,12	12,0	0,41
2	0,89	0,24	12,0	0,45
3	0,71	0,36	12,0	0,64
4	0,59	0,48	12,0	0,75
5	0,58	0,60	12,0	1,05
6	0,41	0,72	12,0	1,45
7	0,27	0,84	6,0	-

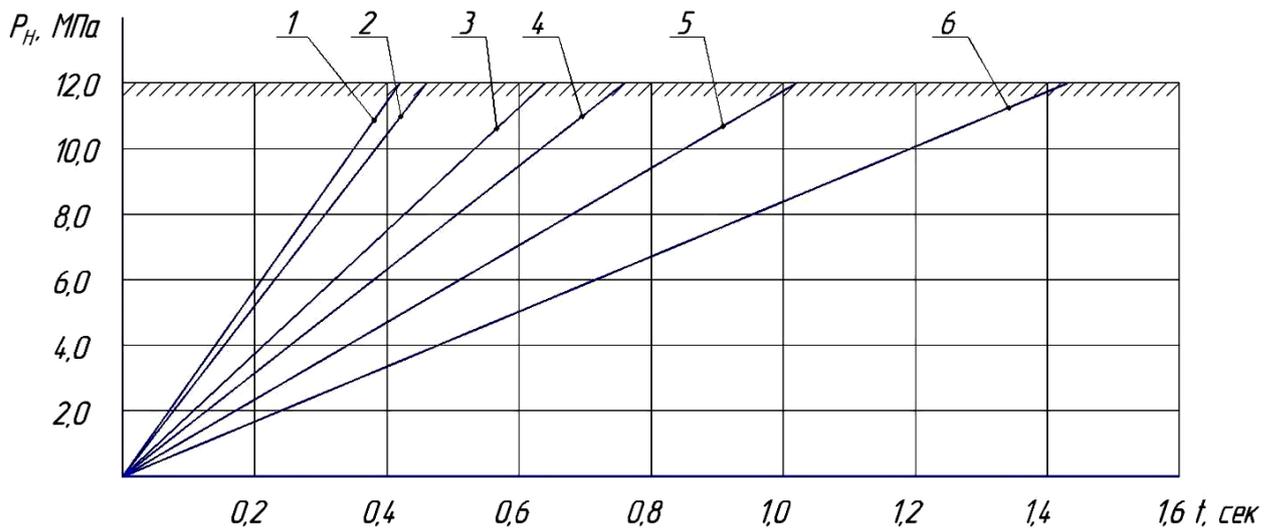


Рисунок 4.1 – Залежність між технічним станом шестеренного насоса і часом наростання тиску в нагнітаючій магістралі при значенні зазору: 1- 0,12 мм; 2- 0,24 мм; 3 – 0,36 мм; 4 – 0,48 мм; 5 – 0,60 мм; 6 – 0,72 мм; 7 – 0,84 мм

Отримані результати показують, зменшення об'ємної подачі насоса з 0,94 до 0,41 привело до збільшення часу виходу насоса на заданий тиск в нагнітаючій магістралі відповідно з 0,41 с до 1,45 с.

При зменшенні об'ємної подачі до 0,27 насос не зміг вийти на заданий режим роботи за тиском. Насос підтримував в гідравлічній системі тиск на рівні 0,6 МПа.

Таким чином технічний стан насоса можна визначити по швидкості наростання тиску в його нагнітаючій магістралі без проведення розбиральних робіт.

4.2 Результати досліджень з визначення технічного стану елементів системи керування робочим об'ємом гідронасоса

Для підтвердження теоретичних досліджень з обґрунтування способу контролю технічного стану системи керування робочим об'ємом аксіально-поршневого гідронасоса проводилися експериментальна оцінка взаємозв'язку між структурними параметрами технічного стану, які були представлені об'ємними втратами робочої рідини, і діагностичними, в якості яких застосовувався

градієнт тиску робочої рідини у гідролінії сервомеханізму після миттєвого переміщення важеля гідророзподільника в одне з крайніх положень.

Дослідження проводилися згідно розроблених методик представлених в третьому розділі. Результати проведених досліджень представлені в табл. 4.2. і графічно на рис.4.2, де показана залежність градієнту тиску робочої рідини у гідролінії сервомеханізму після миттєвого переміщення важеля гідророзподільника в одне з крайніх положень від об'ємних втрат робочої рідини, які обумовлюються технічним станом структурних параметрів складових системи керування робочим об'ємом аксіально-поршневого гідронасоса.

Таблиця 4.2 – Результати досліджень залежності градієнту тиску робочої рідини у гідролінії сервомеханізму від сумарних втрат робочої рідини

№ п/п	Сумарні втрати робочої рідини, $\sum Q_v, \text{см}^3/\text{с}$	Тиск спрацювання запобіжного клапана насоса підживлення, МПа	Тиск спрацювання перепускного клапана клапанної коробки МПа	Час від закриття запобіжно клапана $P_{зп}$ до відкриття клапана перепускного $P_{кп}$, $t, \text{с}$.
1	50,0	1,50	1,20	1,5
2	100,0	1,50	1,20	1,7
3	200,0	1,50	1,20	2,4
4	225,0	1,50	1,20	2,8
5	300,0	1,50	1,20	3,8
6	400,0	1,50	1,20	5,2

