

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

«ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ
АГРЕГАТІВ ГІДРАВЛІЧНИХ ТРАНСМІСІЙ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ШЛЯХОМ
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ»

Виконав:

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

ЧИНЮК Євгеній Леонідович

Керівник:

канд. техн. наук, доцент

ОЛЕНЮК Олександр Анатолійович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____.

Шкала ECTS _____.

« ____ » _____ 20__ р.

Допускається до захисту:

« ____ » _____ 20__ р.

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

ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович

м. Кам'янець-Подільський, 2025

ЗМІСТ

Завдання на виконання дипломної роботи.....	5
Анотація.....	7
Реферат	8
ВСТУП.....	9
1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТА ФОРМУЛЮВАННЯ НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕННЯ	14
1.1. Будова гідрооб'ємного приводу та оцінка показників його безвідмовності	14
1.2. Дослідження існуючих методів відновлення гідроагрегатів мобільної техніки	17
1.3. Порівняльна характеристика стендового обладнання для гідравлічних агрегатів.....	24
1.3.1. Огляд конструктивних рішень для механізації слюсарних робіт на гідроприводах	26
1.3.2. Аналіз випробувальних установок для оцінки технічного стану гідроагрегатів.....	27
1.4. Формулювання задач досліджень	31
2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТНИХ ОПЕРАЦІЙ НА АГРЕГАТАХ ГІДРОПРИВОДУ	32
2.1. Конструктивні рішення технологічного оснащення для комплексного обслуговування гідромашин	32
2.2. Людино-орієнтовані параметри проектування засобів механізації ремонтних робіт	35
2.2.1. Визначення критеріїв стабільності положення пересувного стенду в умовах ремонтного виробництва	38
2.2.2. Аналіз впливу умов праці на тривалість виконання технологічних операцій	44

2.2.3. Енергетичні витрати працівника та їх залежність від просторової організації робочого місця	49
3. МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ.....	55
3.1. Вихідні передумови та напрями експериментальної роботи.....	55
3.2. Визначення раціональної орієнтації гідроагрегату на робочому місці	56
3.2.1. Оцінка інформаційного навантаження оператора при виконанні слюсарних операцій.....	57
3.2.2. Дослідження структури робочого часу при виконанні ремонтних операцій.....	58
3.3. Стендове обладнання для припрацювання та контрольних випробувань гідромашин.....	61
3.3.1. Розрахунок основних характеристик випробувального стенда...	62
3.4. Алгоритм оцінки герметичності гідравлічних машин перед розбиранням.....	66
4. АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ ДАНИХ ТА ПІДТВЕРДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ	70
4.1. Оцінка ремонтнопридатності конструкції аксіально-поршневих гідроагрегатів.....	70
4.2. Підтвердження раціональності діагностичного підходу до сортування ремонтного фонду	72
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	76
5.1. Вимоги до компетентності та персональні засоби безпеки слюсарів при обслуговуванні гідравлічних систем	76
5.2. Контроль технічного стану обладнання та запобігання аваріям при роботі з гідравлічною системою	77
5.3. Обґрунтування обсягів аварійних запасів води для ліквідації техногенних пожеж.....	83

5.4. Порядок забезпечення готовності до надзвичайних умов та процедури розповсюдження сигналів тривоги	85
6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	90
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	99
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	101
ДОДАТОК А Загальний вид конструкції стенда	104
ДОДАТОК Б Структурна схема розбирання аксіально-поршневого гідромотора	105
ДОДАТОК В Копії друкованих статей	106
ДОДАТОК Г Матеріали комп'ютерної презентації	107

**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**
„__” _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Здобувачу ЧИНІЮКУ Євгенію Леонідовичу

1. Тема роботи: «Оптимізація технологічного процесу ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій сільськогосподарської техніки шляхом удосконалення технологічної оснастки»

2. Керівник роботи ОЛЕНІЮК Олександр Анатолійович, 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 дипломну роботу;
2. Науково-технічна література;
3. Результати наукових досліджень.

4. Зміст пояснювальної записки:

Вступ

1. Аналіз проблеми та формулювання напрямків дослідження
2. Теоретичні передумови підвищення ефективності ремонтних операцій на агрегатах гідроприводу
3. Методологічні засади експериментального обґрунтування технологічних рішень
4. Аналіз отриманих даних та підтвердження ефективності запропонованих рішень
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
6. Техніко-економічна оцінка результатів досліджень

Загальні висновки по роботі

Перелік використаних джерел

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

1. Тема кваліфікаційної роботи, прізвище автора і керівника
2. Актуальність теми роботи та проблема дослідження
3. Об'єкт, предмет та методи досліджень
4. Мета і задачі кваліфікаційної роботи магістра
5. Практичне значення одержаних результатів

6. Принципова схема трансмісії ГСТ-90
7. Схеми технологічного процесу ремонту гідравлічних трансмісій
8. Загальний вид конструкції стенда
9. Критерії стабільності положення пересувного стенду
10. Енергетичні витрати працівника
11. Гідравлічна схема установки для контролю внутрішньої герметичності агрегатів
12. Конструкція та Структурна схема розбирання аксіально-поршневого гідромотора
13. Техніко-економічні показники
- 14-15. 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		

7. Дата видачі завдання «04» квітня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділів дипломної роботи	Строк виконання розділів роботи		Підпис керівника
		планово	фактично	
	Вступ	15.04.25	15.04.25	
1	Аналіз проблеми та формулювання напрямків дослідження	12.05.25	12.05.25	
2	Теоретичні передумови підвищення ефективності ремонтних операцій на агрегатах гідроприводу	05.06.25	05.06.25	
3	Методологічні засади експериментального обґрунтування технологічних рішень	30.06.25	30.06.25	
4	Аналіз отриманих даних та підтвердження ефективності запропонованих рішень	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	
	Перелік використаних джерел	18.11.25	18.11.25	
	Додатки	24.11.25	24.11.25	

Здобувач

Євгеній ЧИНЮК

Керівник

Олександр ОЛЕНЮК

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота присвячена оптимізації технологічного процесу ремонту гідравлічних агрегатів сільськогосподарської техніки через удосконалення технологічної оснастки та розроблення методик передремонтного діагностування. Розроблена конструкція універсального пересувного стенду забезпечує механізацію розбирально-складальних операцій та поліпшення ергономічних показників робочого місця. Удосконалені методики діагностування дозволяють визначити технічний стан агрегатів без необґрунтованого розбирання. Результати досліджень підтверджують ефективність запропонованих рішень для практичного впровадження на ремонтних підприємствах. Розроблені рекомендації можуть бути адаптовані для організацій різного розміру.

THE SUMMARY

This master's thesis is devoted to the optimization of the technological process for repairing hydraulic aggregates of agricultural machinery through the improvement of technological equipment and the development of pre-repair diagnostic methods. The developed design of a universal mobile stand ensures the mechanization of disassembly-assembly operations and improvement of ergonomic indicators of the workplace. Improved diagnostic methods allow determining the technical condition of aggregates without unjustified disassembly. The research results confirm the effectiveness of the proposed solutions for practical implementation at repair enterprises. The developed recommendations can be adapted for organizations of various sizes.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки, виконаної машинописним способом на 100 аркушах формату А4, яка вміщує 6 розділів, 6 таблиць, 16 рисунків, 30 найменувань використаних джерел і презентаційного матеріалу на 15 аркушах.

Метою магістерської роботи є оптимізація технологічного процесу ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій сільськогосподарської техніки шляхом удосконалення технологічної оснастки та розроблення методик передремонтного діагностування для підвищення якості ремонту, скорочення трудомісткості операцій і поліпшення умов праці.

У процесі виконання роботи застосовано аналітичні, експериментальні, теоретичні та техніко-економічні методи досліджень. Розроблена конструкція універсального пересувного стенду для діагностики, ремонту та обкатування гідравлічних агрегатів ГСТ-90, який забезпечує механізацію розбирально-складальних операцій, встановлення об'єкта ремонту в оптимальне положення та поліпшення ергономічних показників. Удосконалені методики передремонтного діагностування на основі контролю внутрішньої герметичності дозволяють визначити технічний стан агрегатів без необґрунтованого розбирання.

Результати досліджень вказують на доцільність впровадження запропонованих рішень. Розроблена технологічна оснастка забезпечує зниження трудомісткості на 30%, підвищення якості робіт на 15-20%, при терміні окупності капіталовкладень 2,14 років. Новизна роботи полягає в комплексному вирішенні проблеми оптимізації ремонтних процесів через удосконалення конструкції стенду та запровадження ефективних методик діагностування.

Ключові слова: ГІДРАВЛІЧНІ ТРАНСМІСІЇ, ТЕХНОЛОГІЧНА ОСНАСТКА, ПЕРЕДРЕМОНТНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ, ЕРГОНОМІКА.

ВСТУП

Актуальність теми. Сільськогосподарська техніка, оснащена гідравлічними трансмісіями об'ємного типу, займає провідне місце в механізації процесів рослинництва та тваринництва. Широке застосування таких систем у комбайнах, тракторах, дорожніх машинах та іншій техніці обумовлено їх суттєвими перевагами порівняно з механічними приводами: незалежність взаємного розташування вузлів, малі габарити при високій переданій потужності на одиницю маси, можливість одержання великих передаточних відношень без механічних редукторів, простота розвитку потужності та безступінчасте регулювання швидкісних режимів. Однак, на ряду з цими перевагами, гідравлічні трансмісії висувають значні вимоги до дотримання умов експлуатації, застосування робочих рідин відповідно до технічних вимог, своєчасної заміни фільтруючих елементів та технічного обслуговування.

За результатами спостережень за роботою сільськогосподарської техніки, оснащеної гідравлічними трансмісіями, близько 30% всіх відмов припадає на агрегати гідравлічних трансмісій. При цьому середній наробіток до відмови агрегатів гідравлічних трансмісій становить 78–80 годин, що значно менше, ніж нормативні показники надійності. Такі низькі показники експлуатаційної надійності призводять до значних економічних збитків, обумовлених простоями техніки під час вегетаційного періоду, порушенням агротехнічних строків проведення основних польових робіт, а також необхідністю проведення капітального ремонту на спеціалізованих підприємствах. Крім того, демонтаж агрегатів з машини та їх доставлення до ремонтних центрів, нерідко супроводжується значними витратами часу, коштів на логістику, забруднення та втратами робочої рідини при демонтажних та монтажних роботах.

Аналіз проведених технологічних процесів на спеціалізованих ремонтних підприємствах свідчить про наявність суттєвих резервів щодо

покращення якості ремонту та скорочення його вартості. Основна трудомісткість ремонтних робіт припадає на розбирально-складальні операції та операції передремонтного діагностування, які часто виконуються в неергономічних умовах, що призводить до зростання втомлюваності робітників, зниження точності робіт та збільшення часу виконання операцій. При цьому застосування традиційного стендового обладнання не дозволяє встановити об'єкт ремонту в оптимальне положення, обмежує доступ до складальних одиниць та ускладнює проведення контрольних операцій. Відсутність ефективних методик передремонтного діагностування гідромашин призводить до надходження справних агрегатів до ремонту, що обумовлює непотрібні витрати матеріальних ресурсів та робочого часу. Таким чином, розроблення та впровадження нових конструктивних рішень та методик для оптимізації технологічних процесів ремонту гідравлічних агрегатів, поліпшення умов праці робітників та підвищення якості ремонтних робіт набуває особливої актуальності та практичної значимості для розвитку ремонтного сервісу в сільськогосподарській галузі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами досліджень. Робота виконувалась у відповідності з переліком пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок затверджених Постановою Кабінету Міністрів України.

Мета і завдання досліджень. Мета досліджень полягає в оптимізації технологічного процесу ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій сільськогосподарської техніки шляхом удосконалення технологічної оснастки та розроблення науково-обґрунтованих методик передремонтного діагностування, що дозволить підвищити якість ремонту, скоротити трудомісткість операцій і покращити умови праці робітників на спеціалізованих ремонтних підприємствах.

Для досягнення мети дослідження необхідно виконати такі завдання:

1. Провести аналіз існуючих технологічних процесів ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій мобільних машин (на прикладі ГСТ-90) з метою

виявлення резервів та розроблення науково-обґрунтованих заходів щодо їх удосконалення, визначити основні недоліки традиційних методів розбирально-складальних робіт та контрольних операцій.

2. Розробити конструкцію універсального пересувного стенду для діагностики, ремонту та обкатування гідравлічних агрегатів з можливістю встановлення об'єкта ремонту у оптимальне положення в просторі робочої зони, забезпечити механізацію розбирально-складальних операцій та поліпшення ергономічних показників організації робочого місця.

3. Удосконалити методики передремонтного діагностування гідромашин на основі контролю внутрішньої герметичності та розробити діагностичну процедуру для визначення дійсного технічного стану агрегатів без необґрунтованого розбирання.

4. Обґрунтувати ергономічні показники конструкції технологічного оснащення та оцінити їх вплив на часові показники трудової діяльності в системі «людина-машина», розробити практичні рекомендації щодо науково обґрунтованих норм праці на ремонтних операціях.

Об'єкт дослідження – агрегати гідравлічних трансмісій об'ємного типу сільськогосподарської техніки та технологічні процеси їх капітального ремонту на спеціалізованих ремонтних підприємствах.

Предмет дослідження – параметри та характеристики технологічної оснастки, методики передремонтного діагностування, а також ергономічні показники організації робочого місця при виконанні розбирально-складальних та контрольних операцій з ремонту гідравлічних агрегатів.

Методи досліджень. Методи досліджень, використані в роботі, включають комплекс аналітичних, експериментальних та теоретичних підходів для досягнення поставлених завдань. Комплексне застосування цих методів дозволило розробити науково-обґрунтовані рішення для оптимізації технологічних процесів та поліпшення умов праці.

Аналітичні методи були застосовані для оцінки сучасного стану технологічних процесів ремонту гідравлічних трансмісій, класифікації типів

стендового обладнання та визначення основних недоліків існуючих систем організації робочого місця. Це дозволило виявити основні резерви для удосконалення та визначити технологічні параметри, які найбільше впливають на якість та трудомісткість розбирально-складальних робіт.

Експериментальні методи включали фізичне моделювання процесів розбирання та складання гідравлічних агрегатів на розробленій конструкції універсального пересувного стенду, дослідження впливу різних положень об'єкта ремонту на ергономічні показники та продуктивність праці робітників. Планування експерименту дозволило оцінити вплив механізації розбирально-складальних операцій на зниження втомлюваності, точність виконання робіт та часові показники трудової діяльності, розробити оптимальні конструктивні та кінематичні параметри пристрою, а також дослідити вплив передремонтного діагностування на скорочення обсягів непотрібних ремонтних операцій.

Теоретичні методи базувалися на математичному моделюванні стійкості пересувного стенду з урахуванням змінних навантажень та системи сил, що діють при виконанні ремонтних робіт, а також на застосуванні антропометричних даних людини для обґрунтування параметрів проектування та організації робочого місця. Теоретичні розрахунки дозволили визначити умови стійкого положення стенду, розробити методики оцінки впливу ергономічних показників на часові показники трудової діяльності та обґрунтувати норми праці на ремонтних операціях.

Технико-економічний аналіз був використаний для оцінки ефективності впровадження розробленої технологічної оснастки та методик передремонтного діагностування. Розрахунки експлуатаційних витрат, прибутку, рентабельності та терміну окупності додаткових капіталовкладень дозволили підтвердити економічну доцільність запропонованих рішень та розробити практичні рекомендації щодо їх впровадження у виробництво.

Застосування комплексного підходу з поєднанням аналітичних, експериментальних, теоретичних та технико-економічних методів дало змогу

об'єктивно дослідити процеси ремонту гідравлічних агрегатів, розробити нову технологічну оснастку та удосконалені методики діагностування, підтвердити їх ефективність через експериментальні дослідження та практичні результати, а також розробити науково-обґрунтовані рекомендації щодо їх впровадження у практику ремонтних підприємств.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені в роботі наукові результати мають суттєве практичне значення для підприємств технічного сервісу та ремонтних дільниць господарств. Впровадження конструкції універсального пересувного стану дозволить значно скоротити трудомісткість розбирально-складальних операцій, поліпшити умови праці робітників шляхом встановлення об'єктів ремонту в ергономічно зручні положення, а також підвищити якість ремонтних робіт за рахунок забезпечення необхідного просторового доступу до всіх складальних одиниць та деталей гідравлічних агрегатів. Методики передремонтного діагностування, розроблені в роботі, дозволять запобігти надходженню справних гідромашин до ремонту, скоротити непотрібні витрати матеріалів та робочого часу, та об'єктивно оцінити технічний стан агрегатів без необґрунтованого розбирання.

Техніко-економічна оцінка результатів показала високу ефективність впровадження запропонованих рішень з терміном окупності 2,14 років та річним економічним ефектом понад 72 тис. грн., що забезпечує значне підвищення рентабельності виробництва ремонтних робіт на спеціалізованих підприємствах. Практичні рекомендації, розроблені на основі проведених досліджень, можуть бути адаптовані для організацій різного розміру та рівня механізації, що робить запропоновані рішення універсальними та доступними для широкого впровадження в ремонтному сервісі сільськогосподарської техніки.

Апробація результатів роботи. За матеріалами роботи опубліковано статтю у збірнику наукових праць Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців.

1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТА ФОРМУЛЮВАННЯ НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Будова гідروоб'ємного приводу та оцінка показників його безвідмовності

У зарубіжній практиці машинобудування гідрооб'ємна трансмісія широко використовується в сільськогосподарських комбайнах, тракторах, дорожніх машинах, та іншій техніці. Найбільше поширення з застосовуваних об'ємних гідромашин одержали аксіально-плунжерні гідронасоси перемінної продуктивності і аксіально-плунжерні гідромотори постійної витрати. Цей клас машин вигідно відрізняється від раніше використаних аксіально-поршневих, тим що всі деталі зв'язані і стандартизовані, машини цього класу випускаються фірмами «John Deere» (США), «Зауер» (ФРН), «Данфос» (Данія) і й ін. [2]

Аналогами таких машин у країнах СНД є об'ємний гідропривід ГСТ-90, ГСТ-112, що випускаються Кропівницьким заводом «Гідросила».

Об'ємний гідропривід призначений для передачі потужності від двигуна самохідної машини до її ходової частини при безступеневому регулюванні швидкості руху та крутного моменту. Широке застосування об'ємного гідроприводу трансмісії обумовлено поруч його основних переваг у порівнянні його з іншими приводами: незалежність взаємного розташування вузлів гідроприводу; малі габарити і висока передана потужність на одиницю маси; можливість одержання великих передаточних відношень без механічних редукторів; простота розвитку потужності без кінематично складних і малонадійних приводів зі значною кількістю ланцюгів, ременів, карданних валів і інших елементів механічних передач; можливість безступінчастого регулювання швидкісних режимів і легкість керування; зниження витрат часу на регулювання і технічне обслуговування машини; можливість автоматизації процесу керування. [3]

Принципова схема гідрооб'ємної трансмісії ГСТ-90 наведена на рис.1.1.

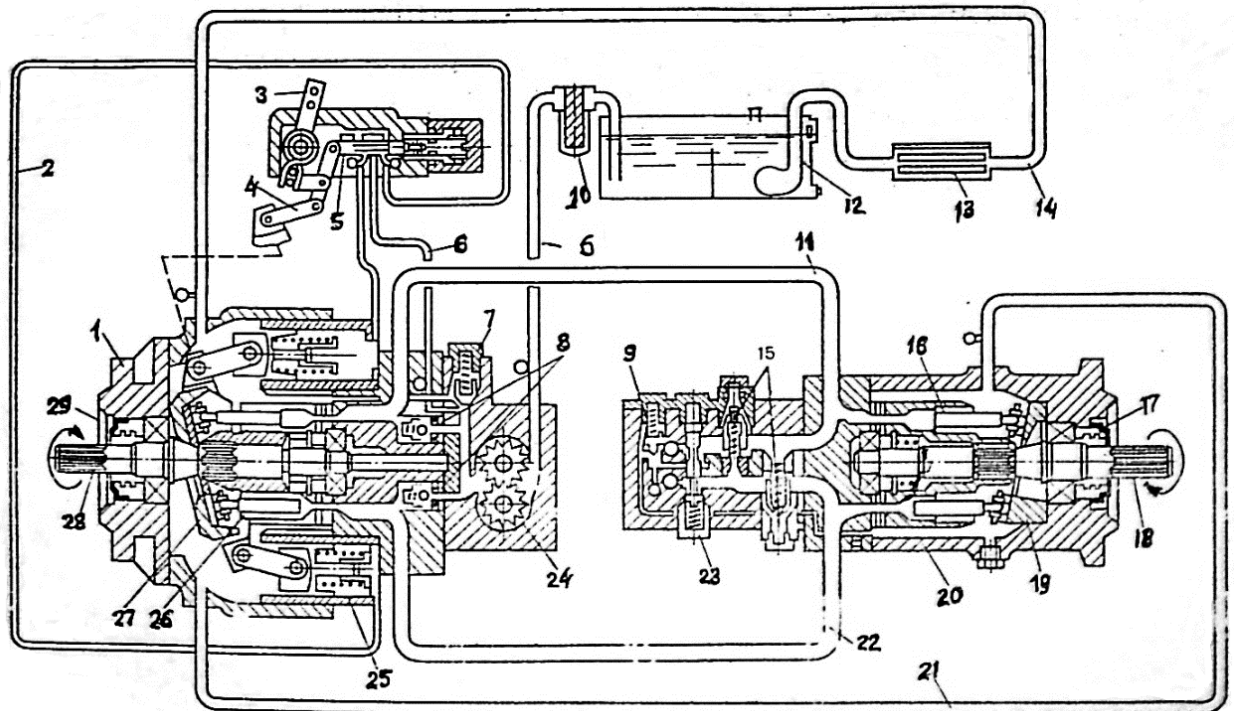


Рисунок 1.1 - Принципова схема трансмісії ГСТ-90:

1-реверсивний регульований насос; 2- магістраль керування; 3- важіль керування; 4- ланцюг зворотного зв'язку; 5- золотник керування; 6-6-магістралі низького тиску; 7- запобіжний клапан системи підживлення; 8- зворотні клапани; 9- переливний клапан; 10- фільтр з вакуумметром; 12- бак; 13- радіатор охолодження; 14- зливна магістраль; 15- запобіжні клапани високого тиску; 16,26- блок циліндрів з плунжерами; 17,29- ущільнення; 18- вихідний вал; 19- похила шайба гідромотора; 20- нерегулюємий двигун; 21- дренажна магістраль; 11,22- рукава високого тиску; 23- шунтуючий клапан; 24- насос підживлення; 25- гідро підсилювач; 27- поворотна шайба; 28- вал насоса.

Об'ємний гідропривід ГСТ 90 включає в себе аксіально-плунжерний насос з регульованим робочим об'ємом, нерегулюємий гідромотор, резервуар для робочої рідини, теплообмінник, фільтр тонкої очистки з вакуумметром, трубопроводи та рукава.

На ряду з значними перевагами до одного із недоліків гідравлічної трансмісії слід віднести високі вимоги до дотримання умов експлуатації (застосування робочих рідин згідно технічних вимог, своєчасна заміна фільтруючих елементів та ін.), відхилення від яких приводить до зниження показників експлуатаційної надійності гідравлічних трансмісій. [4]

По результатам спостережень за роботою сільськогосподарської техніки, оснащеною гідравлічними трансмісіями, близько 30 % всіх відмов припадає на долю агрегатів гідравлічних трансмісій. При цьому середній наробіток до відмови агрегатів гідравлічних трансмісій (ГТ), косилки-плющилки КПС-5Г 79,9 год., кормозбирального комбайна КСК-100 -78.6 год.. Такі показники вказують на те, що експлуатаційна надійність ГТ недостатньо висока.