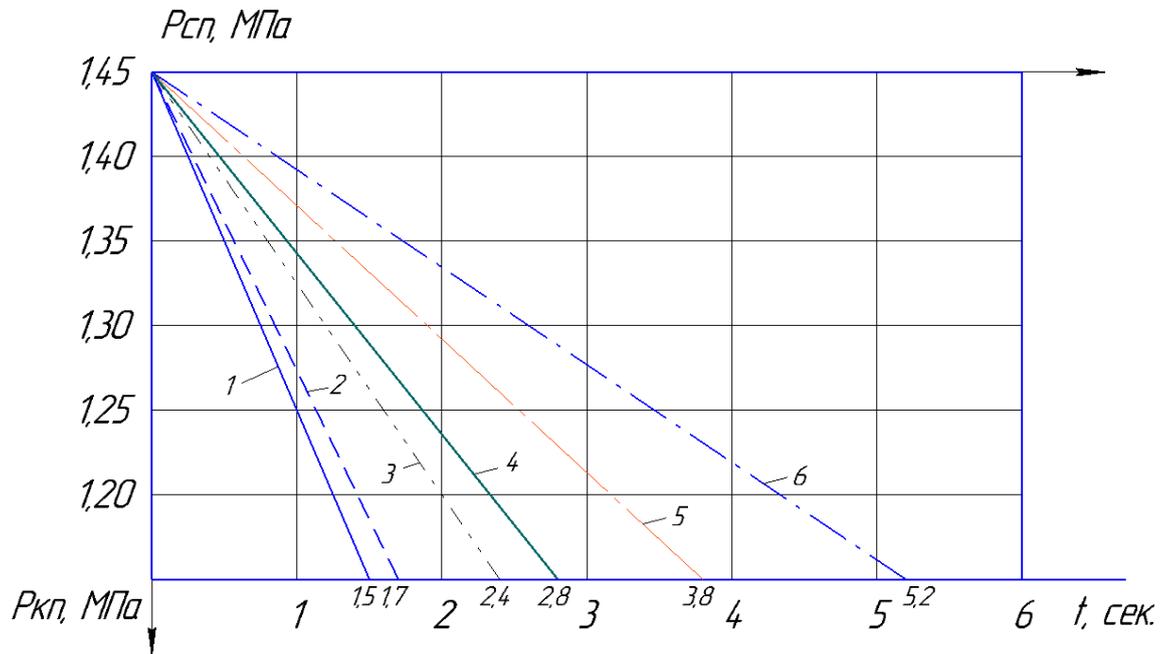


Рисунок 4.2 - Залежність зміни тиску робочої рідини в системі керування робочого об'єму за часом, після миттєвого переміщення важеля гідророзподільника з нейтрального положення до встановленого крайнього при сумарних витоках робочої рідини: 1. - $Q_B=50$ см³/с; 2. - $Q_B=100$ см³/с; 3. - $Q_B=200$ см³/с; 4 - $Q_B=250$ см³/с; 5 - $Q_B=300$ см³/с; 6. - $Q_B=400$ см³/с;

Дане значення можна вважати як кількісну оцінку для контролю технічного стану системи керування робочим об'ємом гідронасоса, коли він знаходиться в роботоздатному стані і його об'ємні витрати не досягли граничного значення

За величиною куту нахилу графіка, для аксіально-поршневого гідронасоса, який проходить контроль технічного стану, можливо зробити висновок про фактичний стан його системи керування робочого об'єму, величину зношення деталей системи керування робочого об'єму, які обумовлюють об'ємні витрати робочої рідини і прогнозують його залишковий ресурс.

4.3 Засоби діагностування гідравлічного приводу в умовах експлуатації

Технічний стан гідравлічної трансмісії визначається за числовими значеннями його параметрів. Для кожного гідрообладнання існують свої основні діагностичні параметри. При цьому для визначення технічного стану гідравлічної трансмісії та її складових необхідно вимірювати декілька параметрів.

Сукупність параметрів, які вимірюються, повинна бути мінімальною але достатньою для об'єктивної оцінки технічного стану гідроагрегатів і гідравлічної системи в цілому. Разом з тим, в зв'язку з постійним конструктивним удосконаленням гідравлічних машин ускладнюються також і задачі діагностування.

Проведені дослідження підтвердили ефективність застосування для визначення технічного стану агрегатів гідравлічних систем статопараметричного методу діагностування, які характеризуються контролем вимірюванням розходів робочої рідини, тиску, частоти обертання валів та ін.

Вимірювання подачі (PP) в залежності від тиску в гідросистемі є важливим показником технічного стану гідронасоса, що характеризує ступінь зношення спряжень качаючого вузла. Дана залежність включена в якості стандартного методу випробування в гідротестер DNM403.

Принципова схема застосування портативного цифрового гідротестера DNM403 для діагностування аксіально-поршневого насоса представлена на (рис.4.3).

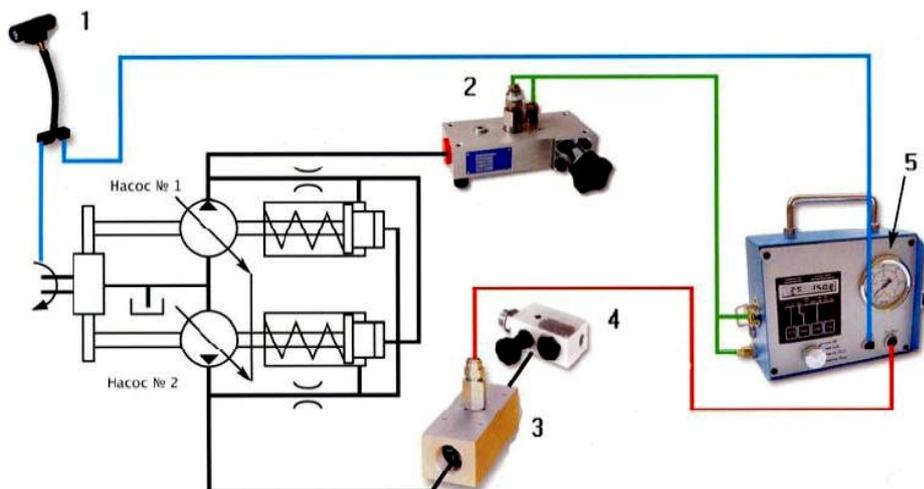


Рисунок 4.3 – Принципова схема діагностування технічного стану двухпоточного аксіально-поршневого насоса: 1-фототахометр; 2 – турбінний витратомір з встроєним навантажуючим клапаном і запобіжною системою від випадкового підвищення тиску в обох напрямках потоку (PP); 3 – турбінний витратомір з отвором для вимірювання тиску і температури; 4 – окремий навантажуючий клапан для імітації роботи машини; 5 – цифровий зчитуючий пристрій для виміру подачі насосом (PP), температури і частоти обертання приводного вала насоса.

Гідротестер забезпечений системою захисту від значного підвищення тиску Interpass. Вбудовані захисні диски навантажуючого клапана забезпечують безпечне переливання (PP) по внутрішньому каналу через навантажуючий клапан на злив в бак без витрат рідини із гідросистеми, виключаючи забруднення навколишнього середовища. Блок витрат через навантажуючий клапан дає можливість поступово обмежувати витрати гідролінії після витратоміра.

Реалізація даного гідротестера дає можливість забезпечити максимальну точність вимірювання для широкого діапазона витрати робочої рідини в обох напрямках потоку (PP), оперативність контролю технічного стану, високий технічний рівень і ефективність технічного діагностування гідравлічного приводу на місці експлуатації машини.

Висновки до четвертого розділу

1. Запропонована методика співвідношення несправностей гідравлічних агрегатів сільськогосподарської техніки з різними рівнями організації регіонального технічного сервісу, яка реалізована в якості алгоритму для виявлення відповідності несправності агрегату до рівня виробничого підрозділу сервісного підприємства і відновлення його роботоздатності або усунення справності.

2. Результати дослідження залежності між технічним станом насоса і часом на протязі якого насос виходить на робочий тиск, показують, що зменшення об'ємної подачі насоса з 0,94 до 0,41 привело до збільшення часу виходу насоса на заданий тиск в нагнітаючій магістралі відповідно з 0,41 с до 1,45 с. При

зменшенні об'ємної подачі до 0,27 насос не зміг вийти на заданий режим роботи за тиском. Таким чином технічний стан насоса можна визначити по швидкості наростання тиску в його нагнітаючій магістралі без проведення розбиральних робіт.

3. Реалізація гідротестера DNM403 дає можливість забезпечити максимальну точність вимірювання для широкого діапазону розходу робочої рідини в обох напрямках її потоку, оперативність контролю технічного стану, високий технічний рівень і ефективність технічного діагностування гідравлічного приводу на місці експлуатації машин.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Охорона праці в товаристві з обмеженою відповідальністю

Прийняття рішень і повну відповідальність за дотриманням вимог охорони праці на спеціалізованому підприємстві несе директор. У перелік його обов'язків з питань охорони праці відносяться: організація служби охорони праці на підприємстві; призначення й звільнення посадових осіб, виконуючих обов'язки служби охорони праці; контроль з допомогою служби охорони праці підприємства за дотриманням на виробництві вимог чинного законодавства, загальних, галузевих й спеціальних нормативних актів у галузі охорони праці; прийняття рішень щодо проведення заходів, спрямованих на дотримання чи покращення стану охорони праці на підприємстві.

Нормативною основою системи керування охороною праці на підприємстві є Конституція України, Закони України "Про охорону праці", "Про загальнообов'язкове державне страхування від нещасного випадку на виробництві і професійного захворювання, котрі стали причиною втрати працездатності", Кодекс законів України про працю, законодавчі акти Верховної Ради України, накази і розпорядження Президента України, постанови, розпорядження Кабінету Міністрів України, а інформаційною основою – колективний договір і угода з охорони праці, матеріали перевірки органів нагляду, матеріали розслідування нещасних випадків і професійних захворювань.

Служба охорони праці підприємства вирішує такі основні задачі: навчання безпечним методам праці; забезпечення безпеки обладнання і виробничих процесів; забезпечення належного утримання будівель і споруд; доведення санітарно-гігієнічних умов праці до вимог нормативних актів; забезпечення працівників засобами індивідуального і колективного захисту; оптимізація режимів роботи і відпочинку.

5.2 Аналіз умов праці та пожежної безпеки в майстерні з технічного сервісу гідравлічних агрегатів

Майстерня з технічного сервісу агрегатів гідравлічних систем, є одним із основних виробничих підрозділів товариства, і призначена для проведення робіт з технічного обслуговування та капітального і поточного ремонту гідравлічних агрегатів в гарантійний і післягарантійний період експлуатації мобільних машин сільськогосподарського призначення.

Майстерня представляє собою капітальну одно етажну будівлю, загальна площа якої становить 2160 м².

Спеціалізована ділянка з технічного сервісу агрегатів гідравлічних систем мобільних машин розміщується в зоні капітального ремонту спеціалізованої майстерні. Робочі місця спеціалізованої ділянки забезпечені необхідним основним та допоміжним обладнанням: мийна машина для зовнішнього очищення агрегатів – ОМ-5359; стенд для розбирання та складання гідроагрегатів – ОР-1959-11-14; стенд для притирки деталей –ОР- 8488-01; стенд для обкатки та випробовування гідравлічних систем –ОР- 92303, верстак слюсарний - ОРГ - 1461-01А. На ділянці згідно технології робіт організовано чотири робочих місця. Основне та допоміжне обладнання розташоване згідно технічних вимог. Відстань між обладнанням та колонами становить 0,3 м., а між стінкою сягає 0,5...0,8 м., між обладнанням складає від 0,8 м. до 2,0 м. В цілому обладнання розмішене таким чином, що на ділянці зберігаються вимоги для проходів робочих, а також транспортування візків, в відповідності до ДБН В.2.2-28:2010 [16].

В майстерні також є загальна припливно-витяжна вентиляція, що забезпечує необхідний температурний режим в виробничому підрозділі, та чистоту повітря в відповідності до загальних санітарно-гігієнічних вимог згідно ДБН В.2.5-67:2013 [11].

Оформлення інтер'єру спеціалізованої ділянки виконане в світлих тонах: на висоту 1,8 м. стіни облицьовані керамічною плиткою білого кольору, а вище пофарбовані фарбою білого кольору. В білий колір забарвлена і стеля приміщення. Підлога виконана із керамічної напільної плитки світло-коричньового кольору.

Ворота пофарбовані в світло-синій колір, що в цілому відповідає вимогам згідно з ДБН В.2.2-28:2010.

Параметри мікроклімату на ділянці з технічного сервісу гідравлічних агрегатів наведено в таблиці 5.1 згідно ДСН 3.3.6.042-99.

Таблиця 5.1 - Допустимі та оптимальні параметри мікроклімату в робочій зоні спеціалізованої ділянки

Кліматичний показник	Холодна пора року		Тепла пора року	
	допустима на постійному місті	оптимальна	допустима на постійному місті	оптимальна
Температура, °С	13-19	14-18	15-26	23-25
Вологість, %	75	65	70 при 24 ⁰ С	60
Швидкість руху повітря, м/с	не більш 0,5	0,4	0,6-0,5	0,4-0,5

Аналіз табл.5.1 показує, що параметри мікроклімату знаходяться у допустимих нормах.

У зв'язку з специфікою виробничої діяльності ділянки з технічного сервісу агрегатів гідравлічних систем, на ній мають місце небезпечні виробничі та шкідливі фактори.

При виконанні робіт в відділенні з технічного сервісу агрегатів гідравлічних систем мають місце фізичні та хімічні небезпечні виробничі фактори за ДСТУ 12003-96: випадання агрегатів гідравлічної трансмісії (аксіально-поршневого гідронасоса та гідромотора) з пристроїв для їх кантування при проведенні розбирально-складальних робіт; падіння вузлів складових аксіально-поршневих гідромашин з технологічних підставок; не ефективний захист рухомих частин стендів для обкатки та випробовування гідроагрегатів; термічні фактори (пожежі при зливанні мастильних матеріалів з картерів гідромашин; очистки (знежирення) деталей бензином; поява осколків металу деталей при проведенні пресових операцій; наявність гострих кромки у деталей, вузлів, агрегатів, інструменту та ін.