Відмови, які виникають в ГТ обумовлюються порушенням технології виготовлення деталей качаючого вузла та їх складанням, низькою якістю закріплення рукавів високого тиску, слабкою затяжкою різьбових з'єднань в гідролініях, а також неправильною експлуатацією та порушенням технічного обслуговування.

Зміна технічного стану гідроприводу в умовах експлуатації виникає головним чином в результаті зношення деталей качаючих вузлів гідромашин. При цьому наслідки зміну технічного стану агрегатів гідроприводу, а також втрата їх роботоздатності не однакові.

Відновлення роботоздатності гідроприводу при раптовій відмові, як правило, качаючих вузлів (КВ) гідронасоса і гідромотора пов'язані з значними витратами, обумовленими необхідністю демонтажу гідромашин і відправленням їх в ремонт на спеціалізоване підприємство. Зняття агрегатів ГТ з машини та поставлення їх в ремонт приводить до збільшення витрат від простоювання машини і порушенню агротехнічних строків проведення збиральних робіт.

При цьому слід врахувати, що спеціалізовані підприємства з ремонту гідравлічних агрегатів в середньому обслуговують 2-3 області і господарства

можуть розміщуватися від нього на значній відстані. Крім того демонтаж і монтаж гідромашин приводить до забруднення і втратам робочої рідини.

Такі значні витрати в умовах експлуатації, викликані зміною технічного стану агрегатів гідроприводу, потребують підвищеного уваги до технологічних процесів, які реалізуються на спеціалізованих ремонтних підприємствах для проведення якісного і одночасно швидкого ремонту гідроагрегатів. [4]

1.2 Дослідження існуючих методів відновлення гідроагрегатів мобільної техніки

Технологічні процеси проектують відповідно до вимог стандартів ЄСКД і ЄСТД, а також з урахуванням доповнень, роз'яснень і обмежень, які викладаються в керівних документах і галузевих стандартах.

По ступеню деталізації розрізняють маршрутний, операційний і маршрутно-операційний опис технологічних процесів.

На ремонтних підприємствах для проектування технологічних процесів відновлення деталей залежно від програми і виду ремонтних робіт застосовуються наступні організаційні форми відновлення: подефектна, маршрутна і маршрутно-групова. [5]

Подефектна технологія використовується в тих випадках, коли програма відновлення деталей невелика, і полягає в тому, що технологічний процес відновлення деталей розробляється на кожний дефект окремо. При подефектній технології деталі для відновлення комплектуються тільки по найменуваннях, без обліку наявних у них комбінацій дефектів. Незважаючи на ряд недоліків, дана технологія застосовується на невеликих ремонтних підприємствах.

Маршрутна технологія передбачає складання технології на комплекс дефектів, які усуваються в певній послідовності, названої маршрутом. Комбінація дефектів по маршрутах повинна формується на основі даних

дефектів, з яким деталі надходять на відновлення, тобто необхідно мати дані, на підставі яких установлюються ймовірні комбінації дефектів в однойменних деталях, що надходять на ремонт.

Маршрутно-групова технологія передбачає розбивку дефектних деталей на класи, групи і розробку єдиного (типового) маршрутного технологічного процесу відновлення груп деталей на одному обладнанні із застосуванням єдиного оснащення і інструмента.

В основу типізації технологічних процесів відновлення деталей покладені такі ознаки, як конструктивно-технологічні параметри деталей, їх угруповання по конструкторській подібності, масі, габаритах, матеріалі, виді термічної обробки, спільності способів відновлення, базуванню на верстатах типу обладнання для нанесення металопокривів і механічної обробки, технічному контролю, послідовності виконання операцій. [6]

Технологічний процес ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій (гідронасос НП-90, гідромотор ГМ-90) (ГСТ-90) включає операції з зовнішнього очищення, розбирання, дефектування деталей і вузлів, усунення дефектів і відновлення робоздатного стану, складання гідравлічних агрегатів, обкатку та випробовування відремонтованих гідромашин, та фарбування. Типова схема технологічного процесу ремонту гідравлічних трансмісій наводиться на рис.1.2.

Технологічний процес ремонту гідравлічних агрегатів розпочинається з зовнішнього очищення гідромашин. Після чого проводиться органолептичний контроль агрегатів, на якісному рівні визначаються причини несправності, і по їх визначенню відправляють гідравлічні агрегати на розбирання. Для розбирання гідроагрегатів використовують спеціальні стенди-кантувачі різних моделей.

Після розбирання гідромашин на вузли і деталі перші відправляються на розбирання на деталі і в цілому разом з деталями гідромашин проходять зовнішнє очищення перед дефектацією.

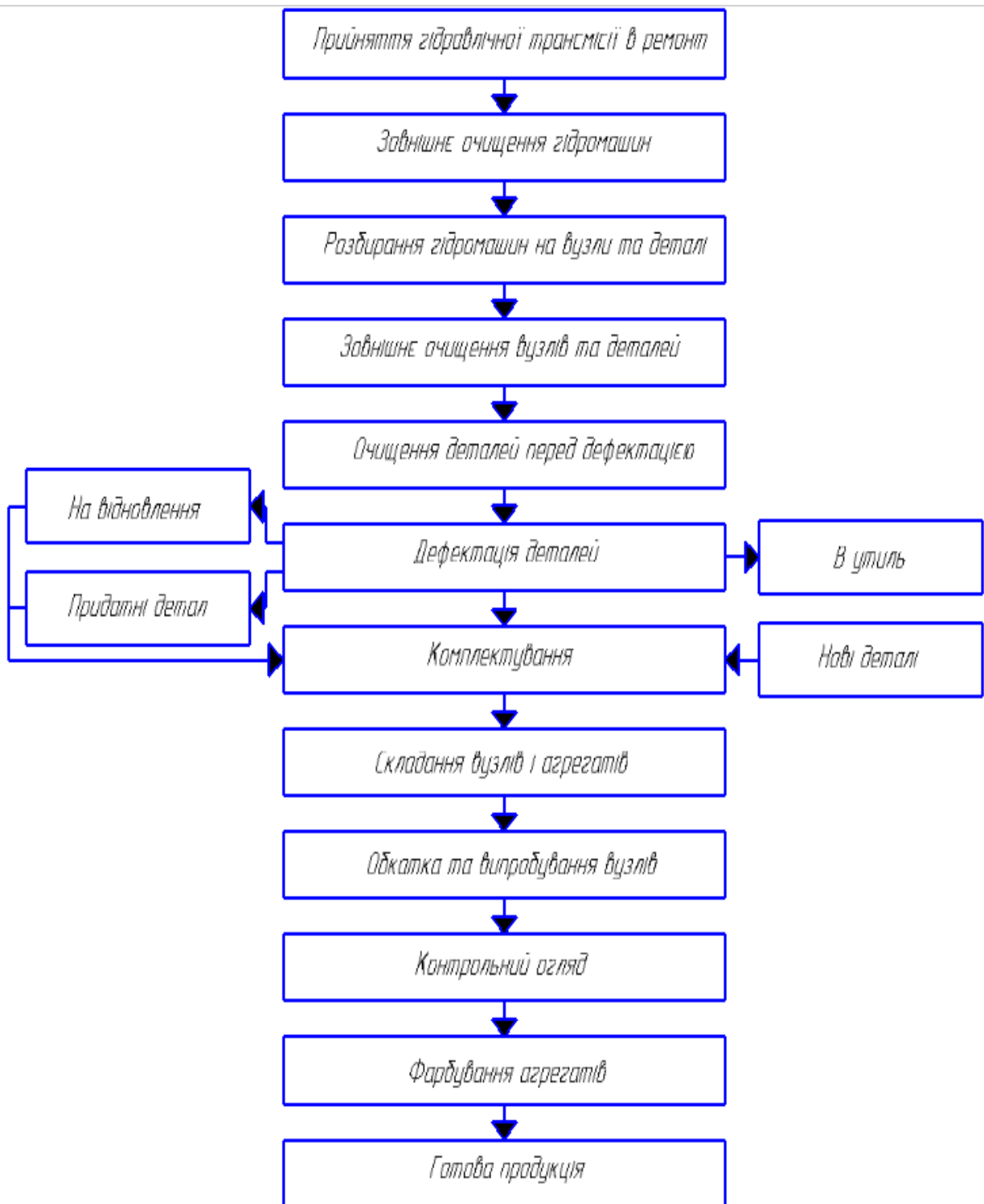


Рисунок 1.2 – Типова схема технологічного процесу ремонту гідравлічних трансмісій

Контроль деталей виконується в певній послідовності. В першу чергу перевіряють зношення і несправності, за якими найчастіше вибраковують

деталь. Якщо деталь має зношення і несправності, за якими її вибраковуюють, інші дефекти цієї деталі не перевіряють.

Зношення і несправності, за якими деталь вибраковують, в залежності від їх характеру, визначають наступними способами:

- зовнішнім оглядом, простукуванням і прослухуванням; таким способом виявляють обломи, тріщини, посадки валів і т.д.;
- промірювання універсальним і спеціальним вимірювальним інструментом скобами-шаблонами, калібрами, пробками і т.п. в цьому випадку визначають овальність, конусність, допустимі розміри і т.д.;
- спеціальними пристосуваннями, дефектоскопією (люмінісцентною, магнітною і ультразвуковою); цими методами знаходять пружність пружин, дрібні невидимі тріщини і раковини і т.п.;
- гідравлічним випробуванням на спеціальних стендах; цей прийом використовують для перевірки герметичності торцевих ущільнень.

Зовнішній огляд дозволяє встановити зношеність доступних для огляду з'єднань шляхом випробування на дотик величини зазорів між поверхнями спряжених деталей. Так, наприклад, зазор в 0,05-0,1 мм і вище можна визначити покачуванням деталей відносно одна одної. Зазори менше 0,05 мм покачуванням неможна виявити, але при таких зазорах можливе вільне переміщення однієї змащеної деталі відносно іншої. Зовнішнім оглядом можна також виявити дефекти різьбових і шліцьових з'єднань, підтікань мастила, зігнутість деталей, визначити міцність і надійність кріплення вузлів.

Найбільшого розповсюдження набув спосіб безпосереднього вимірювання деталей (спосіб мікрометражу) як найбільш простий і доступний спосіб в умовах ремонту машин. Сутність способу полягає у порівнянні розмірів деталі, які одержані при її вимірюванні до і після зношування. Визначення зношення деталей цим методом потребує значних затрат часу і пов'язане з деяким неточностями. [7]

Перелік дефектів гідронасоса НП-90 і гідромотора ГМ-90 включає дефекти внаслідок зношення і не пов'язані із зношуванням. Технологія

усунення дефектів, пов'язаних зі зношенням включає операції по відновленню зношеного поверхневого шару, відновлення розмірно-точносних характеристик поверхонь та зміцнення поверхневого шару. Для усунення дефектів не пов'язаних із зношуванням необхідні відновлення цільності матеріалу, усунення деформацій, відновлення функціональних властивостей матеріалу або очищення від смолистих забруднень, корозії тощо.

У процесі ремонту агрегатів гідроприводу особлива увага звертається на параметри технічного стану (ПТС) качаючого вузла. Зокрема на технічний стан деталей у сполученнях: «розподільник-приставне дно», «втулка блоку-плунжер», «п'ята-опора люльки», «п'ята-похила шайба».

Параметри технічного стану (ПТС) – різні фізичні величини, що характеризують працездатність або справність об'єкта. Розрізняють структурні й діагностичні параметри стану машин.

Структурні параметри безпосередньо обумовлюють технічний стан машини і впливають на функціональні параметри.

Функціональні параметри – це звичайно вихідні технічні й робочі характеристики машини і її складових частин, що інтегрально відбивають певну сукупність структурних параметрів сполучень. [8]

У процесі ремонту агрегатів гідроприводу основна трудомісткість робіт припадає на відновлення технічного стану деталей качаючого вузла гідронасоса і гідромотора у сполученнях: «розподільник-приставне дно», «втулка блоку-плунжер», «п'ята-опора люльки», «п'ята-похила шайба». При цьому автори вважають, що зношування цих деталей приводить до різкого зниження об'ємного коефіцієнта корисної дії, а також ресурсу гідроагрегатів.

Відновлення даних деталей качаючого вузла проходить з застосуванням способу вільних ремонтних розмірів, у деталей видаляються сліди спрацювання за допомогою притирочних операцій, які розділяються на чорнові з застосуванням притирочних паст з абразивом розміру 35-50 мкм і чистові з застосуванням алмазних паст з абразивом розміру 3-5 мкм.

Операції комплектування деталей формуються на основі придатних деталей. відновлених та нових, які приймаються в заміні непридатних.

Укомплектовані таким чином деталі відправляються на складання гідроагрегатів (аксіально-поршневого гідронасоса АПН-90 і аксіально-поршневого гідромотора АПМ-90).

Складання таких вузлів, як гідророзподільник керування робочим об'ємом гідронасоса та клапанна коробка гідромотора проходить окремо і включає в себе аналогічні операції загального технологічного процесу ремонту гідроагрегатів. [7]

Відремонтовані вузли поступають на пост складання гідромашин де і проходить їх завершення. Після складання гідравлічні агрегати проходять обкатку та випробовування.

Проведений аналіз існуючого технологічного процесу вказав на ряд недоліків, які обумовлюють низьку якість ремонту гідромашин. Запропонована схема технологічного процесу ремонту наводиться на рис.1.3.

До змін, які на нашу думку обумовляють підвищення якості ремонту гідромашин і понизять їх собівартість за рахунок необґрунтованого проведення ремонту агрегатів, слід віднести впровадження операцій передремонтного діагностування аксіально-поршневих гідромашин і окремо передремонтне діагностування вузлів (гідророзподільника керування робочим об'ємом гідронасоса та клапанної коробки гідромотора).

Застосування даних операцій в загальному технологічному процесі обумовлюється не достатньо ефективною системою діагностування гідравлічних трансмісій мобільних машин, що підтверджується поступанням справних гідромашин до ремонту.

Для впровадження даних операцій виникає необхідність з розроблення методів передремонтного діагностування гідромашин та їх складових.

Крім того проведений аналіз технології ремонту гідравлічних трансмісій показав, що якість і трудомісткість ремонту гідравлічних агрегатів в значній

мірі обумовлюється розбирально-складальними та обкаточно-випробувальними операціями.

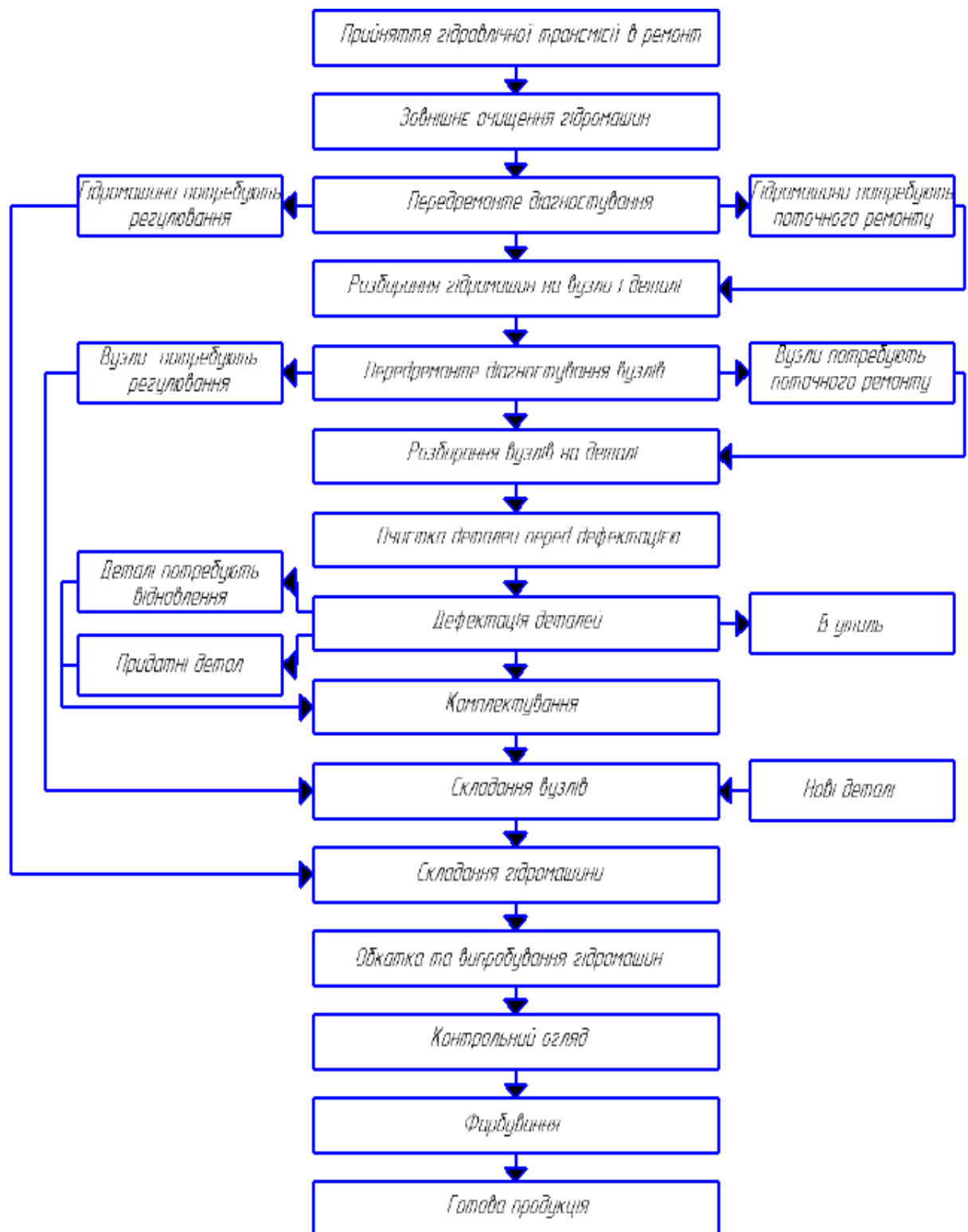


Рисунок 1.3 – Проектна схема технологічного процесу ремонту гідравлічних трансмісій

Для виявлення резервів з удосконалення проведення даних операцій необхідний їх детальний аналіз з точки зору реалізованих методів і обладнання.

1.3 Порівняльна характеристика стендового обладнання для гідравлічних агрегатів

Агрегати об'ємних гідравлічних трансмісій (ГСТ-90) за повний термін служби багаторазово зазнають капітального ремонту. Якість ремонту залежить, зокрема від організації і технології виконання розбирально-складальних робіт. Сьогодні підприємства технічного сервісу потребують оснащення ділянок з ремонту гідравлічних агрегатів мобільних машин сучасним технологічним устаткуванням. Для установки, закріплення і переміщення агрегатів, які розбираються і їх вузлів застосовують стенди, рольганги, конвеєри. Завдяки застосуванню стендів підвищується продуктивність праці, охороняються деталі від ушкоджень і досягається висока якість робіт.

При аналізі існуючих моделей стендів пропонується класифікувати їх по наступних ознаках: кількості встановлених агрегатів, характеру і способу їх закріплення і призначенню.

По кількості встановлюваних агрегатів стенди можуть бути однопредметні і багатопредметні, а по призначенню - універсальні і спеціалізовані. На підприємствах технічного сервісу найбільше раціонально використовувати багатопредметні, універсальні стенди, що дозволяє проводити різнохарактерні роботи з різними моделями гідравлічних агрегатів. Застосування пересувних стендів дозволяє скоротити площу ділянки з ремонту агрегатів ГСТ-90.

По характеру закріплення агрегатів на стенді вони підрозділяються на стенди із твердим кріпленням і із кріпленням, що допускають поворот. При

цьому поворот агрегату може здійснюватися вручну або механізоване від електричного, пневматичного або гідравлічного приводу

Поворот агрегату в просторі дозволяє встановити ремонтвані агрегати об'ємних гідравлічних трансмісій ГСТ-90 у будь-яке зручне положення для слюсаря, що дозволяє підвищити продуктивність праці, знизити травматизм, поліпшити культуру праці. [8]

Стенди по характеру робіт можуть призначати тільки для розбірно-складальних робіт або комбіновані стенди для різнохарактерних робіт. Вони є найбільш раціональними, тому що невід'ємними елементами їх є гайковерти, електромеханічні головки, знімачі. Так і стенди сумісні з іншим технологічним устаткуванням.

На наш погляд класифікацію можна доповнити за ознакою конструкції кріпильного елемента. Застосування засобів механізації і автоматизації при закріпленні ремонтваного агрегату ГСТ-90 (гідромотор, гідронасос) дозволяє знизити витрати часу на установку й закріплення, звільнитися від важкої ручної праці. Застосування різних кріпильних елементів, визначає зручність пози робітника в процесі праці, а також зручність огляду всіх необхідних у роботі частин устаткування й шкал контрольно-вимірювальних приладів.

Застосування поворотних захватів найчастіше всього застосовується для кріплення агрегатів об'ємних гідравлічних трансмісій ГСТ-90 загальною масою до 200 кг.

Кронштейни для агрегатів об'ємних гідравлічних трансмісій ГСТ-90 забезпечують обертання при ремонтних роботах на 360°.

Комбіновані кріпильні елементи застосовуються для установки і кріплення ремонтваних агрегатів об'ємних гідравлічних трансмісій ГСТ-90 на універсальних стендах.

Конструкції самозакріплювальних кріпильних елементів застосовуються для кріплення агрегатів ГСТ-90 на ремонтних підприємствах із серійним виробництвом, що дозволяє застосування їх на конвеєрах.

Різні конструкції стендів дозволяють установити ремонтуємі агрегати об'ємних гідравлічних трансмісій ГСТ-90 в окреме положення, займане їм при незмінному закріпленні, при цьому різні конструкції кріпильних елементів визначають зону доступу до ремонтovanого агрегату і надійність його кріплення на стенді.

1.3.1 Огляд конструктивних рішень для механізації слюсарних робіт на гідроприводах

Правильна організація і якісне виконання розбирально-складальних робіт дозволяють скоротити до мінімуму ушкодження деталей і, отже, витрати запасних частин, зменшити трудомісткість і собівартість ремонту агрегатів ГСТ-90, підвищити його якість.

Якщо враховувати розміри агрегатів ГСТ-90, які застосовують на різних моделях комбайнів, то габаритні розміри агрегатів ГСТ-90 не перевищують 450x350x350 мм, і вагою до 100 кг. При ремонті агрегатів об'ємних гідравлічних трансмісій ГСТ - 90 використовують різні стенди, кантователі, які дозволяють складати і розбирати агрегатів ГСТ - 90 в основному при вертикальній або горизонтальній положенні корпусу гідромашини. При цьому не враховуються фізіологічні дані робітника, високим людям доводиться нагинатися над ремонтovanим об'єктом, швидко утомлюються м'язи спини, настає стомлюваність, падає продуктивність праці, а, отже, і якість ремонту.

Відома конструкція пристрою для розбирання та складання аксіально-поршневої гідромашини (рис. 1.3), який включає в себе основу з направляючими для установки гідромашини на торець її передньої кришки.