Шкідливі виробничі фактори: наявність у повітрі парів бензину, миючих розчинів; шуми та вібрації від роботи верстатів, механізованих стендів, та інструменту, працюючих агрегатів, що знаходяться на випробуванні.

Більшість виробничих процесів на дільниці з технічного сервісу агрегатів гідравлічних систем супроводжується виділенням у повітря виробничих приміщень токсичних речовин, які потрапивши до організму людини, навіть в невеликих дозах, викликають отруєння організму.

У таблиці 5.2 наведена фактична і гранично допустима концентрація токсичних речовин, а також клас небезпеки речовин для дільниці з технічного сервісу агрегатів гідравлічних систем відповідно з ГН 3.3.5- 8.6.6.1-2002 і ДСТУ 12005-98.

Таблиця 5.2 – ГДК та фактичні значення шкідливих речовин в повітрі дільниці з технічного сервісу агрегатів гідравлічних систем

Найменування речовини	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки	Фактичні значення
Бензин-розчинник	300	4	210
Бензин паливний	100	4	87
Мастила мінеральні	5	3	4,9
Сода кальцинована	2	3	1,9

Проведений аналіз показників таблиці 5.2 показує, що фактичні значення концентрації шкідливих речовин у повітрі не перевищують гранично допустимі значення в відповідності до ДСТУ 12105-98.

На дільниці з технічного сервісу агрегатів гідравлічних систем мають місце шуми і вібрації. Джерелами шуму та вібрацій на дільниці є: механізовані стенди, інструмент та обладнання; аксіально-поршневі агрегати, які проходять обкатку та випробування. В відповідності до ДСН-3.3.6.037-99 рівень звукового тиску у приміщеннях не перевищує 80 дБА.

При проведенні ремонтно-обслуговуючих робіт задіяні стенди, які в процесі роботи являються джерелом не тільки шуму, а також і вібрації. За детальним складом рівень вібрації в октанових полосах підрозділяються на: низькочастотні з рівнем 8 і 16 Гц, середньо частотні – 31,5 і 63 Гц, високочастотні – 125,250,500 і 1000Гц. Згідно з [18] загальні вібрації не перевищують норму.

В відповідності до ДБН В.2.5-28-2006 на виробничих постах і робочих місцях дільниці повинне бути природне і штучне освітлення. Відділення з технічного сервісу агрегатів гідравлічних систем відноситься до розряду роботи

середньої точності. Для якої найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення знаходиться в інтервалі - більше 0,5мм і до 1,0 мм. Нормована освітленість при загальному освітленні становить 200 лк. Сукупність нормованих величин показника осліпленості становить – 40 і коефіцієнта пульсації – 20%. Нормоване значення коефіцієнта природної освітленості при верхньому і комбінованому освітленні дорівнює-2,4%, а для бокового освітлення -0,9% .

Проведений аналіз умов праці згідно з ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 дає можливість зробити висновок, що умови роботи на робочих місцях та постах дільниці з ремонту гідравлічних систем зони капітального ремонту відносяться до другого класу «Допустимі», які характеризуються рівнями факторів виробничого середовища і трудового процесу, що не перевищують встановлених гігієнічних нормативів.

Для живлення електроприймачів в майстерні застосовуються мережі на 380/220 В з глухо заземленою нейтраллю з системою заземлення TN-C-S. В виробничих підрозділах підприємства використовується напруга: 380 В; 220 В; 36 В. Згідно з «Правилами устрою електроустановок» (ПУЕ) [10], НПАОП 40.1-1.32-01 виробничі приміщення зони капітального ремонту майстерні мають токопровідні поли, що виділяють токопровідний пил при виконанні технологічних операцій, який може осідати на проводах і потрапляти усередину обладнання.

Це дає можливість зробити висновок, що виробничі приміщення зони капітального ремонту майстерні відносяться до класу приміщень з підвищеною небезпекою згідно з ДСТУ 12038-96 .

Загальний виробничий процес на дільниці за вибуховою, вибухово-пожежною та пожежною небезпекою, згідно НАПБ Б.03.002-2007 відноситься до категорії «В - Пожежнебезпечна», так як в приміщенні знаходяться легкозаймаючі, горючі і важкогорючі речовини і матеріали,

питоме пожежне навантаження кожного з яких перевищує 180 МДж/м² на окремих дільницях площею не менше 10 м².

Зовнішні стіни будівлі майстерні виконані з залізобетону та червоної цегли, а внутрішні стіни та перегородки лише з червоної цегли. Дані матеріали відносяться до негорючих, що дає можливість віднести будівлю в відповідності з ДБН В.1.1-7-2002, до II ступеню вогнестійкості [14].

Пожежі на ділянці можуть виникнути в результаті: спалах паливно-мастильних матеріалів при попаданні на них іскри електричного механічного походження, дія тепла від нагрітих предметів, під впливом відкритого вогню (клас пожежі - В); спалах електроустаткування при перевантаженнях, перегрівих і коротких замиканнях (клас пожежі - Е); самозаймання промасленого дроту (клас пожежі - А).

5.3 Вимоги з охорони праці при проведенні технічного обслуговування гідравлічних систем

Загальні положення. До самостійної роботи з ремонту, складання, випробування й обслуговування агрегатів гідравлічних систем допускаються особи, що пройшли професійне навчання (слюсарі-ремонтники, слюсарі механоскладальних робіт, слюсарі по складанню металоконструкцій), вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці по даному виду робіт і мають першу групу по електробезпечності. Повторний інструктаж з охорони праці проводиться не рідше одного разу в 3 місяця, інструктаж з електробезпечності - не рідше одного разу на рік.

При виконанні виробничих завдань із ремонту, випробуванню, складанню і обслуговуванню гідросистем на працівника можливий вплив наступних небезпечних і шкідливих факторів:

фізичних - гострі краї, заусениці, шорсткість на поверхнях інструменту обладнання, поразка електричним струмом при роботі на випробувальних стендах, підвищений шум і вібрація, машини та механізми, які рухаються, рухливі частини встаткування, вироби що пересуваються, викиди мастила під тиском через розрив гідросистеми;

хімічних - наявність аерозолів і рідин, що можуть викликати алергійні наслідки, а також поразка внутрішніх органів і шкірні захворювання.