Недоліком даного пристрою є те, що він не забезпечує механізацію переміщення гідроагрегату в просторі при проведенні розбирально-складальних робіт, та ускладнює застосування підйомних механізмів для установки гідромашини на пристрій, що значно збільшує трудомісткість ремонтних робіт. [4]

Більш близькою за технічною сутністю і результатом є конструкція стенду, яка включає в себе основу, на якій розміщується опора для установки аксіально-поршневої гідромашини на торець її передньої кришки, та підйомний механізм, для установки і зняття гідроагрегату при проведенні розбирально-складальних та контрольно-регулювальних операцій в процесі ремонту. Недоліком вказаної конструкції є часте застосування підйомного механізму для кантування гідроагрегату при проведенні розбирально-складальних робіт, що приводить до зростання трудомісткості робіт, та ускладнення проведення контрольно-регулювальних операцій, які обумовлюються обмеженим доступом до складальних одиниць та деталей, із-за установки гідромашини на торець її передньої кришки. [6]

З обліком вище викладеного виникає необхідність розроблення конструкції стенду для ремонту агрегатів ГСТ-90, яка дозволяє знизити трудомісткість відповідних робіт, поліпшити умови праці. Дана конструкція повинна забезпечити зниження трудомісткості робіт пов'язаних з розбиранням, складанням і ремонтом агрегатів ГСТ-90.

1.3.2 Аналіз випробувальних установок для оцінки технічного стану гідроагрегатів

Якість ремонту гідроагрегатів трансмісій сільськогосподарських машин здебільшого залежить від операцій, пов'язаних з їх обкаткою та випробуванням. При проведенні обкатки агрегатів пари тертя припрацьовуються, що дозволяє уникнути інтенсивного їх зносу в умовах експлуатації, а випробувальні операції дозволять визначити функціональні параметри агрегатів і дати оцінку їх технічного стану. Є очевидним, що для виконання цих робіт необхідні спеціальні стенди.

Однак, на сьогоднішній день практично на всіх спеціалізованих підприємствах по ремонту об'ємних гідромашин відсутні випробувальні стенди. Це обумовлено тим, що такі стенди не випускаються промисловістю.

Крім спеціалізованих підприємств та дільниць, ремонтом об'ємних гідромашин також займається Кропивницький завод тракторних гідроагрегатів «Гідросила», який і випускає ці агрегати. Розроблена ними конструкція стенду для випробування агрегатів гідро трансмісій, дозволяє визначити механічний ККД агрегатів, що випробуються. Однак запропонувала конструкція стенду основана на 3-х машинній (рис. 1.4), або 4-х машинній (рис. 1.5) схемі, крім насосу і мотору, які випробуються необхідно мати ще й технологічні мотор та насос.

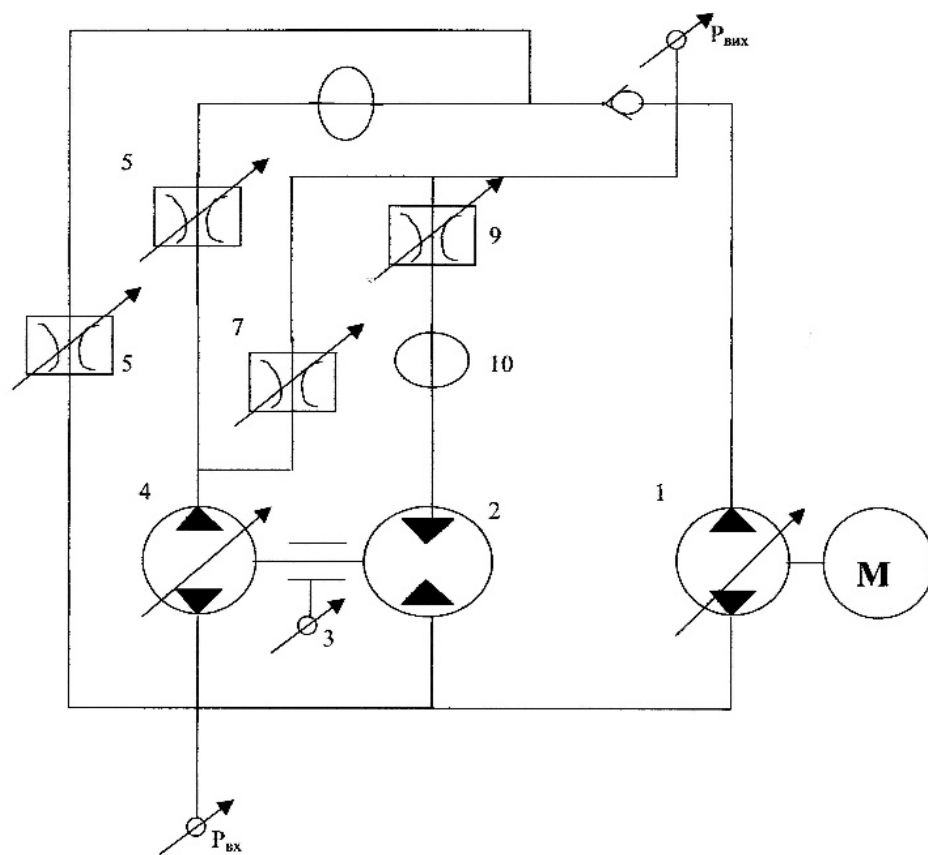


Рисунок 1.4 – Трьохмашинна схема стенда:

- 1- технологічний насос; 2 - випробувальний мотор; 3 - тахометр;
4 - випробувальний насос; 5, 6, 7, 9 - дросель; 8, 10 - лічильник рідини

В ній паралельно гідропередачі, яка проходить випробовування, включається дроселем технологічний гідромотор, всі характеристики якого відомі.

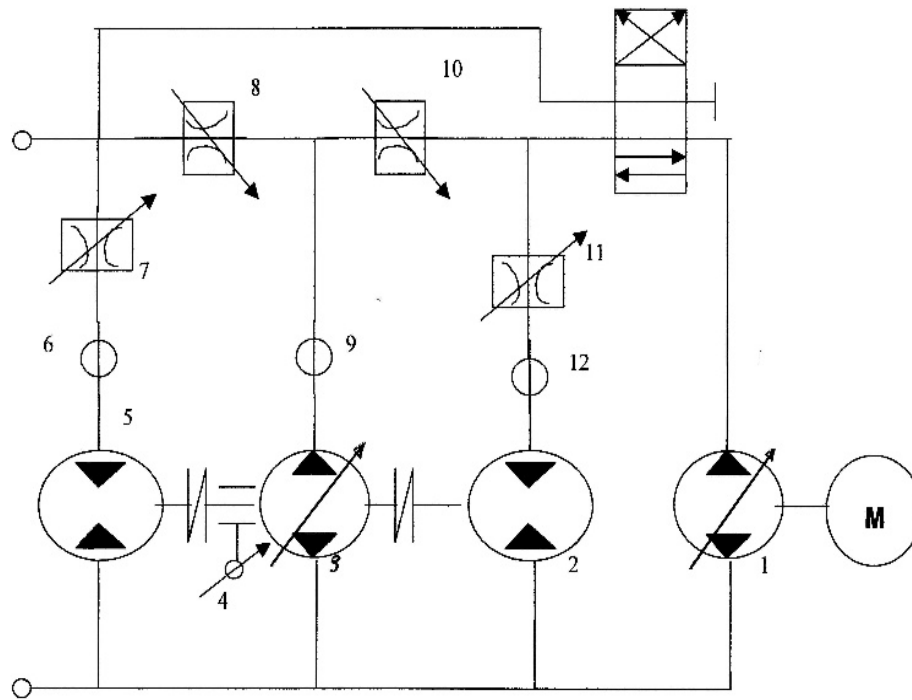


Рисунок 1.5 – Чотирьохмашинна схема стенда:

- 1- технологічний насос; 2 - технологічний гідромотор; 3 - тахометр;
 3 - випробувальний насос; 4 - тахометр; 5 - випробувальний гідромотор;
 6, 9, 12 - лічильники рідини; 7, 8, 10, 11 - дросель

Механічний ККД гідропередачі, що випробовується та гідропередачі яка складається з технологічного насоса і гідромотора, визначаються при відключенні відповідних гідромашин за допомогою муфт, що на стенді.

Так як у технологічного гідромотора механічний ККД відомий, то визначення механічного ККД гідромашин, що випробовуються виконується по формулам:

Для насосу:

$$\eta_n^M = \frac{\eta_{m2}^M}{\eta_{mt}^M} \quad (1.1)$$

де η_n^M та η_m^M - механічний ККД насоса і гідромотора, що випробовуються;
 η_{m2}^M - загальний механічний ККД гідро передачі, яка складається з технологічного гідрометра і насоса, що випробується;

η_{mt}^M - механічний ККД технологічного гідромотору;

Для мотору:

$$\eta_n^M = \frac{\eta_{m1}^M}{\eta_{mm1}^M} \eta_{mm}^M \quad (1.2)$$

Однак використання трьох або чотирьох машин робить стенд громіздким, крім того механічний ККД буде залежати не тільки від технічного стану гідромашини, що випробовується, а також і від стану технологічних гідромашин, які в процесі роботи стенда міняють свій технічний стан.

Більш вдала конструкція стенда для випробовування гідромашин трансмісії розроблений курганським СГІ. Розроблена схема стенда дозволяє проводити випробування об'ємних гідронасосів та гідромоторів як окремо так і разом. [7]

На стенді використана гідравлічна гальмівна установка, що потребує використання додаткової енергії. До недоліків також слід віднести використання контрольного гідронасосу, що обумовлює ускладнення конструкції стенду.

Аналіз існуючих конструкцій стендів для випробування гідрооб'ємних агрегатів також вказав на відсутність заправ очних станцій для гідромашин, що випробовуються.

Наявність останніх обумовлено тим, що початковий момент запуску внутрішні порожнини гідромашин повинні бути заповнені робочою рідиною під тиском 0,25 МПа. Невиконання цієї умови призводить до контакту металевих поверхонь деталей качаючих вузлів гідромашин в момент запуску та швидкому їх зносу.

Проводячи аналіз існуючих стендів для випробування гідромашин та взявши до уваги їх позитивні якості, необхідно розробити стенд який усував всі недоліки вище перерахованих стендів.

1.4 Формулювання задач досліджень

Основною метою кваліфікаційної роботи є оптимізація технологічного процесу ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій сільськогосподарської техніки шляхом удосконалення технологічної оснастки, що дозволить підвищити якість ремонту, скоротити трудомісткість операцій і покращити умови праці робітників на ремонтних підприємствах.

Для досягнення поставленої мети здійснено комплексні теоретичні та експериментальні дослідження з обґрунтування раціональних організаційно-технічних рішень, які безпосередньо впливають на показники ефективності ремонтного виробництва. Основні напрямки досліджень включають:

1. Аналіз існуючих технологічних процесів ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій мобільних машин (на прикладі ГСТ-90) з метою виявлення резервів та розроблення науково-обґрунтованих заходів щодо їх удосконалення;

2. Дослідження та класифікація технологічного оснащення для найбільш трудомістких операцій розбирально-складальних та контрольних робіт з урахуванням ергономічних принципів організації робочого місця;

3. Розроблення та теоретичне обґрунтування параметрів універсального пересувного стенду для діагностики, ремонту та обкатування гідравлічних агрегатів з можливістю встановлення об'єкта ремонту у оптимальне положення в просторі робочої зони;

4. Удосконалення методик передремонтного діагностування гідромашин на основі контролю внутрішньої герметичності та розробленого діагностичного стенду для визначення дійсного технічного стану агрегатів без необґрунтованого розбирання;

5. Теоретичне обґрунтування ергономічних показників конструкції технологічного оснащення та оцінка їх впливу на часові показники трудової діяльності в системі «людина-машина», що дозволяє забезпечити науково обґрунтовані норми праці на ремонтних операціях.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕМОНТНИХ ОПЕРАЦІЙ НА АГРЕГАТАХ ГІДРОПРИВОДУ

2.1 Конструктивні рішення технологічного оснащення для комплексного обслуговування гідромашин

Правильна організація і якісне виконання розбірно-складальних робіт дозволяють скоротити до мінімуму ушкодження деталей і, отже, витрати запасних частин, зменшити трудомісткість і собівартість ремонту агрегатів ГСТ-90, підвищити його якість.

Якщо враховувати розміри агрегатів ГСТ-90, які застосовують на різних моделях комбайнів, то габаритні розміри агрегатів ГСТ-90 не перевищують 450x350x350 мм, і вагою до 100 кг. При ремонті агрегатів об'ємних гідравлічних трансмісій ГСТ - 90 використовують різні стенди, кантувачі, які дозволяють складати і розбирати агрегатів ГСТ-90 в основному при вертикальній або горизонтальній положенні корпуса гідромашини. При цьому не враховуються фізіологічні дані робітника, високим людям доводиться нагинатися над ремонтним об'єктом, швидко утомлюються м'язи спини, настає стомлюваність, падає продуктивність праці, а, отже, і якість ремонту. З обліком вище викладеного нами розроблена конструкція стенду для діагностики, ремонту і обкатування агрегатів ГСТ-90 (дод. А), яка дозволяє знизити трудомісткість відповідних робіт, поліпшити умови праці. Дана конструкція призначена для зниження трудомісткості робіт пов'язаних з діагностикою, ремонтом і обкатуванням агрегатів ГСТ-90. На рис. 2.1 зображена опора для гідроагрегатів. [9]

Конструкція стенду працює наступним чином. Попередньо проводять фіксацію коліс 2 стенда, гальмівним механізмом 3 і підключають стенд до гідравлічної насосної станції з розподільником потоку робочої рідини (не показано), за допомогою гідравлічних рукавів 19 та швидкоз'ємних муфт 20. Гідроагрегати (аксіально-поршневі гідронасос, та аксіально-поршневі

гідромотор) укладають на опори 14 за допомогою піднімального механізму (не показано) і закріплюють гвинтовим механізмом 15 за бокову частину корпуса. Розбирання гідроагрегатів розпочинають з зняття торцевих ущільнень при горизонтальному їх розміщенні. Для цього розстопорюють фіксатором 18 направляючу вісь 17 опори 14 і переміщують їх на кут 45° в горизонтальній площині з послідовним застопоренням фіксатором 18. За необхідності опора може обертатися в горизонтальній площині на кут 360° з фіксацією через кут 45° . Для зняття інших складових, гідромашину обертають в вертикальній площині на визначений кут за допомогою гідромотора 11, який забезпечує обертання вала 9 в підшипниковій опорі 10 через муфту на кут 360° , і стопорять запобіжним пальцем 13, через кут 45° . Для збирання мастила, яке витікає з гідроагрегатів при їх розбиранні або складанні висовують телескопічні штанги 22 з піддонами 25, що забезпечує чистоту робочого місця та покращує умови роботи слюсаря. Після закінчення операцій, піддони разом з телескопічними штангами переміщують на поворотному механізмі 21 на кут 90° і зливають мастило з піддона застосовуючи механізм нахилу 27. Складання аксіально-поршневих гідроагрегатів проводять в зворотній послідовності з проведенням необхідних контрольно-регулювальних операцій. [10]

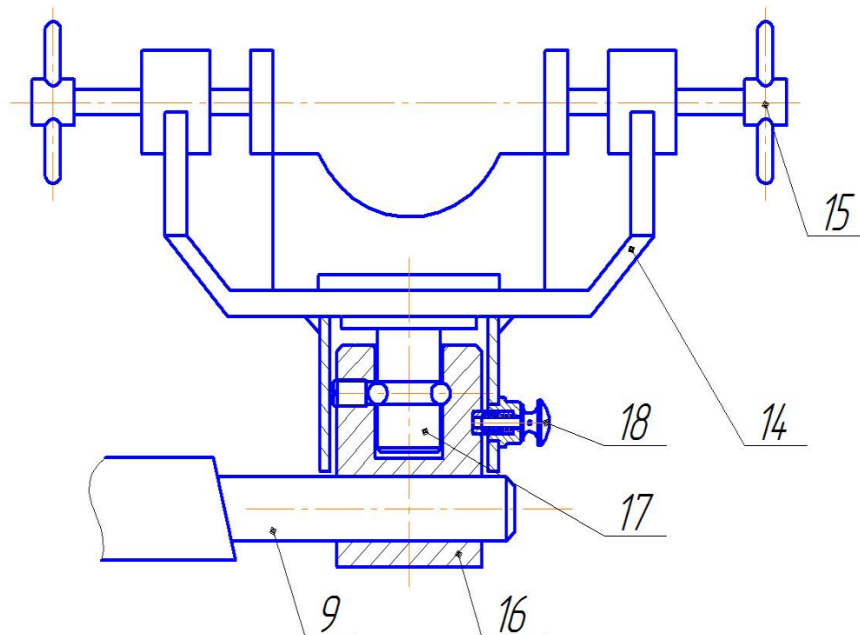


Рисунок 2.1 – Опора для гідроагрегатів

Для проведення контролю технічного стану відремонтованих аксіально-поршневих гідромашин проводять розблокування коліс 2 і за ручку 5 транспортують стенд разом з гідроагрегатами до випробувальної установки (не показано). За допомогою гідроциліндрів 7 центрують положення гідронасоса для закріплення його через муфту з електродвигуном установки для забезпечення приводу гідравлічної системи, та гідромотора з закріпленням його через муфту з навантажувальним пристроєм, виконують гальмування коліс 2 гальмівним механізмом 3, за допомогою гідравлічних рукавів і відремонтованих, закріплених аксіально-поршневих гідроагрегатів збирають гідравлічну систему і проводять випробування, обкатку та контроль технічного стану аксіально-поршневих гідромашин, що дозволяє знизити трудомісткість розбирально-складальних робіт на 30% та збільшити якість ремонтних робіт на 15-20% за рахунок обертання гідроагрегатів в горизонтальних та вертикальних площинах на кут 360° , та лінійного переміщення на довжину паза з забезпеченням необхідного просторового положення гідроагрегатів з їх фіксацією, і дає можливість на 35% знизити трудомісткість підготовчих операцій пов'язаних з транспортуванням, демонтажем та монтажем гідроагрегатів при проведенні контрольно-випробувальних робіт. Дана конструкція стенда може застосовуватися для передремонтного діагностування агрегатів ГСТ-90. [10]

Для проведення перед ремонтного діагностування агрегатів ГСТ-90 горизонтальний важіль 8 переміщується в крайнє нижнє положення за допомогою гідроциліндра 7 для укладання агрегатів на опору 14 для закріплення агрегатів (гідронасоса і гідромотора) у спеціально розробленій конструкції захвата 15 за допомогою гвинтового механізму значно знижує трудомісткість монтажних робіт та покращує умови їх проведення. Після закріплення агрегатів за допомогою гідро розподільника насосної станції гідроциліндр 7 переміщує горизонтальний важіль 8 у верхнє крайнє положення де він фіксується на стояку основи 1 за допомогою гвинтів. Після фіксації горизонтального важеля до гідроагрегатів під'єднують гідравлічні

рукава до дренажного отвору і отворів низького і високого тиску магістралей. У першу чергу подають рідину до дренажного отвору для заповнення внутрішнього об'єму гідромашин після чого подається робоча рідина до отворів магістралей високого і низького магістралей під тиском робочої рідини $P_o = 21,0 \text{ МПа}$ (проводять опресування качаючих вузлів для діагностування технічного стану деталей спряжень) контролюючи при цьому витоки робочої рідини із дренажних отворів гідромашин.

За результатами діагностування агрегати можуть вимагати або ремонту або обкатування та випробування. Агрегати, які потребують ремонту розбираються безпосередньо на стенді без демонтажу. Для цього від'єднують гідравлічні рукава й починають розбирання агрегатів обертаючи їх по необхідності з вертикального в горизонтальне положення за допомогою гідромоторів. [11]

Агрегати об'ємних гідравлічних трансмісій (ГСТ-90), які потребують обкатування та випробування підключають до систем, що забезпечують його роботу, і до засобів діагностики й керування роботою агрегатів ГСТ-90 і здійснюють діагностику й (або) обкатування. Стенд дозволяє встановити об'єкт ремонту в будь-якім положенні й кращі простору робочої зони.

2.2 Людино-орієнтовані параметри проектування засобів механізації ремонтних робі

При оцінці промислових зразків особливу увагу необхідно приділяти ергономічним показникам, які повинні мати певний рівень у порівнянні із прототипом і відповідати встановленим нормам.

Конструкція стенда (дод. А) дозволяє проводити різнохарактерні роботи з агрегатами трансмісії, крім того основною відмінною рисою є те, що агрегати об'ємних гідравлічних трансмісій ГСТ-90 при ремонті встановлюється в зручному положенні, забезпечуючи зниження ручної праці й розширюючи

функціональні можливості технологічного оснащення використовуваної при ремонті агрегатів і вузлів.

Для оцінки ергономічних показників пропонованої конструкції стенда складемо класифікацію властивостей показників. До комплексних показників можна віднести: показник ефективності використання, показник ефективності обслуговування й показник безпеки. Показник ефективності використання визначає можливість установки ремонтного агрегату в зручному положенні робочої зони виконавця, тим самим визначаючи ефективність виконання моторних дій виконавця й зручне положення агрегату для зчитування інформації про стан деталей, вузлів і кріпильного елемента. У свою чергу зручність робочої пози виконавця визначається можливістю установки агрегатів будь-якою робочою поверхнею до нього й простором для ніг.

Зручність виконання моторних дій залежить від розміщення об'єктів з різними видами з'єднання в зонах поля слюсаря, зручність захвата інструментом кріпильного елемента й різноманітністю з'єднань і інструментів для їхнього розчленування. Зручність зчитування інформації визначається такими показниками, як розміщення агрегату в зонах інформації поля й застосовуваного способу й інструмента при ремонтних роботах.

Таким чином, робоче місце повинне забезпечувати зручність роботи, волю рухів, мінімум фізичних напруг. При просторовій організації робочого місця важливо враховувати антропометричні дані людини. Антропометричні дані людини обумовлюють конструкції й розміри робочого місця, взаємне розташування його елементів. При роботі стоячи висота робочої поверхні повинна регулюватися залежно від росту працюючого й складності праці (рис. 2.2). [12]

Показник ефективності обслуговування визначається таким груповим фактором як зручність проведення робіт з обслуговування, який у свою чергу залежить від таких одиничних показників як доступність зон технічного обслуговування, розміщення зон технічного обслуговування поруч із

органами керування й системами обробки інформації, які беруть участь у перевірці.

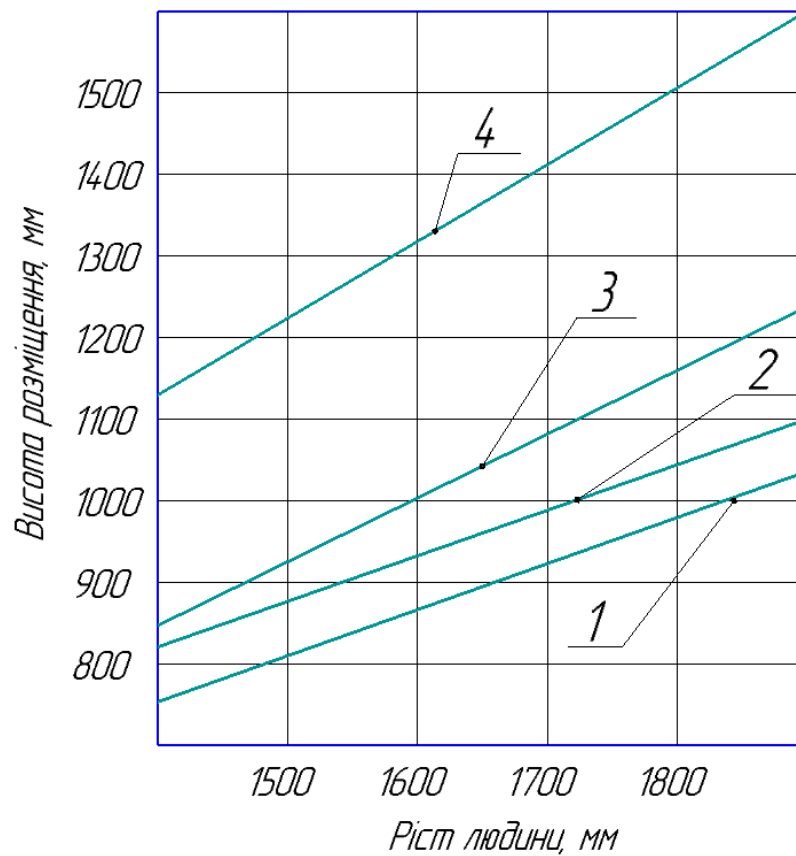


Рисунок 2.2 – Номограма залежностей висоти розташування робочої поверхні від росту людини при роботі стоячи: 1 – при важкій роботі; 2 – роботи середньої складності; 3 – легкі роботи; 4 – засоби відображення інформації

Для проведення робіт з ремонту агрегатів об'ємних гідравлічних трансмісій ГСТ-90 потрібно розташовувати робочі поверхні в такий спосіб, щоб забезпечити зручність зчитування інформації й стану деталей, поверхонь, ремонтованих вузлів, у вертикальній площині під кутом $\pm 15^\circ$ (допускається $\pm 30^\circ$) до нормальної лінії погляду і в горизонтальній площині під кутом $\pm 15^\circ$ (допускається $\pm 30^\circ$) до сагітальної площини.

Показник безпеки визначається груповими показниками захисту від травм і при керуванні й обслуговуванні станда, а так само ізоляцією від шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища. [10]

При розгляді показника захисту від травм при обслуговуванні виробу, який визначається показниками: забезпечення електробезпечності, забезпечення травмобезпечності в зоні дій і забезпечення безпечного переміщення. Стосовно до універсального пересувного станда даний список потрібно доповнити таким показником як забезпечення стійкого положення станда при виконанні розбірно-складальних робіт. Груповий показник ізоляції від шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища містить у собі такі одиничні показники, як використання квітів і знаків безпеки й заходу щодо зменшення рівнів шуму й вібрації при роботі гідравлічної установки.

2.2.1 Визначення критеріїв стабільності положення пересувного станду в умовах ремонтного виробництва

Застосування пересувного станда дозволяє скоротити площі ділянки, знизити питомі капітальні вкладення. Стенд (дод. А, рис. 2.2) має ряд особливостей, що відрізняють його від звичайних вантажопідйомних механізмів. Одна з них стійкість. Коефіцієнт стійкості:

$$K = \frac{M_{\text{відн.}}}{M_{\text{перек.}}} \quad (2.1)$$

де $M_{\text{відн.}}$ – момент відновлювальних сил, Нм;

$M_{\text{перек.}}$ – перекидний момент від маси піднімаючого вантажу, Нм.

Застосування виразу (2.1) у ряді випадках не можливе, так як при значенні ($M_{\text{перк.}} = 0$) функція є безкінечною.

Розглянувши стенд з закріпленим на ньому об'єктом, який ремонтується (рис. 2.3) відмітимо, що основа стенда представляє собою незакріплений опорний контур; маса ремонтуємого об'єкту за часом змінюється; мають місце змінні за знаком навантаження.

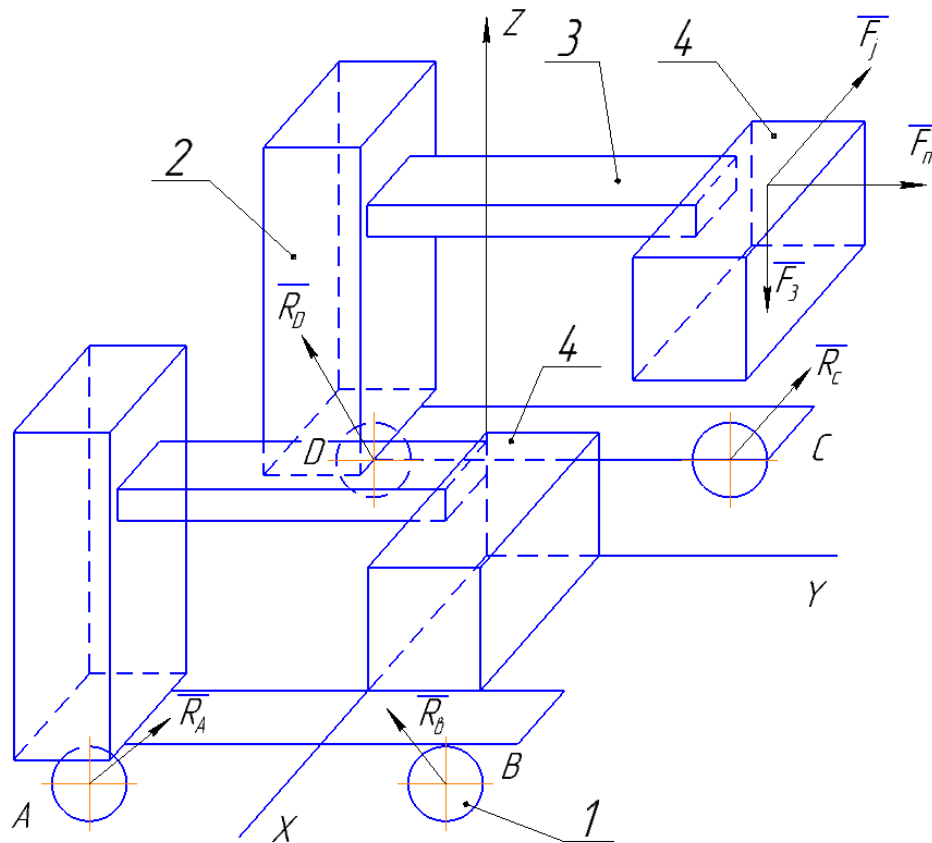


Рисунок 2.3 – Стенд для діагностики, ремонту й обкатування ГСТ-90 з об'єктом ремонту: 1-опора; 2- рама; 3- ричав; 4-ремонтуємий об'єкт

До системи сил, які діють на нерухомий, не закріплений опорний контур стенда при ремонтних роботах, входять: довільно розміщені активні сили \vec{F}_i , визвані зусиллям, яку прикладається робочим до при розбиранні (складанні) з'єднань; додаткова знакозмінна сила \vec{F}_n , яка прикладається робочим до об'єкту ремонту (крапка опори); зміна за часом ваги ремонтуємого

об'єкта \vec{F}_3 , обумовлена технологією ремонтних робіт; реакції R_i зовнішніх зв'язків, які виникають на опорах не закріпленого опорного контуру.

Згідно принципу Даламбера, для будь-якого моменту години маємо урівноважену систему сил, тобто

$$\vec{R} = 0 \ ; \ \vec{M} = 0 \quad (2.2)$$

де \vec{R} і \vec{M} - головний вектор і головний момент відносно довільного центру активних, реактивних інерційних сил, які діють на систему.

Таким чином маємо:

$$\vec{R} = \vec{R}_{акт.} + \vec{R}_{реакт.} = 0, \quad (2.3)$$

$$\vec{R}_{акт.} = - \vec{R}_{реакт.}, \quad (2.4)$$

$$\vec{M}_o = \vec{M}_o^{акт.} + \vec{M}_o^{реакт.} = 0, \quad (2.5)$$

$$\vec{M}_o^{акт.} = - \vec{M}_o^{реакт.} = 0, \quad (2.6)$$

де $\vec{R}_{акт.}$ і $\vec{R}_{реакт.}$ - головні вектори активних і реактивних сил, які взаємозрівноважуються, Н;

$\vec{M}_o^{акт.}$ і $\vec{M}_o^{реакт.}$ - головні моменти активних і реактивних сил, які взаємозрівноважуються, Нм.

Отже сталості стенда можна проводити, як по активним так і по реактивним складовим.

Розглянемо випадок, коли система активних сил і сил інерції наведена в центрі O до системи $(\vec{R}_{акт.} \text{ і } \vec{M}_o)$ при цьому виконується умова $\vec{R}_{акт.} \perp \vec{M}_o$ (рис. 2.4). Систему, що приводиться до однієї рівнодіючої сили R , лінія дії якої проходить через контур АБСД, пересікає його площину в точці N .

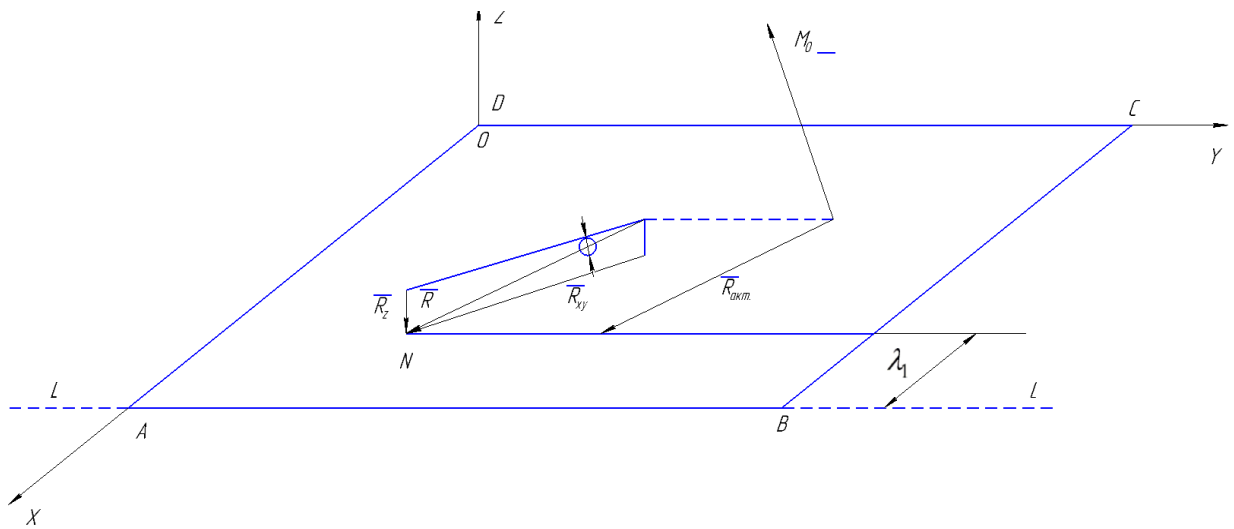


Рисунок 2.4 – Наведена система сил

Силу R розкладаємо на складові R_Z і R_{XY} . При цьому зробимо висновок, що стійкість системи навколо будь-якого ребра перекидання залежить від сили R_Z і її точки N пересікання з опорним контуром.

Для визначення положення точки N застосуємо до системи сил теорему Вариньона відносно довільного ребра перекидання $(L_i - L_i)$:

$$\lambda_i \cdot \vec{R}_{акт.} \cdot \sin \gamma = \sum_{i=1}^n m_{LL} \left(\vec{F}_i \right), \quad (2.7)$$

Звідки

$$\lambda_i = \frac{\sum_{i=1}^n m_{LL} \left(\overrightarrow{F_i} \right)}{R_{акт.} \cdot \sin \gamma} = \frac{\sum_{i=1}^n m_{LL} \left(\overrightarrow{F_i} \right)}{\sum_{i=1}^n \overrightarrow{F_{iZ}}}, \quad (2.8)$$

де $\sum_{i=1}^n m_{LL} \left(\overrightarrow{F_i} \right)$ - сума моментів L всіх активних сил і сил інерції, Нм;

$\sum_{i=1}^n \overrightarrow{F_{iZ}} = R_Z$ - сума проєкцій активних сил і сил інерцій на вісь Z , Н.

Якщо $\overrightarrow{R}_{акт.} \perp \overrightarrow{M}_o$ то таку систему замінюють еквівалентною системою, яка складається із двох взаємоперпендикулярних скрещуваних сил, одна з яких R_{XY} лежить у площині опорного контуру, а лінія дії сили R_Z проходить через опорний контур перпендикулярно йому. Крапка пересікання сили R_Z з площиною опорного контуру і у цьому випадку однозначно визначає сталість системи до перекидання. [11]

Розмірна величина (λ_i) визначає миттєвий запас сталості стенда відносно ребра перекидання $(L_i - L_i)$. Отже її можна прийняти за критерій сталості. На відміну від виразу (2.1) вона має чіткий фізичний зміст, вказуючи на відстань від відповідного ребра перекидання до точки опорного контуру через які проходять рівнодіючі, як активних так і реактивних сил (рис. 2.5).

Центр S_y і радіус r_Y кола сталості, які назвемо відповідно центром і радіусом сталості системи також як і (λ_i) - модифікований коефіцієнт сталості, являються критеріями сталості. При $\lambda_i = 0$ коло сталості доторкується до опорного контуру, сталість рівноваги системи порушується. Як бачимо з рис. 2.6 сталість стенда визначається не тільки силою R_Z і точкою N її прикладення, але також і розмірами та формою опорного контуру АВСД,

центром сталості S_y і його зміщенням відносно центру геометричної симетрії контуру, максимальним значенням r_Y .

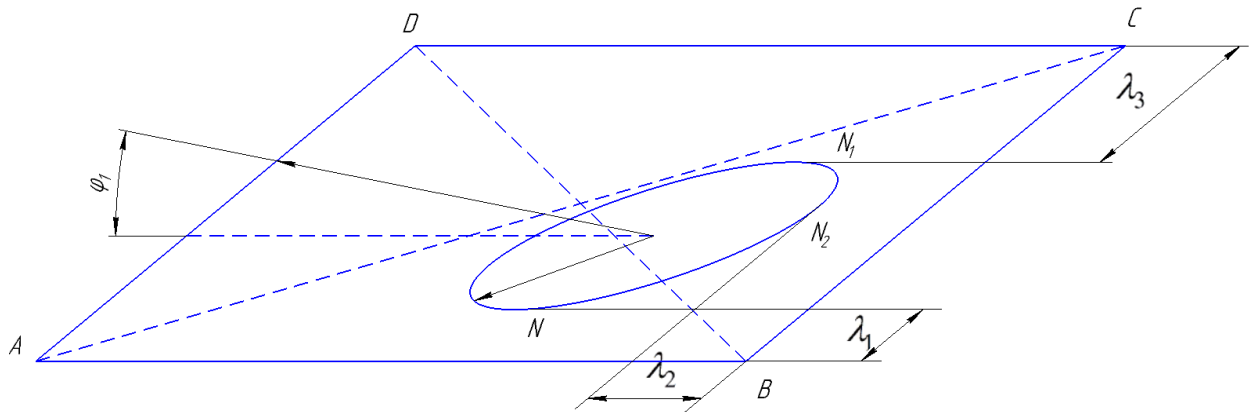


Рисунок 2.5 – Визначення модифікованого (λ_i) коефіцієнта сталості стенда для діагностики, ремонту та обкатування ГСТ-90

Дія перемінних навантажень на агрегати гідравлічних трансмісій, які ремонтуються і встановлені на стенді під годину розбирально-складальних, а також сил інерції, обумовлених зміною маси агрегатів під час їх розбирання та складання, накладають збудження на центр сталості S_y , в наслідок чого крапка N описує плоску, складну фігуру, яка відрізняється від кола.

2.2.2 Аналіз впливу умов праці на тривалість виконання технологічних операцій

У якості основних ергономічних факторів, що виявляють істотний вплив на показники діяльності людини в системі людина-машина (ЛМ), звичайно приймають наступні:

- алгоритм роботи людини-оператора і ступінь погодженості даного алгоритму з конструкцією робочого місця;
- динаміку працездатності людини-оператора;
- умови щільності людини на робочому місці;

- рівень підготовки людини для виконання ним заданого виду діяльності.

При оцінці впливу зазначених факторів на тимчасові показники діяльності виходять із того, що час виконання людиною окремих операцій і алгоритму в цілому t_p можна представити сумою двох складових: часу t_{p1} затрачуваного їм на пошук елементів інформаційного й операційного полів робочого місця, і часу t_{p2} необхідного для виконання операцій і дій відповідно до алгоритму без обліку часу на пошук окремих елементів робочого місця й інструмента.

Процедура оцінки реалізується послідовно в кілька етапів, число яких відповідає числу факторів, що враховуються. Знайдемо показник $t_p^{(k,\vartheta,\theta,N)}$, який представляє собою час виконання завдання фахівцем, розрахований з врахуванням впливу складу алгоритму роботи і ступеню його узгодженості з конструкцією робочого місця (індекс K), динаміки роботоздатності (індекс ϑ), і рівня підготовки фахівця (індекс N), умов існування робочої зони (індекс θ), у межах якої реалізується трудовий процес. [12]

На першому етапі визначається залежність години t_p^k , який витрачається на виконання операцій від складу алгоритму діяльності і ступеню його відповідності конструкції робочого місця при умові, що робота виконується людиною-оператором з максимальним рівнем підготовки в комфортних умовах середовища і на фазі максимальної роботоздатності.

Відомо, що загальний середній час пошуку елементів t_{p1} залежить від числа n , числа звертання до них і ступеню неузгодженості L в їх розміщенні на робочому місці, дана залежність має вид[11]:

$$t_{p1} = 0,5n + 1,7n \left(1,5^{\frac{n-1}{25}} + 1 \right) \cdot \left[1 + \frac{4}{\pi} \arctg(2L - 1) \right], \quad (2.9)$$

де t_{p1} - середній час пошуку, с.

Час t_{p2} , необхідний для виконання людиною-оператором заданого алгоритму діяльності, можна визначити розрахунковим шляхом за допомогою структурного методу або експериментально. Для не алгоритмізованих видів діяльності, які не піддаються дискретизації на окремі операції і дії, сумарний час $t_p^{(k)}$ визначається, як правило, експериментальним шляхом. У результаті виконання першого етапу або складаються таблиці часу для різних конструкцій робочого місця і вибраних алгоритмів діяльності, або будуються графіки залежності цього часу для тих же алгоритмів і конструкцій робочих місць при оптимальних умовах діяльності.

На іншому етапі визначається залежність $t_p^{k,\partial}$ від раніше розглянутих факторів і динаміки роботоздатності людини-оператора. А у зв'язку з тим, що роботоздатність характеризується часом безперервної роботи людини $t_{\partial p}$, то завдання даного етапу зводиться до визначення залежності:

$$t_p^{(k,\partial)} = f_2(t_{\partial p}, t_p^k) = f_2(t_{\partial p}, n, L, t_{p2}) \quad (2.10)$$

При цьому передбачається, що діяльність здійснюється підготовленою людиною-оператором у комфортних умовах існування. Для визначення залежності (2.10) знаходять дві часні функції, які відповідають найкращій ($L=0$) і найгіршій ($L=1$) конструкціям робочого місця відповідно і фіксованому алгоритму діяльності, тобто при:

$$t_p^{(k)} = \min \cdot t_{p1} + t_{p2} = 0.5n + t_{p1} = t_0 \quad (2.11)$$

$$t_p^{(k)} = \max \cdot t_{p1} + t_{p2} = 0,5n + 3,4n \left(1.5^{\frac{n-1}{25}} - 1 \right) + t_{p2} = t_1 \quad (2.12)$$

$$t_p^{(\kappa, \vartheta)} = f_2(t_{op}, t_p^{(\kappa)}) \quad (2.13)$$

Функціональні залежності $t_p^{(\kappa, \vartheta)}$ від динаміки роботоздатності при вказаних конкретних значеннях $t_p^{(\kappa)}$ визначаються шляхом введення поправочного коефіцієнта $t_p^{(\kappa, \vartheta)} = K(t_{op}) \cdot t_p^{(\kappa)}$ значення цього коефіцієнта $K(t_{op})$ застосовуються до різних інтервалів операційного години безперервної роботи можуть бути знайдені і зміни продуктивності праці людини на протязі доби ($A=40...30\%$).

Година $t_p^{(\kappa, \vartheta)}$ враховує два фактори:

- алгоритм роботи людини-оператора і ступінь його узгодження з конструкцією робочого місця ($t_p^{(\kappa)}$);
- динаміку роботи людини-оператора.

На третьому етапі до числа розглянутих факторів додаються фактори придатності до існування. Так як умови придатності змінюються за часом при функціонуванні системи (m), то являється доцільним визначити характер зміни операційного часу від часу безперервного функціонування системи. Для проведення аналізу необхідно знайти цю залежність для двох граничних розумів:

- при найкращій конструкції робочого місця й максимальній роботоздатності людини-оператора з максимальним рівнем підготовки;
- при найгіршій конструкції робочого місця й мінімальній роботоздатності оператора з максимальним рівнем підготовки.

У загальному випадку ці залежності апроксимуються зміщеною функцією Лапласа, тобто:

$$t_p^{(\kappa, \vartheta, \theta)} = f_3 \cdot (T_c) = a + b \cdot \Phi \cdot \left(\frac{6T_c}{T_{\max}} - 3 \right), \quad (2.14)$$

де $\Phi \cdot \left(\frac{6T_c}{T_{\max}} - 3 \right)$ - табульована функція Лапласа, наведена до інтервалу $0 - T_{\max}$;

T_c - поточний час функціонування системи, яку відраховується з моменту її включення;

a, b - масштабні коефіцієнти.

Для вказаних двох граничних розумів масштабні коефіцієнти різні: a_1, b_1 - для першої умови; a_2, b_2 - для другої умови. Тоді значення t_p в момент години T_c функціонування системи при різній конструкції робочого місця і любій фазі роботоздатності спеціаліста з максимальним рівнем підготовки визначається за формулою:

$$t_p^{(\kappa, \vartheta, \theta)} = f_3 \left(T_c, t_p^{(\kappa, \vartheta)} \right) = a_1 + \frac{(a_2 - a_1)}{t_2 - t_0} \cdot \left(t_p^{(\kappa, \vartheta)} - t_0 \right) + \left[b_1 + \frac{b_2 - b_1}{t_2 - t_0} \cdot \left(t_p^{(\kappa, \vartheta)} - t_0 \right) \right] \cdot \Phi \left(\frac{6T_c}{T_{\max}} - 3 \right) = f_3(n, L, t_{p2}, t_{непр.}), \quad (2.15)$$

Так як

$$t_p^{(\kappa, \vartheta)} = f_2(n, L, t_{p2}, t_{непр.}), \quad (2.16)$$

де $t_2 = \max t_p^{(\kappa, \vartheta)}$

Отримані на третьому етапі дані являються вихідними для четвертого етапу, на якому додатково оцінюється вплив рівня навиків фахівця на часові витрати. Для цього визначаються дві часткові залежності:

- залежність t_p від ступеня навчання спеціаліста при умовах, що його діяльність здійснюється при максимальній роботоздатності в комфортних умовах існування на робочому місці, яке для вибраного алгоритму діяльності має найкращу конструкцію;

- залежність t_p від ступеня навчання спеціаліста при умовах, що його діяльність здійснюється при мінімальній роботоздатності в найгірших умовах існування на робочому місці, яке для вибраного алгоритму діяльності має найгіршу конструкцію.

У першому наближенні залежність t_p від рівня підготовки фахівця і може бути описана експоненціальною функцією виду:

$$t_p^{(k,\vartheta,\theta,N)} = t_n - (t_n - t_n) \cdot e^{\frac{-N}{n_0}} = t_4(N), \quad (2.17)$$

де t_n - час виконання завдання фахівцем, який успішно пройшов курс підготовки;

t_n - час виконання завдання непідготовленим фахівцем (вихідний рівень підготовки);

n_0 - коефіцієнт, який характеризує швидкість навчання;

N - число проведених тренувань (поточний час підготовки).