Працівник повинен негайно сповіщати свого або вищого керівника про нещасний випадок, що відбувся на виробництві або про погіршення стану свого здоров'я, про несправності встаткування, пристосувань і інструмента до початку роботи або під час робочого дня після виявлення несправності.

Вимоги охорони праці перед початком роботи. Перед початком роботи робочий повинен одягти чисті і справні засоби індивідуального захисту. Захисні окуляри повинні бути підібрані по розміру, чистими і не мати тріщин та подряпин.

Робоче місце повинне бути оснащено необхідним устаткуванням, пристосуваннями і інструментом. Проходи бути вільними.

Необхідно провести перевірку зовнішнім оглядом справності обладнання і місцевого освітлення, вентиляції, відсутності оголених кінців електропроводки, наявності на своїх місцях огорожень та інших засобів колективного захисту.

Матеріали, деталі, вироби, вузли трубопроводів, які використовуються в роботі, повинні бути розміщені безпечно та зручно, не перекриваючи проходів і проїздів. Необхідно перевірити наявність і справність контрольно-вимірювальних приладів (манометрів, витратомірів, термометрів, частотомірів).

Вимоги охорони праці під час виконання роботи. При виконанні робіт зі складання, випробування, ремонту й обслуговуванню агрегатів гідравлічних систем, з використанням технологічного обладнання, необхідно виконувати вимоги, які викладені в експлуатаційній документації заводу-виготовлювача, а також інструкції з охорони праці.

Необхідно деталі, вузли і елементи гідросистем в процесі роботи складувати в стійкому положенні. Пробний пуск гідравлічної системи слід робити тільки після перевірки всіх монтажних робіт. Перед запуском гідронасоса після закінчення його ремонту і монтажу слід переконатися в правильності з'єднання трубопроводів та гнучких шлангів.

Отвори штуцерів і напірних рукавів, через які можливе витікання робочої рідини при перемиканнях, у тому числі помилкових, повинні бути спрямовані убік або вниз від перевіряючого і при необхідності прикриті, від розбризкування робочої рідини, спеціальними щитками.

У процесі роботи, перед початком випробування системи і обладнання слід виконати наступні вимоги:

установити органи керування у вихідні позиції; максимально розслабити регулюючі пружини запобіжних клапанів; перевірити надійність закріплення виробу в установочних пристосуваннях; перевірити наявність і надійність

закріплення передбачених огорожень; зовнішнім оглядом перевірити стан манометрів і наявність пломб;

перевірити наявність заземлення електроустаткування; перевірити правильність обертання насосів короткочасним включенням; перевірити відсутність підтікання робочої рідини в гідравлічній системі. При випробуваннях під час проведення контролю з'єднань і стиків виробу, який перебуває під тиском, необхідно використовувати щиток для захисту обличчя.

При проведенні випробувань систему відключити в наступних випадках: при руйнуванні або загорянні її елемента; при спрацьовуванні аварійної сигналізації; при відмові вимірювальних приладів; при зростанні тиску вище допустимого;

при припиненні подачі робочої рідини; з появою витоків робочої рідини, які перевищують норму, установлену в технічній характеристиці; з появою підвищеного шуму, стукоту, вібрації.

Забороняється усувати витоки, підтягувати болти, гайки і інші з'єднання на гідросистемі, яка перебуває під тиском і під час її роботи.

Перед ремонтом або демонтажем гідросистеми необхідно: повністю розвантажити систему від тиску, у тому числі і ділянки, які відсічені гідрозамками, розподільниками; відключити систему від енергоджерела.

Вимоги охорони праці по закінченню роботи. По закінченню роботи необхідно зібрати інструмент і пристрої, привести їх у належний порядок і скласти у відведене для них місце.

Знеструмити установку, і вивісити плакат шляхом «Не включати! Працюють люди!», та провести очищення установки, а при необхідності змащення. Використаний протиральний матеріал зібрати в металевий ящик, який закривається кришкою і слідкувати за його видаленням. Скласти спецодяг у спеціально відведене місце, вимити з милом обличчя і руки теплою водою або прийняти душ.

При передачі зміни повідомити змінника або майстра про всі несправності в роботі обладнання і про вжиті заходи по їх усуненню.

5.4 Дії у надзвичайних ситуаціях. Порядок дій у разі пожежі.

Для випадку пожежонебезпечної ситуації на території майстерні чи на прилеглий до неї території розроблено регламент по усуненню загрози для життя.

1. У випадку виявлення пожежі кожен робітник зобов'язаний: негайно повідомити про це по телефону пожежну охорону (101). При цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище; прийняти заходи до евакуації людей, локалізації пожежі та збереження матеріальних цінностей; повідомити директора про надзвичайну ситуацію у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газорятувальну тощо); у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили і засоби; здійснити в разі необхідності відключення електроенергії, зупинення транспортуючих пристроїв, агрегатів, апаратів, зупинку систем вентиляції в аварійному та суміжних з ним і здійснити інші заходи, що сприяють запобіганню розвитку пожежі і задимлення будівлі; організувати зустріч підрозділів пожежної охорони.

2. З прибуттям пожежних підрозділів повинен бути забезпечений безперешкодний доступ їх на територію об'єкта, за винятком випадків, коли відповідними державними нормативними актами встановлений особливий порядок допуску.

3. Після прибуття пожежного підрозділу адміністрація та технічний персонал підприємства, будівлі або споруди зобов'язані брати участь у консультуванні керівника гасіння про конструктивні і технологічні особливості об'єкта, де виникла пожежа, прилеглих будівель та пристроїв, організувати залучення до вжиття необхідних заходів, пов'язаних з ліквідацією пожежі та попередженням її розвитку, сил і засобів об'єкта.

Висновки до п'ятого розділу

1. Проведений аналіз організації охорони праці в господарстві показав, що для покращення умов праці робочих і попередження травматизму на робочих місцях необхідно: забезпечити робочі місця обладнанням для проведення розбирально-складальних робіт, розробити організаційно-технічні заходи з покращення умов праці робочих, відновити роботу куточка з охорони праці.

2. Детальний розгляд заходів з охорони праці при проведенні робіт зі складання, випробування, ремонту і обслуговування агрегатів гідравлічних систем, дав в можливість виявити шкідливі та небезпечні виробничі фактори, які можуть мати місце і вказати на заходи, які дають можливість їх усунути, що також покращить умови роботи та попередить травматизм на робочому місці.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Економічна оцінка проектних рішень розраховується з врахуванням робіт з технічного сервісу гідравлічних агрегатів мобільних машин.