Являється явним, що $t_n = t_p^{(k,\vartheta,\theta)}$.

Позначимо значення t_n і n_0 , які входять до виразу (2.10) через t_{n1} і n_{01} та t_{n2} , n_{02} відповідно для першого та іншого з вище наведених екстремальних розумів діяльності фахівця. Тоді для цих умов діяльності на основі виразу (2.10) залежність t_p від рівня навчання N і любых трьох раніше розглянутих факторів, умовно позначених індексами k, ϑ, θ , можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned}
t_p^{(\kappa, \vartheta, \theta, N)} = f_4(N, t_p^{(\kappa, \vartheta, \theta)}) = t_p^{(\kappa, \vartheta, \theta)} - \left\{ t_p^{(\kappa, \vartheta, \theta)} - \left[t_{H1} + \frac{t_{H2} - t_{H1}}{t_3 - t_0} (t_p^{(\kappa, \vartheta, \theta)} - t_0) \right] \right\} \times \\
\times \left\{ \frac{N}{n_{01} + \frac{n_{02} - n_{01}}{t_3 - t_0} \cdot (t_p^{(\kappa, \vartheta, \theta)} - t_0)} \right\} \quad (2.18)
\end{aligned}$$

де $t_3 = \max t_p^{(\kappa, \vartheta, \theta)}$

Цей показник являється функцією наступних шести величин: $n, L, L_{P2}, t_{непр.}, T_c, N$. Вплив різних факторів на динаміку роботоздатності фахівця можна прослідити по графікам.

2.2.3 Енергетичні витрати працівника та їх залежність від просторової організації робочого місця

Для підтримки машинно-тракторного парку в справному й працездатному стані, а також для забезпечення надійної, довговічної й економічної його роботи в кожному господарстві необхідно вчасно і високоякісно виконувати систему заходів щодо технічного обслуговування й ремонту тракторів, автомобілів, комбайнів і інших сільськогосподарських машин. Ця система включає обкатування нової або відремонтованої машини у виробничих умовах, її технічне обслуговування в процесі використання, періодичний технічний огляд, поточний ремонт, капітальний ремонт і зберігання. [9]

У загальній трудомісткості ремонту автомобілів розбірно-складальні роботи становлять 33...41 %, тракторів – 52...56 %, комбайнів – 55...64 %. Тому на підприємствах усіх рівнів для збільшення продуктивності праці

підвищують ступінь механізації розбірних і складальних операцій, створюють максимальні зручності для роботи з об'єктом ремонту. Із цілого ряду причин економічного, технічного й організаційного порядку значна частина господарств вважає за доцільне ремонтувати агрегати гідравлічних трансмісій самотужки, чому сприяє створення в господарствах сучасних ремонтних майстерень.

Підставою для проведення потокового ремонту агрегатів ГСТ-90 служать дані діагностичного обстеження його технічного стану й результати огляду на ділянці. Обсяг робіт по поточному ремонту агрегатів об'ємних гідравлічних трансмісій ГСТ-90 достатній для економічного використання різних стендів і пристосувань, використовуваних при виконанні технологічних і контрольних операцій.

Там, де механізація й автоматизація проводяться без участі фізіології праці, нерідко допускаються такі пробіли, які приводять до погіршення умов праці, що залишилися на даному виробництві робітників.

Раціональне пристосування знарядь праці й машин до людини останнім часом стало предметом спеціальної галузі психофізіології праці - інженерної психології. Інженерна психологія прагне відповісти на наступні питання:

- які вимоги пред'являє сучасна техніка до людини;
- які психофізіологічні можливості людини (оператора);
- як краще погодити характеристику людини й машини як ланок єдиної системи;

Згідно з концепцією «людина - машина», обоє складових системи компонента взаємодіють між собою. Потрібно так налагодити роботу системи, щоб механічна частина її повністю відповідала людським можливостям і ефективно функціонувала. При спостереженні за виконанням розбірно-складальних робіт було відзначено, що при різних положеннях ремонтovanого об'єкта, змінюються структура й характер спрямованих рухів виконавця, що й визначає витрати праці й часу. Тому при проектуванні оснащення для ремонту агрегатів об'ємних гідравлічних трансмісій ГСТ-90 необхідно враховувати

біомеханічні особливості людини. Методи геометрії і механіки у вивченні рухів людину застосовуються в спеціальних умовах, які відсутні в інших сферах використання цих наук. Використовуючи біомеханіку в розрахунках, організатори праці повинні враховувати, що математика й механіка в цьому випадку застосовуються у своєрідній стихії людського тіла, включеного у виробничу систему. [11]

Норми праці – це, по суті справи, є норми витрати мускульної й нервової енергії людини. Вимога враховувати психологічні й фізіологічні фактори не означає, що норми треба встановлювати стосовно до індивідуальних особливостей кожного працюючого, необхідно враховувати ті особливості людського організму, які властиві кожному працівникові, наприклад ступінь стомлюваності, вплив виробничого середовища й т.п.

Вимоги до умов праці, типовий вплив цих умов на психічне стани досить вивчені, однак не у всіх людей ті самі умови праці викликають однакові стани. Звідси виникає необхідність проектувати або вдосконалювати умови праці стосовно до індивідуальних особливостей працівника. Існує спосіб обліку індивідуально-типових особливостей працівника при плануванні робочого місця, відбиваних у рекомендаціях наукової організації праці (НОП). У даних рекомендаціях вказуються загальні правила незалежно від галузевих, виробничих або класифікаційних відмінностей. Правила спрямовані на виключення непотрібних рухів, ліпших дій, переміщень. Для цього зняряддя й предмети праці розташовуються в межах зон оптимальної досяжності й оптимальної зони огляду; усе, що доцільно брати правою рукою, розташовується праворуч, а що потрібно брати лівою рукою - ліворуч. Прикладемо ці правила до конкретного, володіючого індивідуальністю, слюсаря-ремонтника і визначимо витрати часу, живої праці для випадків: коли розбирально-складальні роботи агрегатів ГСТ-90 ведуться за допомогою стенда 70-7825.-1519, який входить в комплект оснащення ОР-12492М-ГОСНИТИ; за допомогою підручних засобів; з застосуванням розробленого

стенда для ремонту, діагностування та обкатування агрегатів гідравлічних трансмісій (ГСТ-90).

Для визначення витрат ручної праці, при розбирально-складальних роботах агрегатів ГСТ-90, на основі хронометражних спостережень, час роботи (у хв.).

На основі даних спостережень отримані залежності (рис. 2.6) витрат часу при розбирально-складальних роботах для ГСТ-90. У першому випадку, коли розбирання і складання ГСТ-90, ведеться за допомогою підручних засобів витрати оперативного часу склали 264 хв., на стенді 70-7825.-1519 витрати оперативного часу 180хв., а на стенді для діагностики, ремонту й обкатування ГСТ-90 витрати оперативного часу склали 144 хв., що на 20 % нижче, чим при використанні стенда 70-7825.-1519.

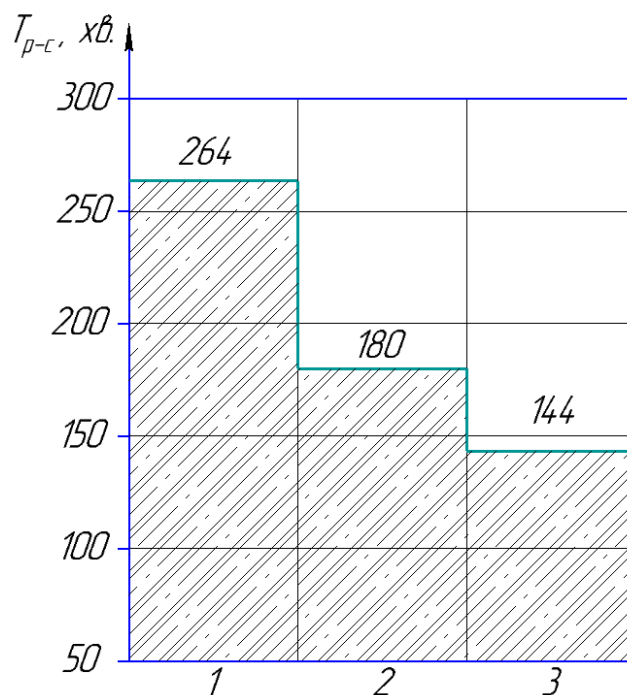


Рисунок 2.6 - Витрати часу при розбиранні та складанні агрегатів ГСТ-90:
 1- з застосуванням підручних засобів; 2 - з застосуванням стенду 70-7825.-1519;
 3 - з застосуванням стенду для ремонту, діагностування та обкатування ГСТ-90

Норми праці повинні виконувати роль одного із засобів удосконалювання організації праці, виробництва і керування й бути науково обґрунтованими. При цьому сукупність розумової напруги й фізичних зусиль, необхідних від людини при виконанні їм даної роботи, називається важкістю праці.

Ступінь важкості праці проявляється в реакціях і змінах, які відбуваються в організмі людини. При цьому одні реакції й зміни виникають безпосередньо в процесі праці, викликаючи виробниче стомлення, інші з'являються згодом. До перших показників відносяться:

- кількісне відхилення фізіологічних функцій і виробничих показників до кінця робочого дня стосовно вихідних і норми;
- швидкість відновлення різних фізіологічних порушень після роботи;
- характер динаміки працездатності протягом робочого дня.

Поряд із цим при тривалому впливі несприятливих умов праці в організмі можуть виникнути й окремі реакції, що приводять до професійних захворювань.

Економічна ефективність НОП визначається зниженням витрат живого й упредметненого праці, що проявляється в підвищенні продуктивності праці.

Розглядаючи існуючі моделі стендів для ремонту агрегатів ГСТ-90, можна припустити, що при виконанні розбирально-складальних робіт з їхнім застосуванням, положення ремонтovanого об'єкта в робочій зоні слюсаря ремонтника обмежене конструктивною особливістю даних стендів. Тому щоб забезпечити необхідне положення гідроагрегату в просторі, необхідно збільшити ступінь рухливості механізму повороту стенда. Отже, можливість установки стенда в будь-якому зручному положенні при розбирально-складальних роботах, дозволить заощаджувати затрачувану працівниками енергію, скоротити довжину робочих траєкторій та підвищити якість ремонту.

Висновки до другого розділу

Проведені теоретичні дослідження організаційно-технологічних процесів універсального пересувного станду для діагностики, ремонту та обкатування гідравлічних агрегатів ГСТ-90, який характеризується можливістю встановлення ремонтovanого об'єкта в довільному положенні у просторі робочої зони. Стенд дозволяє проводити передремонтне діагностування без демонтажу гідромашин, виконувати розбирально-складальні та регулювальні роботи, а також транспортувати відремонтовані агрегати до установки для обкатки та випробування, що забезпечує значне скорочення тривалості операцій та покращення умов праці робітника.

Теоретичний аналіз ергономічних показників станду встановив, що розташування робочих поверхонь забезпечує оптимальні кути зору ($\pm 15^\circ$ у вертикальній та горизонтальній площинах) та комфортні умови для виконання операцій з урахуванням антропометричних особливостей працівника. Теоретичне обґрунтування стійкості пересувного станду на основі принципу Даламбера та поняття центру та радіусу стійкості підтвердило конструктивну надійність системи при змінних навантаженнях, які виникають під час розбирально-складальних операцій.

Теоретичні дослідження впливу ергономічних факторів на часові показники діяльності людини в системі «людина-машина» дозволили встановити, що витрати оперативного часу при розбиранні та складанні гідроагрегатів із застосуванням станду складають 144 хв., що на 20% нижче, що підтверджує ефективність підвищення продуктивності праці та якості ремонтних робіт.

3 МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

3.1 Вихідні передумови та напрями експериментальної роботи

Вивчення організації і технології ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій на ремонтному підприємстві по картах наукової організації праці і вивчення маршрутів пересування ремонтованих вузлів і агрегатів по ділянках ремонту і відновлення дозволить визначити оптимальне місце розташування ділянки з ремонту або стенда на ремонтному підприємстві.

Дослідження і аналіз завдань, які розв'язуються із застосуванням стенда для ремонту агрегатів ГСТ-90, дозволили зробити висновок, що вдосконалювання технологічного оснащення повинне відбуватися у взаємозв'язку з організацією праці на робочому місці і відповідати вимогам, які пропонуються ергономікою.

При проведенні досліджень в області ремонтного виробництва, розглядається система «людина-машина» (ЛМ), яка передбачає певні методи й методики досліджень. При їх дослідженні пропонується звернути увагу на ергономічні показники пропонованого стенда для діагностики, ремонту і обкатування агрегатів гідравлічних трансмісій (ГСТ-90), а також на стійкість і безпеку проведення ремонтних робіт агрегатів (об'єкта), встановленого на стенді. [14]

Рівень працездатності, глибину стомлення і їх взаємодію на продуктивність праці на робочому місці можна встановити двома способами:

- за допомогою методів фізіологічних досліджень;
- шляхом кількісної оцінки елементів, що встановлюють умови праці.

Рівень працездатності й продуктивності праці залежно від стану умов праці може бути розрахований на основі інтегрального показника ваги праці, для чого використовуємо методику, розроблену в НДІ праці.

Вивчення витрат робочого часу при використанні обладнання дозволяє виявити всі його витрати при виконанні певної роботи, тому пропонується використовувати фотохронометраж, при якому вивчають тривалість часу виконання окремих елементів операції і інші категорії витрат часу протягом робочого дня або іншого періоду.

Увесь процес досліджень умовно розділений на три частини: виконавець робітник і його характеристики; виробничий процес представлений технологією і організацією ремонту ГСТ-90 на ділянці з ремонту вузлів і агрегатів; стенд для діагностики, ремонту і обкатування ГСТ-90 – і визначення його основних параметрів.

3.2 Визначення раціональної орієнтації гідроагрегату на робочому місці

Для визначення оптимального (зручного) положення агрегату (об'єкта) в процесі ремонту, для виконавця робіт, дослідженням передбачається самостійне визначення виконавцем, взаємного розташування об'єкта, виконавця й органів керування для кожної операції. При цьому кутові розміри положення об'єкта визначаємо по покажчиках, установлених на стенді для діагностики, ремонту і обкатування ГСТ-90. [15]

Положення об'єкта, який ремонтується, щодо крайнього положення визначали за допомогою кутоміра, установленного на корпусі стенда. При цьому вказівна стрілка закріплена на важелі:

- кут нахилу ГСТ-90 щодо горизонтальної осі обертання визначаємо по номеру фіксуемого отвору з врахуванням, що отвори розташовані через (20°); за нульове ухвалюємо положення ГСТ-90 при вертикальному положенні;

- положення стенда щодо вертикальної осі обертання визначаємо по положенню стенда у відповідному секторі ділянки, розбитого на вісім частин. Оскільки стенд установлений на ділянці стаціонарно, то цей показник у подальших розрахунках не враховувався.

Закріплений на стенді ремонтований об'єкт виконавець установлює для себе індивідуально, при цьому показання його розташування фіксуються.

3.2.1 Оцінка інформаційного навантаження оператора при виконанні слюсарних операцій

Людина, що виконує роль елемента системи (ЛМ), близько 90 % усієї інформації одержує через зоровий аналізатор. Основними характеристиками зорового сприйняття є кутові розміри, рівень яскравості, контраст між об'єктом і тілом, критична частота мелькання, час інерції ока.

Умовне поле зору можна розбити на три зони: центрального зору (приблизно 10'), де можлива найбільш чітка відмінність деталей; ясного бачення (39...47°), де при нерухливому оці можна пізнавати предмет без різних дрібних деталей; периферичного зору (57...60°), де предмети виявляються, але не орієнтуються.

Під кутовим розміром зображення розуміють кут між двома променями, спрямованими від очей спостерігача до крайніх точок спостережуваного зображення, цей розмір знаходимо з вираження [16]:

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\beta}{2}\right) = \frac{h}{2l}, \quad (3.1)$$

де h - лінійний розмір об'єкту, який наблюдається;

l - відстань від спостерігача до спостерігаемого об'єкту по лінії зору.

Тоді кількість сприймаємої зорової інформації $F_{з.а}$ визначимо за виразом:

$$F_{з.а} = m \cdot \log\left(\frac{l_{ef}}{\Delta l_{ef}}\right), \quad (3.2)$$

де $F_{з.а}$ - кількість інформації в бітах;

m - число однотипних приборів, за якими робочий здійснює одночасне спостереження;

l_{ef} - ефективна довжина шкали приладу;

Δl_{ef} - похибка, яка допускається людиною при читанні показників приладу в межах ефективної довжини шкали.

$$C = \frac{F_{з.а}}{(t_e - t_c)}, \quad (3.3)$$

де t_e - час експозицій;

t_c - час сприйняття показників приладу, які зчитуються.

Проводячи фотохронометраж, визначаємо для кожної операції, кожної установки, кутовий розмір зображення, кількість інформації сприйманої в бітах.

Найбільш відповідальною операцією, при складанні агрегатів ГСТ-90, являються укладення блоку до корпусу агрегату та підбір комплекту плунжерів, а також контроль осьового зазору.

3.2.2 Дослідження структури робочого часу при виконанні ремонтних операцій

При впровадженні ергономічних заходів уповільнюється і зменшується стомлення працівників, що супроводжується скороченням витрат часу на операцію, внутрішньо змінних його втрат, зменшенням простоїв устаткування. Таким чином, умови праці на виробництві, працездатність, стомлення і продуктивність праці тісно зв'язані між собою і взаємно обумовлені. [17]

За допомогою фотографії робочого часу виявляють головним чином втрати робочого часу, установлюють причини цих втрат, і розробляють

організаційно-технічні заходи, спрямовані на їхнє усунення і впровадження наукової організації праці.

Для визначення витрат часу використовуємо індивідуальну хронофотографію слюсаря за період ремонту агрегатів ГСТ-90. Спостерігач протягом усієї зміни послідовно записує кожний елемент роботи або перерви в спеціальному спостережливому аркуші, таблиця 3.1.

Таблиця 3.1 – Фрагмент спостережливого аркуша індивідуальної фотографії робочого часу

Елемент роботи	Поточний час, год. і хв.	Трив-ть, хв.	Номером деталі	Число деталей	Індекс	Примітка
Підхід до робочого місця	8,04	4,0	-	-	ПР	-
Одержання вбрання і креслення	8,07	3,0	-	-	пз	-
Налагодження стенда	8,26	6,0	-	-	пз	установка об'єкта ремонту в зручне положення
Вибір інструмента	8,31	1,0	-	-	пз	-
Зняття торцевого ущільнення	8,32	5,0	-	1	оп	-

Обробку і аналіз даних фотографії робочого часу починаємо із заповнення графі «тривалість у хвилинах». Тривалість окремих елементів роботи визначаємо вирахуванням з кожного наступного виміру попереднього. Отримане значення ставимо проти відповідних приймань(таблиця 3.2)

Таблиця 3.2 – Баланс робочого часу при розбиранні ГСТ-90

Категорія витрат часу	Індекс	Баланс робочого часу			
		Базовий		Проектний	
		тривалість, хв	% до підсумку	тривалість, хв	% до підсумку
Час роботи з виконання виробничого завдання					
Підготов., заключ.	ПЗ	30	6,25	20	4,17
Оперативне	ОП	335	69,79	425	88,54
Обслуговування робочого місця, у тому числі організаційно- технічні	Об Орг Тех	18	3,75	15	3,12
Разом	РЗ	383	79,79	460	95,83
Регламентовані перерви					
На відпочинок і особисті потреби	Від. о	20	4,17	20	4,17
Установлені технологією й організацією виробництва.	ПТ				
Разом	ПР	20	4,17	20	4,17
Час роботи, не передбачений виконанням виробничого завдання					
Випадкової роботи	ВР	5	1,04		
Невиробничої роботи	НР	36	7,5		
Разом	НЗ	41	8,54		
Нерегламентовані перерви, викликані порушеннями					
Нормального плину виробничого процесу	ПНТ	24	5,0		
Трудової дисципліни	ПНТ	12	2,5		
Разом		36	7,5		
Усього витрат робочого часу		480	100	480	100

При складанні нормативного балансу виключаємо всі нераціональні витрати й втрати робочого часу, внаслідок чого збільшується оперативний час.

На підставі фактичного й проектного балансів визначаємо коефіцієнт $K_{вик.}$

використання робочого часу і ріст продуктивності праці. Коефіцієнт використання робочого часу розраховуємо по формулі:

$$K_{вик.} = \frac{(T_{пз} + T_{оп} + T_{обс.} + T_{від.} + T_{пер.})}{T_{кон.}} \quad (3.4)$$

де $T_{пз}$ - підготовчо-заклучний час, хв.;

$T_{оп}$ - оперативний час, хв.;

$T_{обс.}$ - час на обслуговування робочого місця хв.;

$T_{від.}$ - час на відпочинок, хв.;

$T_{пер.}$ - час обумовлений потребами, хв.;

$T_{кон.}$ - тривалість часу контролю, хв.

3.3 Стендове обладнання для припрацювання та контрольних випробувань гідромашин

В другому розділі відмічалось, що після складання гідравлічних агрегатів вони поступають на обкатку та випробовування. В нашому випадку вони транспортуються разом зі стендом до силової установки. При цьому значно скорочується час на монтаж гідравлічної схеми для обкатки і випробування ГСТ-90. Загальний вид силової установки представлено на рис.3.1.

Основними складовими частинами стенду являються: електродвигун, гальмівний пристрій, що складається з гідромотора, та дроселя; підкачуюча станція; з'єднувальні муфти; фільтри; теплообмінник; гідравлічний бак; приладова частина, що включає в себе манометри, для контролю тиску робочої рідини в магістралях високого і низького тиску, магістралі керування робочим об'ємом, витратоміри для вимірювання втрати робочої рідини, термометр для визначення температури робочої рідини. [18]

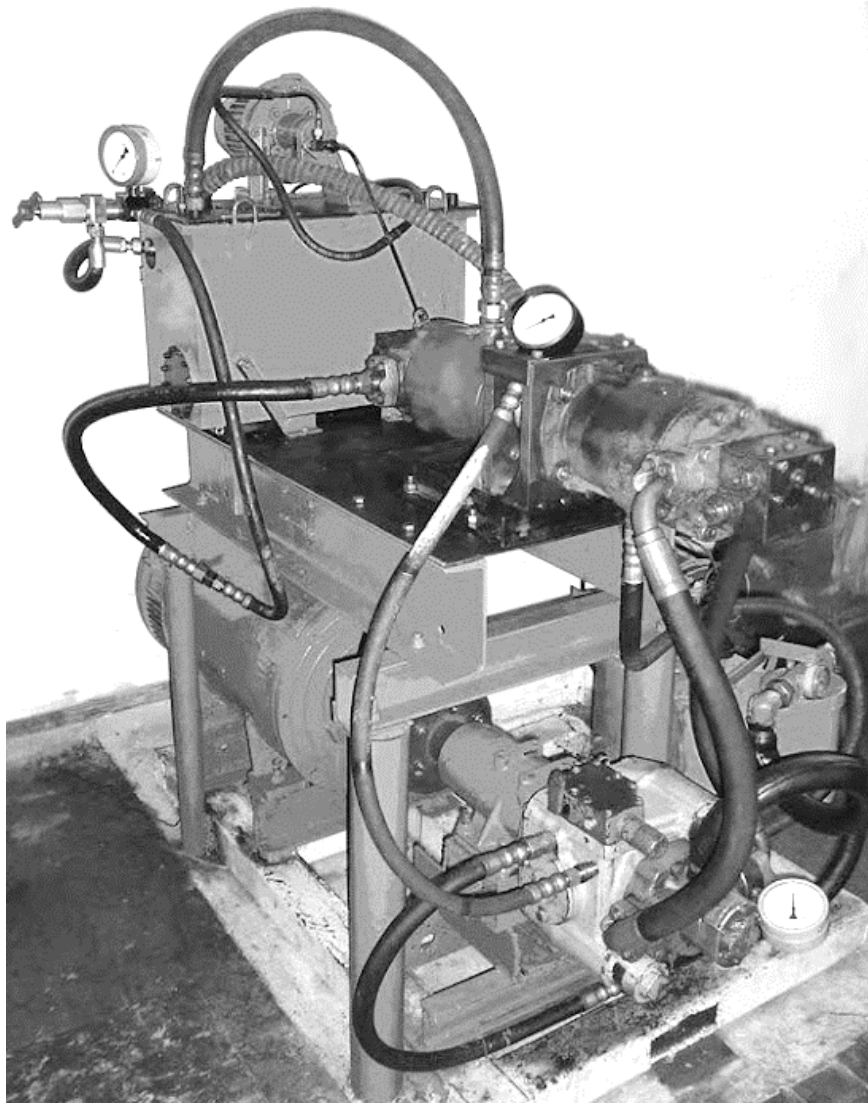


Рисунок 3.1. – Загальний вид силової установки.

3.3.1 Розрахунок основних характеристик випробувального стенда

Із технічної характеристики гідроприводу ГСТ-90 ми знаємо, що він працює при номінальному робочому тиску $P_H = 21,0$ МПа, а запобіжні клапани системи спрацьовують при високих тисках $P_3 = 35,2$ МПа..

Являється очевидним, що в процесі обкатки і випробування гідромашини в гідравлічній системі стенда виникають такі ж тиски робочої рідини.

З метою запобігти розриву рукавів високого тиску при випробуванні, проведемо розрахунок діаметру трубопроводу. Розглянемо ділянку

трубопроводу, що має однакову витрату, яка представляє собою трубопровід з установленим в ньому місцевим опором.

Тоді внутрішній діаметр труби можна визначити з виразу.

$$D_m = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{Q}{V}} \quad (3.5)$$

де Q – витрата рідини на ділянці, що розраховується, $\frac{м^3}{с}$;

V – середня швидкість рідини, $\frac{м}{с}$, ($V = 5 \frac{м}{с}$).

Номінальна витрата для об'ємних гідромашин такого класу складає $119,87 \frac{л}{хв}$, ($Q = 0,002 \frac{м^3}{с}$).

Підставляючи значення Q і V в формулу (3.1) отримаємо:

$$D_m = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{0,002}{5}} = 0,02 \text{ м}$$

Одержані значення округляємо до найближчого по ДСТУ 8939:2019, приймаємо $D_m = 25 \text{ мм}$

Визначивши діаметр труби перевіряємо її на розрив по формулі:

$$\sigma_p = \frac{P \cdot D_m}{2 \cdot h} \quad (3.6)$$

де σ_p – допустиме напруження на розрив, для труб із сталі 20 $[\sigma_p] = 400 \dots 500 \text{ МПа}$;

P – максимальний тиск в трубопроводі (тиск спрацювання запобіжного клапана, $P = 35 \dots 36 \text{ МПа}$).

h – товщина стінки труби, ($h = 4 \text{ мм}$).

В нашій конструкції стенду труба не є точно циліндричної форми в таких випадках допустиме напруження необхідно зменшити на 25 %, з урахуванням зменшення $[\sigma_p] = 375 \text{ МПа}$. Запас міцності для труби повинен бути не менший 3.

Підставивши в вираз (3.6) наші значення:

$$\sigma_p = \frac{36 \cdot 25}{2 \cdot 4} = 112,5 \text{ МПа}$$

Одержані значення напруження на розрив в три рази менші допустимого напруження. Умова, $3[\sigma_p] \geq \sigma_p$ виконується.

Проведений розрахунок показав, що в конструкції стенду необхідно використовувати трубу з внутрішнім діаметром 25 мм і товщиною стінки 4 мм.

Об'єм масла в гідробаці не повинен перевищувати двох - трьохкратної подачі насоса підживлення [39]:

$$V_m = Q_H(2..3) \quad (3.7)$$

де Q_H – номінальна подача насоса, л/хв.

Для об'ємних гідромашин приймають номінальну подачу насоса підживлення, яку визначають із виразу [39]:

$$q = 0,001 \cdot q \cdot n_{ном} \quad (3.8)$$

де q – робочий об'єм насоса підживлення, $q = 18 \text{ см}^3$;

$n_{ном}$ – номінальна частота обертання, $n_{ном} = 1450 \text{ хв}^{-1}$.

$$q = 0,001 \cdot 18,0 \cdot 1450 = 26,1 \frac{\text{л}}{\text{хв.}}$$

Тоді об'єм масла в гідробаці дорівнює:

$$V_m = 26,1(2 \dots 3) = 65,3 \text{ л}$$

Таким чином, приймаємо об'єм бака рівним 65 л.

Конструкція стенду вважається працездатною, коли потужність електродвигуна, в змозі забезпечити різні режими роботи гідромашини. [17]

Потужність, яка необхідна для приводу гідроб'ємної трансмісії визначається за формулою:

$$N = \frac{Q \cdot p_p}{60 \cdot 1000 \cdot \eta_z} \quad (3.9)$$

де Q – хвилинна подача гідронасоса, $\text{см}^3/\text{хв}$;

p_p – величина робочого тиску, МПа ;

η_z – загальний КПД трансмісії, $\eta_z = 0,9$;

Подача насосу визначається за формулою:

$$Q = V_p \cdot n_{\text{ном}} \quad (3.10)$$

де V_p – робочий об'єм гідронасосу, см^3 ($V_p = 112 \text{ см}^3$).

$$Q = 112 \cdot 1450 = 162400 \frac{\text{см}^3}{\text{хв.}}$$

Підставляємо значення в формулу (3.9) і одержуємо:

$$N = \frac{162400 \cdot 35}{60 \cdot 1000 \cdot 0,9} = 105 \text{ кВт}$$

Для приводу гідронасосу приймаємо двигун 4А182М4У3, який має потужність 110кВтз синхронною частотою обертання 1500 хв^{-1} .

Для визначення потужності двигуна приводу заправочної станції, яка застосовується для заповнення дренажних ємкостей гідромашин і в цілому дренажної магістралі гідравлічної системи, скористуємося формулою:

$$N_3 = \frac{Q_3 \cdot p_3}{61,2 \cdot \eta} \quad (3.11)$$

де Q_3 – об'ємна подача насоса заправочної станції, л/хв, ($Q_3 = 13,5$ л/хв.);

p_3 – робочий тиск, МПа, ($p_3 = 2,5$ МПа).

$$N_3 = \frac{13,5 \cdot 2,5}{61,2 \cdot 0,92} = 0,7 \text{ кВт},$$

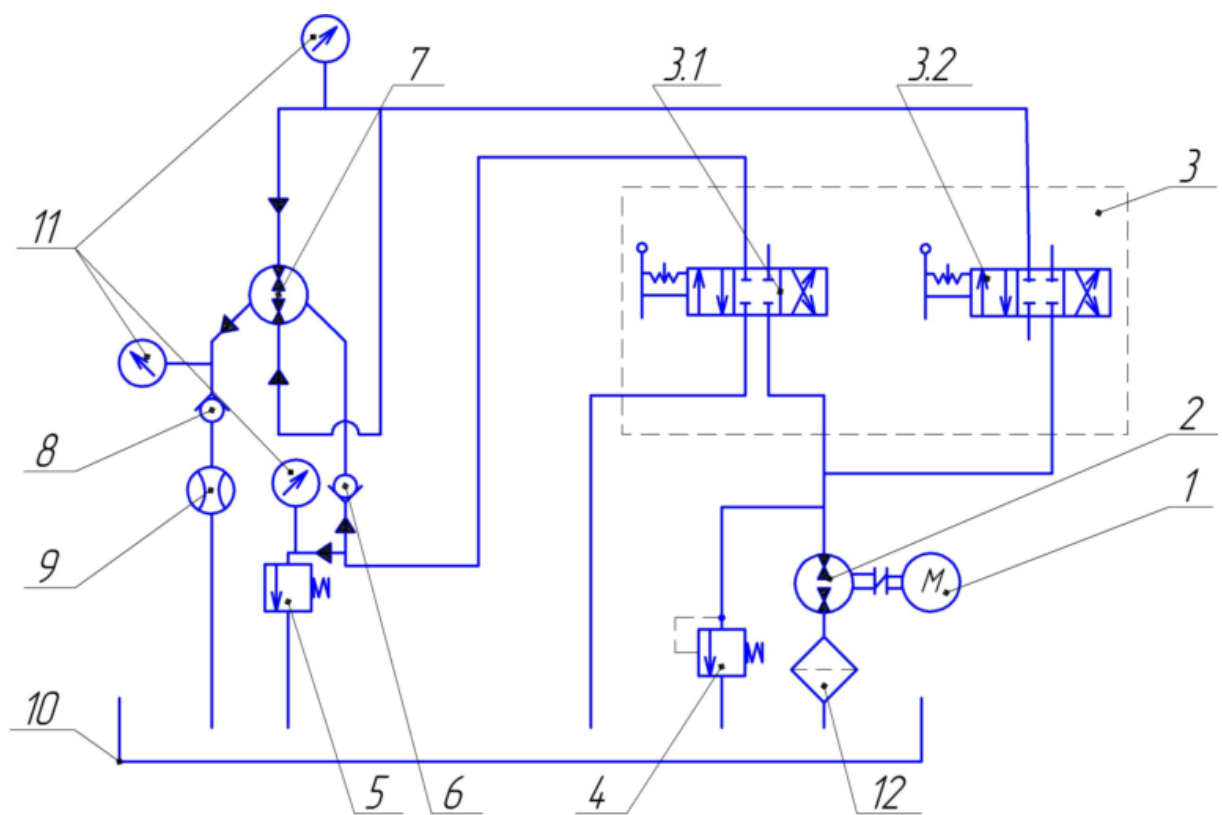
Для приводу насоса приймаємо електродвигун 4A90LY3 потужністю 1,1 кВт з синхронною частотою обертання 1500 хв^{-1} .

Проектування силової установки, для проведення робіт з обкатки та випробовування об'ємних гідравлічних трансмісій, згідно результатів проведених розрахунків забезпечить роботоздатність установки на режимах, які вказуються в технічних вимогах на обкатку та випробовування гідравлічних трансмісій.

3.4 Алгоритм оцінки герметичності гідравлічних машин перед розбиранням

Є очевидним, що розробка технології передремонтного діагностування буде характеризуватися контролем внутрішньої та зовнішньої герметичності агрегатів, які надходять в ремонт. Питання зовнішньої герметичності розглядаються в першу чергу, так як послідуєчі операції алгоритму, пов'язані з контролем внутрішньої герметичності неможливі без забезпечення зовнішньої герметичності. Вона може визначатися в два етапи: візуально

(контроль технічного стану торцевого ущільнення на наявність чітко виражених дефектів) та опресуванням стиснутим повітрям. Після перевірки зовнішньої герметичності агрегати піддаються перевірці внутрішньої герметичності, яка характеризує функціональну залежність між структурними параметрами качаючого вузла та об'ємними втратами робочої рідини, які обумовлюють втрату працездатного стану при ресурсній відмові. Для проведення контролю внутрішньої герметичності розроблено стенд, схема якого представлена на рис.3.2 [17]



Фіз. 1

Рисунок 3.2 - Гідравлічна схема установки для контролю внутрішньої герметичності агрегатів: 1 – електродвигун; 2 – основний насос; 3 – гідророзподільник; 4 – запобіжний клапан магістралі високого тиску; 5 – редукційний клапан дренажної магістралі; 6 – зворотній клапан дренажної магістралі; 7 – агрегат технічний стан якого контролюється; 8 – редукційний клапан дренажної магістралі; 9 – лічильник рідини; 10 – бак гідравлічний; 11 – манометри; 12 – фільтр.

Установка працює наступним чином. Електродвигун 1 приводить в дію основний насос 2, який подає робочу рідину до гідророзподільника 3. При нейтральному положенні золотників секцій гідро розподільника 3 робоча рідина зливається до бака 10. Для перевірки агрегату 7 спочатку включають секцію гідро розподільника 3.1, яка подає робочу рідину до дренажної магістралі тиск в якій обмежується спрацюванням клапана 5 який відрегульовано на тиск $P_d = 0,24 \text{ МПа}$ при цьому створюється замкнутий контур дренажної магістралі, який на вході забезпечується зворотнім клапаном 6 а на виході редукційним клапаном 8 тиск спрацювання якого $P_p = 0,357 \text{ МПа}$. Після чого включають другу секцію гідро розподільника 3.2, яка розподіляє робочу рідину до основних отворів агрегату 7, який контролюється манометром 11, під номінальним тиском $P_n = 21,0 \text{ МПа}$, проводячи таким чином опресування основних деталей рухомих з'єднань качаючого вузла агрегату, перевіряючи їх стан за рахунок витоків робочої рідини через структурні зміни в деталях спряжень. Наявність витоків робочої рідини до корпусу гідроагрегату приводить до зростання тиску в дренажній магістралі і спрацювання редукційного клапана 8. Витоки через редукційний клапан 8 контролюються лічильником рідини 9 і вказують на технічний стан структурних параметрів деталей рухомих з'єднань качаючого вузла перевіряемого агрегату і зливаються до баку 10.

Запропонований спосіб передремонтного діагностування гідравлічних машин застосовується на початкових стадіях технологічного процесу ремонту гідравлічних машин, що дає можливість визначитися з їх дійсним технічним станом і прийняти для їх відновлення ефективні заходи, які можуть зменшити трудомісткість розбирально-складальних або відновлювальних.

Висновки до третього розділу

Розроблена методика визначення обсягу інформації, яка сприймається виконавцем при проведенні розбирально-складальних робіт, на основі фотографії робочих процесів та ергономічного аналізу, дозволяє комплексно оцінити трудомісткість операцій, визначити оптимальне розташування об'єкта ремонту та організувати раціональне робоче місце. Застосування методики фотохронометража забезпечує визначення не лише тривалості основних операцій, а й виявлення резервів скорочення допоміжних операцій, що прямо впливає на продуктивність праці та зменшення утомлення робітників під час виконання технологічних процесів.

Розроблена та обґрунтована конструкція силової установки для обкатки та випробування гідравлічних агрегатів трансмісії ГСТ-90 забезпечує роботоздатність у широкому діапазоні режимів згідно технічних вимог. Проведені теоретичні розрахунки діаметру трубопроводів, обсягу гідробака, потужності електродвигуна та інших параметрів гарантують безпечну експлуатацію установки при робочих тисках до 35,2 МПа та можуть бути впроваджені на спеціалізованих підприємствах для комплексного тестування гідромашин.

Запропонована методика передремонтного діагностування гідравлічних машин, яка базується на контролі внутрішньої та зовнішньої герметичності агрегатів на спеціально розробленому стенді з використанням контрольованого дренажного тиску, дозволяє виявити дійсний технічний стан деталей качаючого вузла на початкових стадіях технологічного процесу ремонту. Цей підхід забезпечує уникнення необґрунтованих розбирань агрегатів, мінімізує матеріальні витрати та дозволяє прийняти обґрунтовані рішення щодо вибору найбільш раціональних відновлювальних операцій.

4 АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ ДАНИХ ТА ПІДТВЕРДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

4.1 Оцінка ремонтнопридатності конструкції аксіально-поршневих гідроагрегатів

Об'єктом дослідження в роботі являються технологічні процеси з ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій мобільних машин. Звідси є очевидним, що конструктивні особливості аксіально-поршневих гідромашин, які являються основними складовими трансмісій, будуть суттєво впливати на показники ремонтнопридатності гідроагрегатів. Як правило, вона закладається на стадії проектування і формується з врахуванням структурної схеми розбирання та складання структурної одиниці.

Розробимо структурну схему розбирання аксіально-поршневого гідромотора (рис.4.1) і визначимо коефіцієнт доступності до деталей.

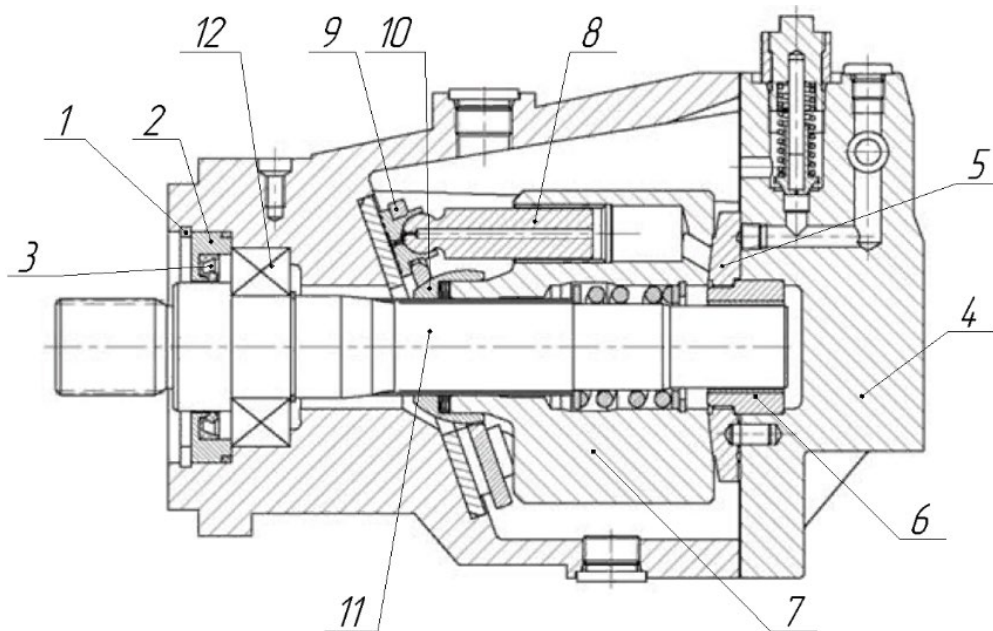


Рисунок 4.1 – Конструкція аксіально-поршневого гідромотора: 1- стопорне кільце; 2- торцеве ущільнення; 3 – ротаційна втулка; 4 – кришка; 5 – розподільник; 6 – підшипник; 7 – блок в зборі; 8 – плунжер; 9 – сепаратор; 10 – втулка сферична; 11 – вал; 12 – підшипник передній

Він визначається за виразом:

$$K_{Дj} = 1 - \frac{x_j^1 - 1}{x_j^1} \quad (4.1)$$

де x_j^1 - сума всіх зняти деталей.

В процесі ремонту аксіально-поршневого гідромотора, як правило основні відновлювальні операції приходяться на качаючий вузол гідромашини і безпосередньо на деталі спряжень: «розподільник-приставне дно», «плунжер-втулка-блоку», «пята плунжера–похила шайба» та безпосередньо на робочі поверхні валу (зношення, змяття шліців, порушення посадки підшипника та ін.) [19]

Для того, щоб добратися до валу гідромотора, нам необхідно зняти деталі, які вказані в структурній схемі на розбирання гідромотора (дод. Б). До них відносяться: стопорне кільце, торцеве ущільнення, втулка ротаційна, кришка, розподільник, підшипник задній, блок в складі, похила шайба. Загальна кількість деталей складає – 8.

Тоді коефіцієнт доступності для валу гідромотора складе:

$$K_{вал.} = 1 - \frac{8 - 1}{8} = 0,125$$

Враховуючи те, що коефіцієнт доступності до валу качаючого вузла аксіально-поршневого гідромотора знаходиться в інтервалі $0 \leq K_{Д} \leq 1$, можна сказати, що він належить до важко доступних деталей.

Водночас вагомість даного показника буде залежати від статистичної оцінки надійності деталі. В першому розділі проведений аналіз показав, що в першу чергу зношуються деталі спряжень «розподільник-пристане дно». Розрахуємо коефіцієнт доступності для розподільника. Згідно схеми на

розбирання нам необхідно зняти чотири деталі (стопорне кільце, торцеве ущільнення, втулка ротаційна, кришка). Звідси коефіцієнт доступності складе:

$$K_{роз.} = 1 - \frac{4 - 1}{4} = 0,25$$

Проведені розрахунки також вказали на важко доступність до розподільника при необхідності його відновлювати ($K_{роз.} = 0,25$). Коефіцієнт доступу до качаючого вузла гідромотора складе $K_{роз.} = 0,20$. Таким чином структурний аналіз аксіально-поршневого гідромотора показав, що коефіцієнт доступності до деталей, які потребують ремонту знаходиться в інтервалі 0,125...0,20, що вказує на конструктивну складність для умов відновлення роботоздатного складу. [20]

Отримані результати показують на актуальність застосування в технологічному процесі ремонту аксіально-поршневих гідромашин операцій передремонтного діагностування, а також ефективним являється забезпечення механізації та зручності проведення розбирально-складальних робіт.

4.2 Підтвердження раціональності діагностичного підходу до сортування ремонтного фонду

Якість ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій на сьогоднішній день являється низькою, а вартість ремонту не відповідає трудовим витратам, що обумовлюється недосконалістю операцій технологічних процесів, які реалізуються на спеціалізованих підприємствах. Про це свідчить і той фактор, що агрегати з різним технічним станом мають однакову вартість ремонту і різну післяремонтну довговічність. Збільшення ресурсу спряжень можливе також за рахунок уникнення необґрунтованих розбиральних робіт та зменшення ймовірності пошкодження деталей при розбиранні агрегатів.

Досягнення останніх заходів можливе за умови проведення передремонтного діагностування.

Контроль технічного стану агрегатів, які поступають до ремонту проводився за методикою, яка наводиться в підрозділі 3.4. Попередньо очищені агрегати проходять органолептичне діагностування по результатам якого перевіряють комплектність агрегатів, наявність ярко виражених дефектів або пошкоджень (розгерметизація торцевого ущільнення, змяття різьбових з'єднань, зношення шліців валів гідромашин, та ін.), які не дозволяють застосовувати до даних агрегатів проведення передремонтного діагностування.

Агрегати трансмісії, які пройшли візуальний контроль установлюються на стенд і проходять випробування. Під час його проведення контролюються параметри технічного стану, які контролюються при обкатці та випробуванні відремонтованих агрегатів. Проведений контроль агрегатів на розробленій установці показав, що близько 60 % агрегатів мають сумарні втрати робочої рідини нижче граничного значення ($Q = 225 \text{ см}^3/\text{с}$) рис. 4.2.

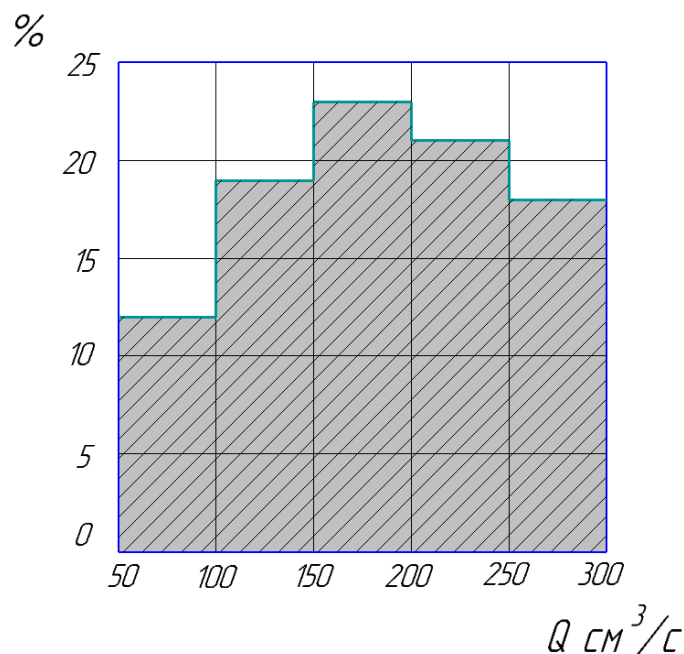


Рисунок 4.2 – Відносні об'ємні витрати робочої рідини в гідроагрегатах (в відсотках від загальної кількості агрегатів) по результатам передремонтного діагностування.