За результатами проведених досліджень виникає необхідність провести технологічне переоснащення сервісного підрозділу з технічного обслуговування і діагностування гідравлічних агрегатів.

Техніко-економічну оцінку виконаних дій будемо визначати з врахуванням того, що в процесі технічного переозброєння будівельні роботи не велись, а капітальні вкладення визначаються вартістю придбаного додаткового обладнання.

Розрахуємо поточні витрати на роботи з технічного сервісу гідравлічних агрегатів, які складаються із заробітної плати з нарахуваннями, витрат на амортизацію приміщення та обладнання, витрат на запасні частини, вузли і ремонтні матеріали, електроенергію, паливо та інше.

Для впровадження запропонованих заходів необхідно придбати основне обладнання яке наводиться в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Марка та вартість додаткового основного обладнання

№ п/п	Найменування обладнання	Тип, марка	К-ть	Вартість, грн.
1	Стенд для випробовування та контролю аксіально-поршневих гідроагрегатів	Власного виготовлення	1	25 000
2	Установка для внутрішньої промивки агрегатів	ОМ-2287	1	18 000
3	Стенд для випробовування та контролю гідравлічних агрегатів	КИ-4815М	1	45000
4	Комплект майстра - діагноста	ОРГ-4679	1	12000
-	Всього	-	4	100000

Вихідні данні для обґрунтування економічної ефективності роботи наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Вихідні данні для розрахунку

Показники	Значення показників	
	базові	проектні
Річна програма техн. обслуговування, шт.	500	900
Кількість слюсарів, осіб	1	2
Середньомісячна заробітна плата робітника, грн.	4500	5500
Вартість діючого обладнання для проведення обслуговувань, грн.	160000	-
Вартість придбаного обладнання, грн.	-	100000
Річні витрати електроенергії, кВт/год	26000	37000
Ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн.	4,32	4,32
Вартість од. діагностування, грн.	950	950

Для проведення економічної оцінки роботи необхідно визначити наступні показники:

1. Вартість проведених технічних обслуговувань.

Вартість проведених технічних обслуговувань розраховується з врахуванням річної програми технічних обслуговувань насосів та вартості одного технічного обслуговування за виразом:

$$B_p = \eta \cdot B_{op}, \quad (6.1)$$

де η^b, η^p - відповідно базова і проектна річна програма технічного обслуговування ($\eta^b = 500_{обсл.}$, $\eta^p = 900_{обсл.}$);

B_{op} - вартість одного обслуговування, грн.;

$$B_p^b = 500 \cdot 950 = 475000_{грн.}$$

$$B_p^p = 900 \cdot 950 = 855000_{грн.}$$

2. Експлуатаційні витрати (ЕВ) визначаються за виразом:

$$EB = 3П + A + B_{эл} + B_{рем} + IB, \quad (6.2)$$

де $3П$ – заробітна плата з нарахуванням, грн.;

A – амортизаційні відрахування, грн.;

$B_{\text{ен}}$ – вартість електроенергії, грн.;

$B_{\text{рем}}$ – витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування приміщення та обладнання, грн.;

IB – інші витрати складають 3% від загальної суми експлуатаційних витрат, грн.

Заробітна плата основних робочих для базового і проектного варіанту з нарахуваннями визначається за виразом:

$$ЗП = ЗП_{\text{ср}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot 12 + ЗП_{\text{н}}, \quad (6.3)$$

де $ЗП_{\text{ср}}$ – середньомісячна заробітна плата робітника, грн.

($ЗП_{\text{ср}}^{\text{б}} = 4500 \text{ грн.}$, $ЗП_{\text{ср}}^{\text{п}} = 5500 \text{ грн.}$);

$K_{\text{пр}}$ – кількість основних робітників, чол. (для базового варіанту $K_{\text{пр}}^{\text{б}} = 1 \text{ чол.}$, для проектного варіанту $K_{\text{пр}}^{\text{п}} = 2 \text{ чол.}$);

$ЗП_{\text{н}}$ – нарахування на зарплату, грн. ($ЗП_{\text{н}} = 0,22 \cdot ЗП$).

$$ЗП^{\text{б}} = 4500 \cdot 1 \cdot 12 = 54000 \text{ грн.}$$

$$ЗП^{\text{п}} = 5500 \cdot 2 \cdot 12 = 132000 \text{ грн.}$$

Відповідно нарахування на зарплату визначаються:

$$ЗП_{\text{н}}^{\text{б}} = 0,22 \cdot 54000 = 11880,0 \text{ грн.}$$

$$ЗП_{\text{н}}^{\text{п}} = 0,22 \cdot 132000 = 29040,0 \text{ грн.}$$

Тоді заробітна плата з нарахуваннями буде становити:

$$ЗП^{\text{б}} = 54000 + 11880 = 65880,0 \text{ грн.}$$

$$ЗП^{\text{п}} = 132000,0 + 29040,0 = 161040,0 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування включають в себе витрати на амортизацію обладнання і приміщення.

Витрати на амортизацію обладнання розраховуються за формулою:

$$A_{OB} = \frac{B_{OB} \cdot H_A}{100}, \quad (6.4)$$

де B_{OB} – балансова вартість обладнання, грн. (базова - $B_{OB}^B = 160000$ грн, проектна - $B_{OB}^P = B_{OB}^P + B_{OB}^B = 100000 + 160000 = 260000$ грн).

H_A – норма амортизації, ($H_A = 21,93\%$) %

$$A_{OB}^B = \frac{160000 \cdot 21,93}{100} = 35088,0 \text{ грн.}$$

$$A_{OB}^P = \frac{260000 \cdot 21,93}{100} = 57018,0 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію будівлі визначаються за формулою:

$$A_B = \frac{B_B \cdot H_B}{100}, \quad (6.5)$$

де B_B – балансова вартість будівлі, грн. ($B_B = 950000$ грн., як для базового так і для проектного варіанту);

H_B – нормативний коефіцієнт амортизаційних відрахувань на приміщення, ($H_B = 7,76\%$).