Надходження агрегатів в ремонт, які мають об'ємні втрати робочої рідини, що не досягли граничного стану, пояснюється в деякій мірі тим, що насос і мотор контролюються окремо, що не дозволяє відобразити реальний стан гідротрансмісії в цілому. При цьому втрата робоздатного стану агрегатів трансмісії та надходження їх в ремонт обумовлюється іншими причинами до основних з яких можна віднести: розрегулювання розподільника керування робочим об'ємом гідронасоса; розрегулювання, зношення робочих елементів клапанно-розподільчастих пристроїв; зниження подачі насоса підживлення. Їх відсоткова кількість наводиться на рис.4.3. [21]

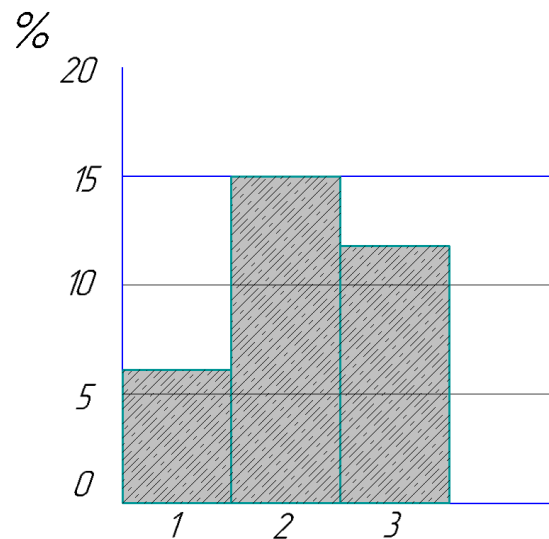


Рисунок 4.3 – Відносна кількість відмов гідроагрегатів (в % до загального числа відмов): 1 – розрегулювання розподільника керування робочим об'ємом гідронасоса; 2 – розрегулювання, зношення робочих елементів клапанно-розподільчастих пристроїв; 3 – зниження подачі насоса підживлення до граничного значення

Аналіз результатів передремонтного діагностування показує, що близько 30 % агрегатів потрапляють в ремонт через розрегулювання розподільчато-клапанних механізмів (золотника управління робочим об'ємом, запобіжних і перепускних клапанів), втрати робоздатності насосу підживлення та інші. Для таких випадків технологія передремонтного

діагностування передбачає проведення ремонтно-регулювальних операцій окремо для розподільника керування робочим об'ємом, насоса підживлення, клапанної коробки та ін. Звідси слідує, що данні агрегати з незначними об'ємними втратами можуть бути відновлені регулювальними операціями, що зменшить загальну трудомісткість ремонтних робіт на 300 люд.-год. на сто агрегатів. [22, 23]

Висновки до четвертого розділу

Проведений структурний аналіз аксіально-поршневого гідромотора встановив, що коефіцієнт доступності до деталей, які потребують ремонту, знаходиться в інтервалі 0,125...0,20, що вказує на конструктивну складність гідроагрегатів. Ці результати обґрунтовують необхідність розроблення спеціалізованої технологічної оснастки для удосконалення розбирально-складальних операцій та підвищення ремонтнопридатності гідромашин. Розроблена технологія передремонтного діагностування, заснована на контролі внутрішньої герметичності деталей качаючого вузла шляхом подання робочої рідини під контрольованим тиском (0,24...0,357 МПа), забезпечує більш точне виявлення функціональної залежності між об'ємними втратами та технічним станом деталей з'єднань.

Експериментальна перевірка розробленої методики на гідроагрегатах ГСТ-90 виявила, що близько 60% агрегатів мають об'ємні втрати робочої рідини, які не досягли граничного значення, а близько 30% можуть бути відновлені регулювальними операціями без необґрунтованого розбирання. Впровадження передремонтного діагностування в технологічний процес ремонту дозволяє значно зменшити трудомісткість робіт (на 300 люд.-год. на сто агрегатів), мінімізувати матеріальні затрати та уникнути пошкодження деталей під час розбирання, що забезпечує підвищення якості ремонту та психологічної довговічності гідравлічних трансмісій мобільної сільськогосподарської техніки.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги до компетентності та персональні засоби безпеки слюсарів при обслуговуванні гідравлічних систем

До самостійної роботи як слюсаря по технічному обслуговуванню й ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій зерно- та кормозбиральних комбайнів допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд і не мають протипоказань для виконання даної роботи, що пройшли спеціальне виробниче навчання (включаючи стажування на робочому місці), інструктаж з безпеки праці та протипожежної безпеки, які пройшли перевірку знань у кваліфікаційній комісії з оформленням протоколу.

Після навчання з охорони праці при прийманні та роботу в подальшому щорічно проводиться перевірка знань робітниками безпечних методів і прийомів робіт, яка оформляється протоколом. Особи, знання яких визнані незадовільними, до роботи не допускаються, вони повинні пройти повторне навчання.

Приступивши до самостійної роботи, слюсар повинен виконувати тільки ту роботу, яка доручена адміністрацією, за умови, що безпечні методи її виконання добре відомо і вивчені. Безпосередній керівник повинен розробити інструкцію з безпеки праці, а робітник повинен її вивчити і дотримуватися при виконанні робіт.

Слюсар повинен утримувати в чистоті і порядку своє робоче місце, пролите масло і інші рідини негайно прибрати. Обтиральні матеріал складати в ящики, призначені для цієї мети. Слюсар повинен виконувати встановлені правила виробничої та особистої гігієни, своєчасно проходити медичні огляди і профілактичні щеплення. Слюсар не повинен працювати без передбачених нормами спецодягу і засобів індивідуального захисту або в несправних засобах захисту. Слюсар не повинен торкатися відкритих рухомих частин

верстата, навіть якщо верстат не працює, не чіпати його рукояток, ременів, шківів, шестірень і кнопок пускових електро-пристроїв. [24]

Небезпечним є наступання на переносні електропроводи на підлозі. Паління дозволяється тільки в спеціально відведених місцях.

Перед початком технічного обслуговування або ремонту комбайна необхідно вивісити на рульове колесо табличку з написом: "Двигун не пускати - працюють люди".

Забороняється приймати на ремонт і технічне обслуговування не очищені від бруду та сміття комбайни.

При роботі з ключами з тарованим зусиллям необхідно слідкувати, щоб зусилля при затягуванні гайок, болтів (гвинтів) на перевищувала величин, зазначених у вимогах креслень, технічних умов, тех. процесів. Не треба допускати зриву ключа з гайки, головки болта.

При виправленні, (рихтуванні) деталей руки захищають від ударів молотком, кувалди і задирок, працювати необхідно в рукавицях.

5.2 Контроль технічного стану обладнання та запобігання аваріям при роботі з гідравлічною системою

До роботи на комбайнах допускаються особи не молодші 18 років, що мають відповідне посвідчення про кваліфікацію. Перед початком збиральних робіт комбайнер і члени екіпажу повинні пройти інструктаж з вимог безпеки на робочому місці з оформленням в журналі.

Не можна переодягатися поблизу рухомих механізмів. Перевірку поля, розбивання його на загінки, проведення прокосів, обкосів проводять тільки в світлий час. Забороняється встановлювати на комбайні додаткові сидіння. Не допускається керування комбайном після вживання алкогольних напоїв.

Перевірити наявність і справність захисних огорожень на ланцюгових, пасових і карданних передачах. При їх відсутності комбайн вважається несправним і працювати на ньому не дозволяється. Перевіряється кріплення

рульової колонки, рульової сошки, повздовжньої і поперечної рульових тяг, наявність і справність шплінтів. Люфт руля не повинен перевищувати 15° . Перевіряється справність і надійність кріплення гальм, моста ведучих коліс, затягування гайок дисків і ободів коліс. Забороняється експлуатація комбайна при відсутності навіть одного болта кріплення дисків чи ободів коліс. Вільний хід педалі гальм, муфти зчеплення повинен бути в межах рекомендованих заводом виготовлювачем. При накачуванні шин необхідно перевірити тиск і доводити до норм рекомендованих заводською інструкцією. Для застереження самовключення передач проводиться регулювання блокуючого механізму. Не допускається експлуатація комбайна при підтіканні масел в гідравлічній системі. Акумуляторні батареї повинні бути надійно закріплені і закриті кришкою, пробки туго затягнуті, клеми покриті тонким шаром технічного вазеліну. При перевірці рівня і щільності електроліту слід берегтися потрапляння його на одяг і тіло. Якщо це сталося, потрібно негайно його змити водою з милом. При готуванні електроліту заливають кислоту в воду. [25]

Відкривати кришку радіатора гарячого двигуна слід в рукавицях і берегтися, щоб паром не опекти лице і руки. При заправці пускового двигуна бензином слід дотримуватися слідуєчи правил: заправку проводити тільки закритим способом; місця залиті етиловим бензином обробляти хлорним вапном; краплі бензину, що потрапили на шкіру, змивати водою з милом; при потраплянні крапель чи парів бензину в очі, необхідно промити їх водою і звернутися до лікаря; перед вживанням їжі обов'язково вимити з милом руки і обличчя.

Перед виконанням робіт під жаткою необхідно перекрити кран гідроциліндрів підйому жатки і застрахувати її надійними підставками. Не можна використовувати для підставок ящики, цеглу, деталі машини і т.д. Очищати ріжучий апарат слід спеціальними чистиками. Заміну ножа проводити при заглушеному моторі. Запасні сегменти ножів повинні бути зв'язані і зберігатися окремо. Переносити ножі слід в рукавицях, тримаючи за тильну частину. Зберігають запасні ножі в дерев'яних чохлах в спеціально

відведеному місці. Везити їх на комбайні забороняється. Під час приєднання корпусу жатки людям не можна знаходитись на похилій камері, а також між камерою і жаткою.

При обслуговуванні молотарки перевіряється кріплення бичів і деки, молотильного барабана комбайна, корпусів підшипників барабана, приймального і відбійного бітерів. Молотильний барабан повинен бути відбалансований, бичі барабана і дека міцно затягнуті.

Перед початком робіт слід перевірити наявність і справність інструменту і пристосувань, засобів протипожежної безпеки, медаптечки, системи сигналізації, освітлення. Отримати завдання і маршрут руху комбайна, вивчити рельєф поля, на якому будуть проводитися збиральні роботи, місця розворотів і переїздів. Впевнитись у відсутності людей на комбайні, подати сигнал, запустити двигун і перевірити роботу всіх механізмів на всіх режимах. Запускати двигун повинен тільки комбайнер. Забороняється запускати комбайн буксируванням чи скорочуванням з гірки. Перед початком руху впевнитись, що це нікому не загрожує дати сигнал і почати рух.

Під час роботи не передавати керування комбайном особам, не закріпленим за даним комбайном. Не допускати знаходження будь-кого, в тому числі і помічника комбайнера на комбайні під час руху. Перевіряти і регулювати робочі органи і механізми, надівати і натягувати паси, ланцюги, усувати несправності, проводити мащення, очищати ріжучий інструмент, молотильний барабан, копнувач і т.п. потрібно тільки при заглушеному двигуні. Перед виконанням цих робіт на рульовому колесі вивішують табличку «Не включати! Працюють люди!» Під час руху комбайна забороняється залишати його без керування. Забороняється керувати комбайном стоячи. Постійно стежити за місцями жатки і барабана, де намотується солома. Очищення проводити спеціальними крючками і обов'язково в рукавицях. При поворотах і розворотах швидкість руху знижувати до 3-4 км на годину. При вивантаженні зерна в машину обслуговуючому персоналу не можна сидіти на бортах автомобіля,

знаходитись під вивантажуючим шнеком, зерна в бункері не можна проштовхувати руками чи ногами для цього необхідно застосовувати дерев'яні лопати. При переїзді від комбайна забороняється стояти в кузові під час руху машини. Під час транспортування зерна забороняється знаходження людей в кузові, в копицях, на валках, біля і під комбайнами, а також на обочинах польових доріг поблизу працюючих агрегатів. Відпочивати можна тільки на спеціально відведеному місці за межами ділянки, де проводиться збирання урожаю. Місце відпочинку повинно бути відмічено видимими віхами, а при настанні темряви – освітлюватися. Під час грози роботу комбайна зупиняють. Після дощу переїжджають через канави, рухаючись вздовж схилів, на поворотах і т.п. слід тільки на першій передачі. [25]

При підготовці комбайна до роботи в нічний час перевіряється справність освітлення, проводиться його регулювання для забезпечення освітлення фронту роботи і робочих органів, перевіряється освітлення щитка вимірювальних приладів. Заправлення комбайнів паливом, водою і маслом для роботи в нічний час проводиться тільки в світлий час. В разі вимушеної заправки в нічний час слід користуватися переносною електролампю або освітленням від іншого комбайна, автомобіля і т.п. Місце відпочинку в нічний час необхідно позначати ліхтарем або іншим джерелом світла.

При перегоні кількох комбайнів, незалежно від відстані перегону, призначається старший по колоні. Перед переїздом через дорогу слід зупинитись і впевнитись у тому, що шлях безпечний і немає поблизу транспорту. При русі по шляхах в денний час кінці жатки позначають попереджуючими червоними прапорцями, а в нічний час – червоними сигнальними лампочками. Вивантажуючий шнек повинен бути встановлений в транспортне положення. При наближенні до охороняемого залізничного переїзду необхідно керуватись попереджуючими знаками «Залізничний переїзд», «Стережись поїзда» сигналами світлофорів звуковими сигналами положенням шлагбаумів та вказівками чергового по переїзду. При закритому положенні шлагбаума чи червоному світлі світлофора – зупинись не ближче 5

м до шлагбаума. При наближенні до неохороняемого залізничного переїзду, знизити швидкість руху. Не доїжджаючи 10 м до найближчої рейки залізничної дороги, зупинись і впевнись у відсутності поїзда. Переїжджати через переїзд слід зі швидкістю 3-4 км/год., при цьому переключати передачу під час руху не дозволяється. Не можна проїжджати під лінією електропередач, якщо відстань від найвищої точки комбайна до електропровода менше 2 м. При русі комбайнів один за одним або за колісним трактором слід витримувати інтервал не менше 30 м. На підйомах і спусках інтервал збільшують до 50 м. Триматися правої сторони і стежити, щоб відстань між зустрічними машинами і крайніми виступами комбайнів була не менше 2 м. Обганяти транспорт, що рухається з швидкістю понад 10 км/год забороняється. При зупинці комбайна ставити його тільки на узбіччі дороги, залишаючи достатньо місця для проїзду. В нічний час габарити комбайна повинні бути позначені червоними лампочками. На спусках і підйомах слід рухатись на першій передачі, на мінімальних оборотах двигуна. Максимально допустимий спуск не повинен перевищувати 15⁰. Під час спуску з гори і при підйомі не можна включати муфту щеплення і переключати передачу. На випадок вимушеної зупинки включати гальма зафіксувати їх в загальмованому стані, під колеса підкласти упори. Рух заднім ходом, а також розвороти і повороти виконувати на малій швидкості, подавши сигнал і впевнившись у відсутності людей на шляху руху. При русі заднім ходом ногу тримати на педалі гальма. Переїжджати вбхід можна тільки у виключних випадках при підготовленому з'їзді в місцях з піщаним дном і при умові, що рівень води в місцях переїзду не перевищує 0,5 м. В'їзд і виїзд повинні бути пологими. Рухатись через бхід слід на першій передачі з постійною швидкістю, без гальмування, зупинок і різкої зміни числа обертів двигуна. При переїздах через мости керуватись установленими біля них знаками вантажопідйомності і шириною проїжджої частини. В тумані, а також під час дощу, при недостатній видимості включати освітлення і періодично подавати звуковий сигнал. При русі по слизькій дорозі проявляти обережність. Не можна різко гальмувати та

міняти напрямок руху. Гальмувати слід плавно, не виключаючи муфти зчеплення. При буксуванні не можна підтримувати і підштовхувати руками чи ногами підкладені під колеса предмети. [25]

При появі сторонніх шумів, диму, несправностей, іскринні електрообладнання, підвищеному нагріві підшипників, редукторів, інших частин негайно зупинити комбайн. При загоранні, по можливості, відвести комбайн від хлібного масиву, подати сигнал пожежної тривоги і приступити до гасіння. На випадок травми вжити заходів по наданню долі карської допомоги потерпілому, при необхідності відправити його в медпункт. Про нещасний випадок негайно повідомити адміністрацію господарства і профкомітету. Місце нещасного випадку слід зберегти непорушним до повного розслідування нещасного випадку. При неможливості його збереження, робиться детальна схема розміщення всіх предметів та самого потерпілого. Після закінчення роботи Поставити комбайн на місце стоянки, опустити жатку, загальмувати і під колеса підкласти упори. Оглянути, почистити комбайн, привести в порядок робоче місце.

Систематично перевіряти щільність з'єднання колектора з головкою двигуна і вихлопною трубою. Не допускати підтікання палива і масла, особливо біля двигуна. Слідкувати, щоб електропроводка була надійно закріплена, не мала провисань і не торкалась рухомих частин комбайна. Не допускати перегріву двигуна. Не заправляти паливний бак комбайна при працюючому двигуні. Не допускати розливання масла і палива. Заправляти комбайн і ставити на стоянку в неробочий час можна тільки на майданчику очищеному від стерні, сухої трави і т.д. Стоянка комбайнів повинна розміщуватися не ближче 80-100 м від жилих приміщень, хлібних масивів. Відстань між комбайнами повинна бути не менше 10 м. Заправку комбайна в полі дозволяється проводити тільки закритим способом. Забороняється використовувати відра, лійки та інший інвентар, що не забезпечує закритої заправки. Швидкість руху заправ очного агрегату при під'їзді до комбайна не повинна перевищувати 5 км на годину. Заправочний агрегат слід зупиняти не

ближче 3 м від комбайна. Забороняється мати на комбайні додаткові ємності з паливо-мастильними матеріалами. При заправленні і замірі рівня палива не можна користуватися відкритим вогнем. Пробки паливних баків не можна відкривати ударами металічних предметів. Зварювальні роботи з загінці проводити тільки при крайній потребі. При цьому слід розчистити майданчик від стерні. Комбайн, особливо двигун і електропроводку, вали прийомних і відбійних бітерів, транспортерів необхідно очищати від молодистої маси. Вивчити будову і вміти користуватися вогнегасником. На вогнегасник не можна вішати одяг, класти зайві речі. Поблизу агрегатів не можна розпалювати вогнищ. На комбайнах і біля них (на стерні, на полі, на якому не зібраний урожай, біля валків, копиць соломи і т.д.) не можна курити.

5.3 Обґрунтування обсягів аварійних запасів води для ліквідації техногенних пожеж

Визначити об'єм недоторканого протипожежного запасу води в резервуарах для підприємства, яке характеризується такими даними [26]:

- площа території – 5 га;
- будівлі, для яких планується вода на пожежогасіння:
- витрата води на господарсько-питні потреби становить 1,0 л/с;
- витрата води на виробничі потреби дорівнює 4,0 л/с;
- будівлі обладнані внутрішніми пожежними кранами і спринклерними системами.

Склад будівель, для яких планується вода для пожежогасіння, і їх характеристики наводяться в таблиці 5.1.

Розрахунок.

1. Визначаємо розрахункову витрату води на зовнішнє пожежогасіння на одну пожежу q_{zn} для кожної з будівель окремо:

$$\text{№ 1} - q_{zn} = 10 \text{ л/с}; \quad \text{№ 2} - q_{zn} = 5 \text{ л/с}; \quad \text{№ 3} - q_{zn} = 10 \text{ л/с};$$

Для розрахунку найбільша витрата води – 10 л/с.

Таблиця 5.1 – Характеристика будівель, для яких планується вода для пожежогасіння

Назва будівлі	Ступінь вогнестійкості будівлі	Категорія виробництва з пожежної небезпеки	Об'єм будівлі, тис. м ³
Ремонтна майстерня	I	В	7
Склад паливо-мастильних матеріалів	II	В	2
Адміністративна будівля	III	Д	1

2. Норма витрати води на одну пожежу на внутрішнє пожежогасіння згідно з ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013 [47], $q_{en} = 5 \text{ л / с.}$

3. Норма витрати води на спринклерну установку згідно з ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013 [47], $q_{cnp} = 30 \text{ л / с.}$

4. Оскільки площа території підприємства менше 150 га, то $n=1$ – одночасна кількість пожеж.

Об'єм недоторканого протипожежного запасу води в резервуарах, користуючись формулою:

$$Q_{н.н.з.} = (q_{zn} + q_{en}) \cdot 3 \cdot \frac{3600}{1000} + q_{cnp} \cdot 3 \cdot \frac{3600}{1000} + (q_{зосп.шт} + q_{вир}) \cdot 3 \cdot \frac{3600}{1000}, \quad (5.1)$$

$$Q_{н.н.з.} = 3,6(10 + 5) \cdot 3 + 3,6 \cdot 30 \cdot 3 + 3,6 \cdot (1 + 4) \cdot 3 = 162 + 324 + 54 + 540 \text{ м}^3$$

Отже об'єм недоторканого протипожежного запасу води в резервуарах повинен бути 540 м³.

5.4 Порядок забезпечення готовності до надзвичайних умов та процедури розповсюдження сигналів тривоги

Об'єктові системи оповіщення створюються і функціонують на об'єктах підвищеної небезпеки, об'єктах з масовим перебуванням людей, в інтернатних закладах (для дітей, осіб з фізичними, психічними, інтелектуальними та сенсорними порушеннями, осіб похилого віку), закладах охорони здоров'я, які мають ліжковий фонд, пенітенціарних установах, на підприємствах, в установах і організаціях УТОСу та УТОГУ, на інших підприємствах, в установах і організаціях, що надають послуги особам з інвалідністю та маломобільним групам населення, визначених місцевими органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування, або за місцем роботи зазначених осіб, на промислових підприємствах, вузлових залізничних станціях, у шахтах, місцях збереження небезпечних речовин, на яких зона можливого ураження у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій не поширюється за їх територію. [27]

Об'єктові системи оповіщення забезпечують оповіщення керівників та інших працівників об'єкта, осіб, які постійно або тимчасово перебувають на території об'єкта або в його охоронних зонах, про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій.

До складу об'єктової системи оповіщення входять спеціалізовані технічні засоби попередження та інформування населення в місцях масового перебування людей та інші технічні засоби оповіщення.

Між об'єктами, де функціонують спеціальні, локальні та об'єктові системи оповіщення, та оперативно-черговою (черговою) службою місцевих органів виконавчої влади (органів місцевого самоврядування) керівником об'єкта організовується безпосередній телефонний зв'язок.

Доведення сигналів, повідомлень про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій до населення, а також інформування здійснюється:

– через ПАТ “Національна суспільна телерадіокомпанія України”, державні і публічні телерадіокомпанії, комунальні, громадські та інші телерадіоорганізації незалежно від форми власності з використанням їх телемереж та мереж ефірного радіомовлення (із супроводженням інформації жестовою мовою та/або субтитруванням, якщо вона є голосовою, і аудіокоментуванням, якщо вона є візуальною);

– через операторів телекомунікацій із залученням телекомунікаційних мереж загального користування (телефонний зв’язок, текстові повідомлення);

– через Інтернет-ресурси (сайти, соціальні мережі).

Для передачі сигналів та повідомлень оповіщення використовуються сигнально-гучномовні пристрої, у тому числі встановлені на транспортних засобах, що залучаються для оповіщення, електронні інформаційні табло, електросирени та інші технічні засоби.

Під час оповіщення населення необхідно передбачати обов’язкове доведення сигналів і повідомлень до осіб з фізичними, психічними, інтелектуальними та сенсорними порушеннями, керівників підприємств, установ і організацій УТОСу та УТОГу, інших підприємств, установ і організацій, що надають послуги особам з інвалідністю та маломобільним групам населення, визначених місцевими органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування, або за місцем роботи зазначених осіб (у доступній для них формі), керівників інтернатних закладів, закладів охорони здоров’я, які мають ліжковий фонд, пенітенціарних установ.

Для привернення уваги перед доведенням інформації до населення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайної ситуації передається попереджувальний сигнал “Увага всім”, а саме: уривчасте звучання електросирен, часті гудки транспорту, зокрема у запису мережами радіомовлення та через вуличні гучномовні пристрої.

Тривалість звучання попереджувального сигналу становить три - п’ять хвилин. Після попереджувального сигналу здійснюється трансляція телерадіомережами відповідних повідомлень про загрозу виникнення або

виникнення надзвичайної ситуації із супроводженням інформації жестовою мовою та/або субтитруванням, якщо вона є голосовою, і аудіокоментуванням, якщо вона є візуальною. [27]

Повідомлення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій готуються ДСНС, місцевими органами виконавчої влади (органами місцевого самоврядування), керівниками підприємств, установ і організацій, де створено систему оповіщення, державною мовою.

Зазначені повідомлення повинні містити інформацію про характер та місце загрози виникнення або виникнення надзвичайної ситуації, можливу зону надзвичайної ситуації, заходи безпеки.

Тексти повідомлень записуються на окремих електронних або оптичних носіях інформації та дублюються в паперовому вигляді.

Тривалість звучання повідомлень, що передаються технічними засобами мовлення, повинна становити не менше п'яти хвилин, у разі потреби вони повторюються через кожні 10-15 хвилин.

Пакети з паролями і відгуками для інформування населення через телерадіомережі зберігаються в оперативно-чергових службах на пунктах управління Ради міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київської та Севастопольської міських держадміністрацій, чергових службах органів місцевого самоврядування, інших чергових (диспетчерських) службах, що організують оповіщення, а також радіотрансляційних вузлах операторів телекомунікацій і апаратних телерадіоорганізацій незалежно від форми власності, що залучаються до оповіщення.

Пакети з паролями і відгуками для запуску систем автоматизованого виклику або електросирен зберігаються в оперативно-чергових службах на пунктах управління Ради міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київської та Севастопольської міських держадміністрацій, чергових службах органів місцевого самоврядування, інших чергових (диспетчерських) службах, що організують оповіщення, а також центрах управління мережами операторів телекомунікацій, які здійснюють оповіщення.

Електронні, оптичні носії інформації та друковані тексти повідомлень про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій зберігаються в запечатаних пронумерованих контейнерах (тубусах).

Перший комплект носіїв інформації та друкованих текстів повідомлень, що передаються автоматизованими системами централізованого оповіщення, зберігається в оперативно-чергових службах на пунктах управління Ради міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київської та Севастопольської міських держадміністрацій, чергових службах органів місцевого самоврядування, другий комплект - на радіотрансляційних вузлах і в апаратних телерадіоорганізацій незалежно від форми власності, інших чергових (диспетчерських) службах, залучених до оповіщення (на робочих місцях чергових (диспетчерів) об'єктів підвищеної небезпеки, підприємств, установ, організацій, закладів охорони здоров'я, навчальних закладів, торговельно-розважальних комплексів тощо).

Телерадіоорганізації незалежно від форми власності та радіотрансляційні вузли операторів телекомунікацій оприлюднюють повідомлення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій, а також іншу інформацію з питань цивільного захисту (відомості про надзвичайні ситуації, що прогноуються або виникли, межі їх поширення і наслідки, а також способи та методи захисту від них) на безоплатній основі.

Висновки до п'ятого розділу

Розроблена система заходів з охорони праці при ремонті агрегатів гідравлічних трансмісій сільськогосподарської техніки передбачає комплексний підхід до безпеки персоналу на всіх етапах роботи. Встановлені вимоги до допуску працівників з обов'язковим медичним обстеженням, спеціальним виробничим навчанням та постійною перевіркою знань створюють надійний фундамент для безпечного виконання високотехнологічних операцій. Чітке дотримання правил при роботі з

інструментом, захисними засобами та взаємодії з рухомими механізмами, а також ретельна підготовка комбайнів перед експлуатацією забезпечує мінімізацію ризику травмування та професійних захворювань на виробництві.

Розраховані об'єми протипожежного запасу води в резервуарах та розроблена система оповіщення населення про надзвичайні ситуації є невід'ємними компонентами загальної безпеки виробничого об'єкта. Запропоновані процедури контролю та регулярної перевірки технічного стану обладнання, система запобігання несанкціонованому включенню механізмів, а також налагоджені канали оперативної комунікації гарантують ефективний захист як окремих робітників, так і всього персоналу підприємства. Впровадження цієї комплексної системи охорони праці в виробничий процес ремонту гідравлічних трансмісій сприятиме істотному підвищенню культури безпеки та значному зниженню показників виробничого травматизму на підприємстві.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розрахунок техніко-економічних показників проведених досліджень з розроблення та обґрунтування параметрів технологічної оснастки для ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій необхідно проводити не тільки з врахуванням економічного ефекту від впровадження нового обладнання або технології але і враховувати вплив ергономічних заходів на продуктивність праці і ефективність виробництва.

Економічна оцінка проектних рішень по удосконаленню технології і організації виробничого процесу з ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій ГСТ-90 буде визначатися на основі показників роботи спеціалізованого відділення з капітального їх ремонту, по рівню планового прибутку та рентабельності виробництва ремонтних робіт, а також терміну окупності додаткових капіталовкладень. [28]

В процесі проектування рекомендується технологічне перепланування спеціалізованого відділення з ремонту агрегатів гідравлічних трансмісій (ГСТ-90). До існуючого обладнання добавлене нове (запроектовано універсальну конструкцію стенда для ремонту, обкати та діагностування агрегатів ГСТ-90), що обумовило зміни в загальному технологічному процесі проведення ремонтних робіт. [29]

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 основного та допоміжного обладнання.

Для впровадження розробленої технології ремонту агрегатів ГСТ - 90 необхідно застосувати додаткове основне обладнання, яке наводиться в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Марка та вартість додаткового та основного обладнання

№ п/п	Найменування обладнання	Тип, марка	К-ть	Вартість, грн.
1	Стенд для ремонту, діагностування і обкатки ГСТ - 90	Розроблена конструкція	1	35 000
2	Оснастка технологічна	ОРГ-1461-А	1	10 000
	Всього	-	2	45 000

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

Таблиця 6.2. - Вихідні данні для розрахунку проекту

Показники	Значення показників	
	базові	проектні
Річна програма ремонту, шт.	400	600
Кількість слюсарів-ремонтників, осіб	1	2
Середньомісячна заробітна плата робітника, грн.	18000	18000
Вартість діючого обладнання для проведення ремонту, грн.	180000	180000
Вартість придбаного обладнання, грн.	-	156000
Річні витрати електроенергії, кВт/год	16000	20000
Ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн.	5,7	5,7
Вартість од. ремонту, грн.	2000	2000

Для проведення економічної оцінки роботи необхідно визначити наступні показники [36,37]:

1. Вартість проведених ремонтів.

Вартість проведених ремонтів розраховується з врахуванням річної програми ремонтів насосів та вартості одного ремонту за виразом:

$$B_P = \eta \cdot B_{OP}, \quad (6.1)$$

де η^B, η^P - відповідно базова і проектна річна програма ремонту ($\eta^B = 400_{рем.}, \eta^P = 600_{рем.}$);

V_{OP} - вартість одного ремонту, грн.;

$$V_P^B = 400 \cdot 2000 = 800000 \text{ грн.}$$

$$V_P^I = 600 \cdot 2000 = 1200000 \text{ грн.}$$

2. Експлуатаційні витрати (ЕВ) визначаються за виразом [28]:

$$EB = ЗП + A + V_{EЛ} + V_{PEM} + IB, \quad (6.2)$$

де $ЗП$ – заробітна плата з нарахуванням, грн.;

A – амортизаційні відрахування, грн.;

$V_{EЛ}$ – вартість електроенергії, грн.;

V_{PEM} – витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування приміщення та обладнання, грн.;

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

$$ЗП = ЗП_{CP} \cdot K_{ПР} \cdot 12 + ЗП_H, \quad (6.3)$$

де $ЗП_{CP}$ – середньомісячна заробітна плата робітника, грн.
($ЗП_{CP}^B = ЗП_{CP}^I = 18000 \text{ грн.}$);

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

$ЗП_H$ – нарахування на зарплату, грн. ($ЗП_H = 0,195 \cdot ЗП$).

$$ЗП^B = 18000 \cdot 1 \cdot 12 = 216000 \text{ грн.}$$

$$ЗП^I = 18000 \cdot 2 \cdot 12 = 432000 \text{ грн.}$$

Відповідно нарахування на зарплату визначаються:

$$ЗП_H^B = 0,195 \cdot 216000 = 42120 \text{грн.}$$

$$ЗП_H^П = 0,195 \cdot 432000 = 84240 \text{грн.}$$

Тоді заробітна плата з нарахуваннями буде становити:

$$ЗП^B = 216000 + 42120 = 258120 \text{грн.}$$

$$ЗП^П = 432000 + 84240 = 516240 \text{грн.}$$

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

Витрати на амортизацію обладнання розраховуються за формулою [29]:

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

де B_{OB} – балансова вартість обладнання, грн.(для базового варіанта $B_{OB}^B = 180000 \text{грн.}$, для проектного $B_{OB}^П = B_{OB}^П + B_{OB}^B = 156000 + 180000 = 336000 \text{грн.}$);

H_A – норма амортизації, % ($H_A = 15\%$).

$$A_{OB}^B = \frac{180000 \cdot 15}{100} = 27000 \text{грн.}$$

$$A_{OB}^П = \frac{336000 \cdot 15}{100} = 50400 \text{грн.}$$

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. ($B_B = 1200000$ грн., як для базового так і для проектного варіанту);

H_B – нормативний коефіцієнт амортизаційних відрахувань на приміщення, ($H_B = 10\%$).

Тоді

$$A_B = \frac{1200000 \cdot 10}{100} = 120000 \text{ грн.}$$

Загальна вартість амортизаційних відрахувань складе [30]:

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

Тоді для базового варіанту

$$A^B = 27000 + 120000 = 147000 \text{ грн.}$$

і проектного

$$A^I = 50400 + 120000 = 170400 \text{ грн.}$$

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:

$$V_{EL} = Q_{EL} \cdot C_{ELP} \quad (6.7)$$

де $Q_{EЛ}$ - річні витрати електроенергії, $\frac{\text{кВт}}{\text{год.}}$ (для базового варіанту $Q_{EЛ}^B = 16000 \frac{\text{кВт}}{\text{год.}}$, для проектного варіанту $Q_{EЛ}^П = 20000 \frac{\text{кВт}}{\text{год.}}$);
 $C_{EЛ}$ - ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн. ($C_{EЛ} = 5,7 \text{ грн.}$).

$$B_{EЛ}^B = 16000 \cdot 5,7 = 91200 \text{ грн.}$$

$$B_{EЛ}^П = 20000 \cdot 5,7 = 114000 \text{ грн.}$$

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

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

Тоді

$$B_{рем}^B = \frac{147000 \cdot 30}{100} = 44100 \text{ грн.}$$

$$B_{рем}^П = \frac{170400 \cdot 30}{100} = 51120 \text{ грн.}$$

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

$$ІВ = \frac{(3П + А + B_{EЛ} + B_{РЕМ}) \cdot 3}{100}, \quad (6.9)$$

$$ІВ^B = \frac{(258120 + 147000 + 91200 + 44100) \cdot 3}{100} = 16212,6 \text{ грн.}$$

$$IB^{\Pi} = \frac{(516240 + 170400 + 114000 + 51120) \cdot 3}{100} = 25552,8 \text{ грн.}$$

Тоді експлуатаційні витрати згідно виразу (6.2) складуть:

$$EB^B = 258120 + 147000 + 91200 + 44100 + 16212,6 = 556632,6 \text{ грн.}$$

$$EB^{\Pi} = 516240 + 170400 + 114000 + 51120 + 25552,8 = 877312,8 \text{ грн.}$$

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

$$ПС = EB \cdot 1,02, \quad (6.10)$$

$$ПС^B = 556632,6 \cdot 1,02 = 567765,25 \text{ грн.}$$

$$ПС^{\Pi} = 877312,8 \cdot 1,02 = 894859,06 \text{ грн.}$$

4. Загальний прибуток (П) визначиться за виразом [28]:

$$П = V_{\Pi P} - ПС, \quad (6.11)$$

$$П^B = 800000 - 567765,25 = 232234,75 \text{ грн.}$$

$$П^{\Pi} = 1200000 - 894859,06 = 305140,94 \text{ грн.}$$

5. Рівень рентабельності (Р) буде дорівнювати:

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

$$P^B = \frac{232234,75}{567765,25} \cdot 100\% = 40,9\%$$

$$P^{\Pi} = \frac{305140,94}{894859,06} \cdot 100\% = 34,1\%$$

6. Додаткові капітальні вкладення (Б) визначаються:

$$B = B_{\Pi P} - B_D, \quad (6.13)$$

де $B_{\Pi P}$ - вартість обладнання придбаного і діючого, грн.,
($B_{\Pi P} = 336000$ грн.);

B_D - вартість діючого обладнання, грн.,($B_D = 180000$ грн.).

$$B = 336000 - 180000 = 156000 \text{грн.}$$

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

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

$$E_p = 305140,94 - 232234,75 = 72906,19 \text{грн.}$$

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

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

$$T_o = \frac{156000}{72906,19} = 2,14 \text{року}$$

Основні результати розрахунку представлені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 - Техніко-економічні показники впроваджуваного проекту

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид робіт	Кап. ремонт	Кап. ремонт
Обсяг робіт, од.	400	600
Кількість основних робітників, осіб	1	2
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн.	-	156000
Експлуатаційні витрати всього, грн.:	556632,6	877312,8
- заробітна плата з нарахуваннями, грн.	258120	516240
- амортизаційні відрахування, грн.	147000	170400
- вартість електроенергії, грн.	91200	114000
- витрати на ПР та ТО, грн.	44100	51120
- інші витрати, грн.	16212,6	25552,8
Повна собівартість продукції, грн.	567765,25	894859,06
Загальний прибуток, грн.	232234,75	305140,94
Річний економічний ефект, грн.	-	72906,19
Термін окупності додаткових вкладень, років	-	2,14

Висновки до шостого розділу

Техніко-економічна оцінка результатів проведених досліджень демонструє суттєву економічну доцільність впровадження розробленої технологічної оснастки для ремонту гідравлічних агрегатів ГСТ-90. При додаткових капіталовкладеннях у розмірі 156 тис.грн., річний економічний ефект становить 72 906 грн. з терміном окупності 2,14 років, що свідчить про прибуткове вкладення. Проектний варіант забезпечує збільшення річного прибутку з 232 234,75 грн. до 305 140,94 грн., при цьому рентабельність виробництва становить 34,1%, що підтверджує ефективність запропонованих організаційно-технічних рішень та обґрунтованість впровадження універсального стенду для діагностики, ремонту та обкатування гідроагрегатів на спеціалізованих підприємствах ремонтного сервісу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. Проведений аналіз показав, що близько 30% всіх відмов сільськогосподарської техніки припадає на агрегати гідравлічних трансмісій, а середній наробіток до відмови складає 79,9-78,6 годин, що свідчить про недостатньо високу експлуатаційну надійність. Основними причинами відмов є порушення технології виготовлення деталей качаючого вузла, низька якість закріплення рукавів, недостатня затяжка з'єднань та неправильна експлуатація. Крім того, відновлення роботоздатності гідроприводу при раптовій відмові пов'язане зі значними витратами, оскільки спеціалізовані підприємства розташовані на великих відстанях, а демонтаж і монтаж приводить до забруднення та втрат робочої рідини, що обумовлює необхідність розроблення науково-обґрунтованих заходів щодо удосконалення технологічних процесів ремонту на спеціалізованих підприємствах.

2. Розроблена конструкція універсального пересувного стенду для діагностики, ремонту та обкатування агрегатів ГСТ-90 дозволяє знизити трудомісткість розбирально-складальних робіт на 30%, збільшити якість ремонтних робіт на 15-20% за рахунок можливості обертання гідроагрегатів у горизонтальних та вертикальних площинах, а також на 35% знизити трудомісткість підготовчих операцій. Враховуючи людино-орієнтовані параметри проектування та ергономічні принципи організації робочого місця, конструкція забезпечує комфортне розташування об'єкта ремонту в зручному положенні, що суттєво підвищує продуктивність праці та якість виконання операцій.

3. Розроблена методика передремонтного діагностування на основі контролю внутрішньої герметичності дозволяє визначити дійсний технічний стан агрегатів без необґрунтованого розбирання, що попереджує надходження справних гідромашин до ремонту та позбавляє від непотрібних витрат. Застосування опресування качаючих вузлів під тиском 21 МПа з контролем

витоків з дренажних отворів дає можливість об'єктивно оцінити технічний стан деталей спряжень та прийняти обґрунтоване рішення про необхідність ремонту або обкатування агрегатів.

4. Проведений аналіз стійкості пересувного стану за допомогою модифікованого коефіцієнта стійкості та визначення центру і радіусу сталості підтвердив надійність конструкції при виконанні розбирально-складальних робіт з можливістю змінювання маси ремонтуємого об'єкта та впливу змінних навантажень. Розроблена методика оцінки впливу ергономічних показників на часові показники трудової діяльності в системі «людина-машина» забезпечує науково обґрунтовані норми праці на ремонтних операціях.

5. Експериментальні дослідження показали позитивний вплив удосконаленої конструкції стану на зниження втомлюваності робітників, підвищення точності виконання операцій та скорочення часу розбирально-складальних робіт. Порівняльний аналіз традиційних методів та запропонованої конструкції підтвердив ефективність впровадження універсального пересувного стану для комплексного обслуговування гідроагрегатів як на великих спеціалізованих підприємствах, так і на дільницях господарств, де проводиться власний ремонт техніки.

6. Техніко-економічна оцінка розроблених рішень демонструє суттєву економічну доцільність впровадження універсального пересувного стану для діагностики, ремонту та обкатування гідравлічних агрегатів ГСТ-90. При додаткових капіталовкладеннях у розмірі 156 тис. грн., річний економічний ефект становить 72 906 грн. з терміном окупності 2,14 років. Проектний варіант забезпечує збільшення річного прибутку з 232 235 грн. до 305 141 грн., при рентабельності виробництва 34,1%, що підтверджує ефективність запропонованих організаційно-технічних рішень та обґрунтованість їх впровадження на спеціалізованих підприємствах ремонтного сервісу.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.
2. Гідравліка: підручник / В. Г. Рябець та ін. Київ : ЦП «Компринт», 2024. 420 с.
3. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки. Кн. 1 : Трактори : підручник / А. Ф. Головчук, В. Ф. Орлов, О. П. Строков. Київ : Грамота, 2022. 336 с.
4. Технічний сервіс в АПК : навч. посіб. / за ред. В. Я. Чабанного. Київ : Аграрна освіта, 2021. 456 с.
5. Marrs J. Hydraulic System Reliability and Safety. New York : Momentum Press, 2022. 210 p.
6. Надійність сільськогосподарської техніки : підручник / М. І. Черновол та ін. 2-ге вид. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. 380 с.
7. Akhtar S. Hydrostatic Transmissions and Actuators: Operation, Modelling and Applications. 2nd ed. Chichester : Wiley, 2023. 410 p.
8. Zhu Z. Multi-objective optimization of design parameters for tractor hydro-mechanical CVT. Scientific Reports. 2025. Vol. 15. Art. 8942.
9. Організація виробничих процесів на ремонтних підприємствах : підручник / І. В. Лоєнко. Харків : ХНАДУ, 2021. 310 с.
10. Bridger R. S. Introduction to Human Factors and Ergonomics. 5th ed. Boca Raton : CRC Press, 2023. 600 p.
11. Основи ергономіки в агроінженерії : посібник / В. П. Олексієнко. Полтава : ПДАА, 2021. 180 с.
12. Проектування дільниць ремонту машин : довідник / О. М. Василенко. Житомир : ЖНАЕУ, 2022. 210 с.

13. Melyantsov P. Substitution of controlling structural parameters of axial-piston hydraulic machines for repair conditions. *European Science*. 2025. Vol. 2, No. 38. P. 6–15.
14. Проектування технологічного оснащення : підручник / В. І. Кирилович. Житомир : ЖДТУ, 2021. 450 с.
15. Гідравлічні та пневматичні пристрої: розрахунок і проектування : навч. посіб. / О. М. Яхно. Київ : КПІ, 2022. 320 с.
16. Jelali M. *Hydraulic Servo-systems: Modelling, Identification and Control*. London : Springer, 2021. 380 p.
17. Козлов Л. Г., Немчук О. М. Експериментальний стенд для визначення характеристик гідроприводів з пропорційним керуванням. *Вісник ВНТУ*. 2025. № 1. С. 56–64..
18. Zhang H. Design and simulation of a hydraulic test bench with energy recovery. *Journal of Cleaner Production*. 2024. Vol. 410. Art. 137201.
19. Планування експерименту та обробка даних : навч. посіб. / І. В. Коробко. Київ : КПІ, 2021. 210 с.
20. Метрологічне забезпечення випробувань гідроприводів : монографія / В. О. Павлов. Вінниця : ВНТУ, 2022. 180 с.
21. Antony J. *Design of Experiments for Engineers and Scientists*. 3rd ed. Amsterdam : Elsevier, 2023. 260 p.
22. Основи наукових досліджень в інженерії : посібник / О. М. Литвин. Харків : НТУ «ХПІ», 2021. 240 с.
23. Youssef W. Experimental analysis of pressure pulsations in hydraulic lines. *Journal of Fluids Engineering*. 2024. Vol. 146. Art. 041205.
24. Охорона праці в галузі машинобудування : підручник / О. І. Запорожець. Київ : КПІ, 2022. 380 с.
25. Безпека праці при ремонті сільськогосподарської техніки : посібник / В. П. Ткачук. Львів : Афіша, 2021. 220 с.
26. Пожежна безпека на виробництві : довідник / Є. О. Романенко. Київ : Основа, 2020. 250 с.

27. Цивільний захист та техногенна безпека : навч. посіб. / С. І. Осипенко. Харків : НУЦЗУ, 2021. 290 с.
28. Економіка підприємства: розрахунок ефективності проектів : підручник / С. В. Мочерний. Київ : Знання, 2021. 410 с.
29. Бізнес-планування в аграрній сфері : посібник / В. Г. Андрійчук. Київ : КНЕУ, 2022. 320 с.
30. Ефективність інвестицій в технічне переоснащення : монографія / Т. О. Власенко. Харків : ХНЕУ, 2021. 230 с.