Тоді

$$A_B = \frac{950000 \cdot 7,76}{100} = 73720,0 \text{ грн.}$$

Загальна вартість амортизаційних відрахувань складе:

$$A = A_{OB} + A_B, \quad (6.6)$$

Тоді
для базового варіанту

$$A^B = 35088,0 + 73720,0 = 108808,0 \text{ грн.}$$

і проектного

$$A^P = 57018 + 73720 = 130738,0 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію визначаються, виходячи із загальної потужності обладнання і часу його роботи на рік, а також потужності освітлювальних приладів, які працюють на протязі всього робочого дня за виразом:

$$B_{\text{ЕЛ}} = Q_{\text{ЕЛ}} + C_{\text{ЕЛ}}, \quad (6.7)$$

де $Q_{\text{ЕЛ}}$ - річні витрати електроенергії, кВт/год. (для базового варіанту $Q_{\text{ЕЛ}}^B = 26000 \text{ кВт/год.}$, для проектного варіанту $Q_{\text{ЕЛ}}^P = 37000 \text{ кВт/год.}$);

$C_{\text{ЕЛ}}$ - ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн. ($C_{\text{ЕЛ}} = 4,32 \text{ грн.}$).

$$B_{\text{ЕЛ}}^B = 26000 \cdot 4,32 = 112320,0 \text{ грн.}$$

$$B_{\text{ЕЛ}}^P = 37000 \cdot 4,32 = 159840,0 \text{ грн.}$$

Витрати ($B_{\text{РЕМ}}$) на поточний ремонт (ПР) та технічне обслуговування (ТО) складають 30% від суми амортизаційних відрахувань і визначаються за виразом:

$$B_{\text{РЕМ}} = \frac{A \cdot 30}{100}, \quad (6.8)$$

Тоді

$$B_{рем}^Б = \frac{108808 \cdot 30}{100} = 32642,4 \text{ грн.}$$

$$B_{рем}^П = \frac{130738 \cdot 30}{100} = 39221,4 \text{ грн.}$$

Інші витрати (ІВ) включають в себе витрати на спецодяг, інструменти, заходи з охорони праці, протипожежні заходи і складають 3% від загальної суми експлуатаційних витрат:

$$IB = \frac{3П + A + B_{ел} + B_{рем} \cdot 3}{100}, \quad (6.9)$$

$$IB^Б = \frac{65880,0 + 108808,0 + 112320,0 + 97927,2 \cdot 3}{100} = 3849,35 \text{ грн.}$$

$$IB^П = \frac{161040,0 + 130738,0 + 159840,0 + 117664,2 \cdot 3}{100} = 5692,82 \text{ грн.}$$

Тоді експлуатаційні витрати згідно виразу (6.2) складуть:

$$EB^Б = 65880,0 + 108808,0 + 112320 + 32642,4 + 3849,3 = 323499,75 \text{ грн.}$$

$$EB^П = 161040,0 + 130738,0 + 159840 + 39221,4 + 5692,82 = 496532,22 \text{ грн.}$$

3. Повна собівартість (ПС) проведених технічних обслуговувань визначиться за виразом:

$$ПС = EB \cdot 1,02, \quad (6.10)$$

$$ПС^Б = 323499,7 \cdot 1,02 = 329969,74 \text{ грн.}$$

$$ПС^П = 496532,2 \cdot 1,02 = 506462,86 \text{ грн.}$$

4. Загальний прибуток (П) визначиться за виразом:

$$П = B_{пп} - ПС, \quad (6.11)$$

$$\Pi^B = 475000 - 329969,74 = 145030,26 \text{ грн}$$

$$\Pi^D = 855000 - 506462,86 = 348537,14 \text{ грн}$$

5. Рівень рентабельності (P) буде дорівнювати:

$$P = \frac{\Pi}{ПС} \cdot 100\%, \quad (6.12)$$

$$P^B = \frac{145030,3}{329969,7} \cdot 100\% = 43,95\%$$

$$P^D = \frac{348537,1}{506462,8} \cdot 100\% = 68,8\%$$

6. Додаткові капітальні вкладення (B) визначаються:

$$B = B_{np} - B_z, \quad (6.13)$$

де B_{np} - вартість обладнання придбаного і діючого, грн.,

$$(B_{np} = 260000 \text{ грн.});$$

B_z - вартість діючого обладнання, грн., ($B_z = 160000 \text{ грн.}$).

$$B = 260000 - 160000 = 100000 \text{ грн.}$$

7. Річний економічний ефект (E_p) визначиться за виразом:

$$E_p = \Pi^D - \Pi^B, \quad (6.14)$$

$$E_p = 348537,14 - 145030,26 = 203506,88 \text{ грн}$$

8. Термін окупності додаткових вкладень (T_o) буде дорівнювати:

$$T_o = \frac{B}{E_p}, \quad (6.15)$$

$$T_o = \frac{100000}{203506,88} = 0,5 \text{ року}$$

Основні результати розрахунку представлені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Техніко-економічні показники

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид робіт	Техн. обслуг.	Техн. обслуг.
Обсяг робіт, од.	500	900
Кількість основних робітників, осіб	1	2
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн.	-	100000
Експлуатаційні витрати всього, грн.:	323499,75	496532,22
- заробітна плата з нарахуваннями, грн.	65880,0	161040,0
- амортизаційні відрахування, грн.	108808,0	130738,0
- вартість електроенергії, грн.	112320,0	159840,0
- витрати на ПР та ТО, грн.	32642,4	39221,4
- інші витрати, грн.	7748,7	12105,6
Повна собівартість продукції, грн.	329969,74	506462,86
Загальний прибуток, грн.	145030,26	348537,14
Річний економічний ефект, грн.	-	203506,88
Рівень рентабельності, %	43,95	68,8
Термін окупності додаткових вкладень, років	-	0,5

Висновки до шостого розділу

Проведені розрахунки техніко-економічної ефективності показують, що при запланованій програмі технічного обслуговування 900 одиниць на рік, рівень рентабельності складе 68,8%, річний економічний ефект становить 203506,88 грн, а термін окупності матеріальних затрат 0,5 року, що вказує на доцільність проведених досліджень з покращення технології ресурсного і заявочного діагностування агрегатів гідравлічної системи комбайна при проведенні технічних обслуговувань.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. На оцінку ремонтної технологічності деталей агрегатів гідравлічних систем основний вплив мають показники ймовірності придатності деталі та відновлення її роботоздатного стану, при цьому, останній буде впливати на показник технологічності через трудомісткість допоміжних операцій, які застосовуються при ремонті деталі і не передбачені в технологічному процесі виготовлення даної деталі.

2. Ремонтна технологічність деталей качаючих вузлів гідромашин також залежить від експлуатаційних факторів, до яких слід віднести своєчасність та якість проведення технічних обслуговувань, технічний стан робочої рідини гідравлічної трансмісії, які обумовлюють ймовірність технічного стану деталей за яким оцінюється їх подальший життєвий цикл.

3. Побудована методика дозволяє визначити оптимальну періодичність технічного обслуговування для агрегатів гідростатичних трансмісій на основі даних про відмови агрегатів. Візуалізація вищеописаної методики дозволить наочно та зручно визначати необхідні параметри надійності агрегатів гідравлічних систем.

4. Розроблена експериментальна установка забезпечує роботу гідравлічної трансмісії на основних режимах, що дає можливість відтворити моделювання фізичних процесів в відповідності до експлуатаційних умов. Водночас дана установка може бути реалізована для передремонтного діагностування агрегатів гідравлічних трансмісій в технічних сервісних центрах.

5. Запропонована методика співвідношення несправностей гідравлічних агрегатів сільськогосподарської техніки з різними рівнями організації регіонального технічного сервісу, яка реалізована в якості алгоритму для виявлення відповідності несправності агрегату до рівня виробничого підрозділу сервісного підприємства і відновлення його роботоздатності або усунення несправності.

6. Результати дослідження залежності між технічним станом насоса і часом на протязі якого насос виходить на робочий тиск, показують, що зменшення об'ємної подачі насоса з 0,94 до 0,41 привело до збільшення часу виходу насоса на заданий тиск в нагнітаючій магістралі відповідно з 0,41 с до 1,45 с.

7. При зменшенні об'ємної подачі до 0,27 насос не зміг вийти на заданий режим роботи за тиском. Таким чином технічний стан насоса можна визначити по швидкості наростання тиску в його нагнітаючій магістралі без проведення розбиральних робіт.

8. Проведений аналіз організації охорони праці в господарстві показав, що для покращення умов праці робочих і попередження травматизму на робочих місцях необхідно: забезпечити робочі місця обладнанням для проведення розбирально-складальних робіт, розробити організаційно-технічні заходи з покращення умов праці робочих, відновити роботу куточка з охорони праці.

9. Проведені розрахунки техніко-економічної ефективності показують, що при запланованій програмі технічного обслуговування 900 одиниць на рік, рівень рентабельності складе 38,0 %, річний економічний ефект становить 107422,4 грн, а термін окупності матеріальних затрат 0,9 року, що вказує на доцільність проведених досліджень з покращення технології ресурсного і заявочного діагностування агрегатів гідравлічної системи комбайна при проведенні технічних обслуговувань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рум'янців Е.К. Гідравлічні системи зернозбиральних комбайнів / Румянцев Е.К. Київ, Урожай. 2005. 304 с.
2. Погорілець О.М. Гідропривід сільськогосподарської техніки: Навчальне видання / Погорілець О.М., Волянський М.С., Войтюк В.Д., та інші. - Київ: Вища школа, 2004. 368 с.
3. Машина коренезбиральна самохідна КС-6Б. Посібник з експлуатації. / Тернопіль: 2010. - 187 с.
4. Гречкосій В.Д. Довідник сільського інженера / В.Д. Гречкосій. О.М. Погорілець, І. І. Ревенко та інші.- 2-е вид. перероб. і доп. Київ: Урожай, 2008. 400 с.
5. Говорущенко Н. Я. Технічна експлуатація автомобілів / Н. Я. Говорущенко. Харків: Вища школа, 2010. 312 с.
6. Черкун В. Е. Ремонт тракторних гідравлічних систем. / В. Е Черкун Київ: Урожай, 2011.253 с
7. Сидор А. Р. Закони розподілу відмов для елементів ієрархічних розгалужених систем / А. Р. Сидор // Вісник Національного університету Випуск 82. Київ: НАУ, 2004. С. 122-128.
8. Башта Т.М. Машинобудівна гідравліка / Башта Т.М. Київ: Техніка, 2001. 672 с.
9. Машина коренезбиральна самохідна КС-6Б. Посібник з експлуатації. / - Тернопіль: 1990. - 187 с.
- 10.Петров В.А. Гідрооб'ємні трансмісії самохідних машин / Петров В.А. Київ: Техніка, 2008. 248 с.
- 11.Бедняк М. М. Технічна експлуатація автотранспорту. / М. Н. Бедняк, В. Н. Черкис, І. А. Луйк та інші. Київ: Техніка, 2009. 295 с.
- 12.Кальбус Г. Л. Гідропривід і начіпні пристроїв тракторів. / Г. Л. Кальбус Київ: Урожай, 2002, 200 с.

13.ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010. 179 с.

14.ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, Вентиляція та Кондиціонування. - Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013, 125 с.

15.ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. -Київ: Держстандарт, 1999. 31 с.

16.НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. - Київ: Укр. НДПБ, 2007. 112 с.

17.ДБН В. 1.1.7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Київ: Держбуд України, 2003. 63 с.

18.Бородін С. Зернозбиральні комбайни України: проблеми та шляхи їх вирішення // Пропозиція. 2006. № 10. С. 70-72.

19.Василенков В., Чумак В. Реальність та проблеми технічного сервісу комбайнів // Техніка АПК. 2016. № 3. С. 9-10.

20.Збирання зернових і зернобобових культур у 2005 році (рекомендації). Глеваха: ННЦ "ІМЕСГ", 2005. 40 с.

21.Ільницький Д.В., Арсенюк Ю.В., Романчук В.П. Технічне обслуговування сільськогосподарських машин. Київ: Урожай, 2004. 144 с.

22.Настанови з технічного обслуговування зернозбирального комбайна „Дон-1500” / Роговський І.Л., Голопапа В.М., Соколенко О.М., Смашнюк О.В., Бойко М.В. Глеваха: ННЦ „ІМЕСГ”, 2003. 98 с.

23.Особливості ремонту і технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів, що відпрацювали амортизаційний строк (рекомендації). – Глеваха.: ННЦ "ІМЕСГ", 2002. 37 с.

24.Смашнюк О. Аналітичне дослідження моделі формування комплектів запасних частин на сезон використання зернозбиральних комбайнів // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Збірник наукових праць. Дослідницьке: УкрНДПВТ, 2005. Вип. 8, кн.1. С. 273-279.

25.Смашнюк О.В., Роговський І.Л. Відмови зернозбиральних комбайнів „Дон-1500” в умовах рядової експлуатації та їх класифікація // Науковий вісник Національного аграрного університету. Випуск 80. Київ: НАУ, 2005. С. 200-205.

26. Методичні рекомендації для виконання та оформлення дипломної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності Н7 «Агроінженерія» / Ю.І. Панцир, А.В. Рудь, В.І. Дуганець, В.І. Дуганець, Л.С. Шелудченко, С.М. Грушецький, Комарніцький С.П. За ред. В.І. Дуганця. – Кам’янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2025. - 52 с.