

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«__» _____ 2026 р.
Зав. кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)
Володимир ДІДУР
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)

(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення технології ремонту гідравлічної системи автотракторної
техніки з розробкою інструментального забезпечення відновлення деталей
гідророзподільника»

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-з-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Бомко Віталій Миколайович
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Петриченко Є.А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 Факультет інженерних технологій та професійної освіти
 Кафедра агроінженерії

Освітня програма _____ «Бакалавр»
 Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія»
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Володимир ДІДУР
 «__» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

_____ Бомку Віталію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Удосконалення технології ремонту гідравлічної системи автотракторної техніки з розробкою інструментального забезпечення відновлення деталей гідророзподільника»

керівник проекту Петриченко Євгеній Анатолійович, к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 01 ” _____ травня _____ 2026 р. № 01-06/130

2. Строк подання студентом проекту _____ 18.05.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту: загальна характеристика гідравлічних систем автотракторної техніки; основні несправності гідравлічної системи та гідророзподільника.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз стану досліджуваного питання; експериментальні дослідження; питання охорони праці; техніко-економічне обґрунтування проекту.

5. Ілюстративний матеріал: підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: мета і завдання дослідження; технологічний процес відновлення деталей гідророзподільника; робоче креслення хонінгувальної головки; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 26 вересня 2025 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	15.10.2025 р.	
2.	Розділ 1. Технологічні основи ремонту (відновлення) конструктивних елементів машин	19.11.2025 р.	
3.	Розділ 2. Конструкторсько-технологічний розділ	18.12.2025 р.	
4.	Розділ 3. Охорона праці	12.02.2026 р.	
5.	Розділ 4. Техніко-економічна частина	09.03.2026 р.	
6.	Виконання ілюстративної частини проекту	15.04.2026 р.	
7.	Представлення проекту керівнику на перевірку	18.05.2026 р.	

Студент

(підпис)Бомко В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)Петриченко Є.А.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РЕМОНТУ (ВІДНОВЛЕННЯ) КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН	5
1.1 Загальна характеристика гідравлічних систем автотракторної техніки.....	5
1.2 Основні несправності гідравлічної системи та гідророзподільника.....	5
1.3 Технологічний процес ремонту гідравлічної системи	7
1.4 Дефектація деталей гідророзподільника.....	8
1.5 Способи відновлення деталей гідророзподільника	8
2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	10
2.1 Схема та технологічна послідовність розбирання гідророзподільника Р80-3/1-222 . 10	
2.2 Технологічний процес відновлення деталей гідророзподільника	11
2.3 Удосконалення технологічного процесу ремонту гідророзподільника	20
2.4 Вибір режимів обробки і нормування операцій.....	22
2.5 Обґрунтування необхідності розробки технологічного оснащення	27
2.6 Призначення та область застосування	29
2.7 Опис і будова пропонуємої хонінгувальної головки.....	29
2.8 Порядок використання головки	30
2.9 Інженерні розрахунки пристосування.....	31
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	33
3.1 Загальні вимоги охорони праці під час ремонту гідравлічних систем.....	33
3.2 небезпечні та шкідливі виробничі фактори	33
3.3 Організація безпечного робочого місця.....	34
3.4 Вимоги безпеки під час розбирання гідророзподільника	35
3.5 Вимоги безпеки при використанні хонінгувальної голівки	35
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	37
4.1 Обґрунтування економічної доцільності відновлення деталей гідророзподільника . 37	
4.2 Визначення собівартості відновлення деталі	38
ВИСНОВОК.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	43

1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РЕМОНТУ (ВІДНОВЛЕННЯ) КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН

1.1 Загальна характеристика гідравлічних систем автотракторної техніки

Гідравлічні системи автотракторної техніки призначені для передавання енергії від двигуна або привідного механізму до виконавчих органів за допомогою робочої рідини. У тракторах, автомобілях спеціального призначення, навантажувачах, причіпних та навісних агрегатах гідравлічна система забезпечує піднімання, опускання, фіксацію та переміщення робочих органів, керування навісним обладнанням, роботу гідроциліндрів, гідромоторів і допоміжних механізмів [1, 5].

Надійність гідравлічної системи значною мірою залежить від технічного стану її основних елементів: гідронасоса, гідророзподільника, запобіжного клапана, фільтрів, трубопроводів, рукавів високого тиску, ущільнень і робочої рідини. Міжнародний стандарт ISO 4413 визначає загальні правила та вимоги безпеки для гідравлічних систем і їхніх складників, а в Україні чинним є гармонізований стандарт ДСТУ EN ISO 4413:2018 [3, 14]. За цими вимогами гідросистеми повинні проєктуватися, експлуатуватися й обслуговуватися так, щоб зменшувати ризики, пов'язані з високим тиском, витіканням робочої рідини, неконтрольованим рухом механізмів і відмовами елементів керування.

Одним із найбільш відповідальних вузлів гідравлічної системи є гідророзподільник. Він виконує функцію керування потоками робочої рідини, змінює напрям її руху, забезпечує підключення або відключення виконавчих механізмів, а також може брати участь у регулюванні тиску та захисті системи від перевантаження. У тракторній техніці широко застосовуються секційні та моноблочні гідророзподільники, зокрема типу P80, які використовуються на тракторах МТЗ, ЮМЗ, Т-40 та іншій сільськогосподарській техніці [6, 8].

Під час експлуатації гідророзподільник працює в умовах дії високого тиску, змінних навантажень, температурних коливань, вібрації та забруднення робочої рідини. Саме тому його деталі піддаються спрацюванню, задиркам, корозії, ерозійному руйнуванню, втраті герметичності та порушенню геометричної точності [9, 15].

1.2 Основні несправності гідравлічної системи та гідророзподільника

Несправності гідравлічної системи автотракторної техніки можуть проявлятися у

вигляді зниження тиску, повільного переміщення виконавчих механізмів, ривків під час роботи, перегрівання робочої рідини, шуму насоса, самовільного опускання навісного обладнання, витікання оливи та нестабільної роботи золотників [9, 15, 16].

До найбільш поширених причин відмов гідросистем належать:

- забруднення робочої рідини механічними домішками;
- спрацювання робочих поверхонь золотника та корпусу гідророзподільника;
- втрата герметичності ущільнювальних елементів;
- заклинювання золотника внаслідок задирок або потрапляння твердих частинок;
- порушення регулювання запобіжного або перепускного клапана;
- зниження продуктивності гідронасоса;
- підсмоктування повітря у всмоктувальній магістралі;
- використання робочої рідини невідповідної в'язкості;
- перегрівання системи через надмірні внутрішні перетікання [10, 16, 17].

Англомовні технічні джерела з обслуговування гідравлічних систем також підкреслюють, що забруднення рідини, аерація, кавітація, спрацювання клапанів і порушення фільтрації є одними з основних причин нестабільної роботи гідросистем і передчасного виходу з ладу насосів, клапанів та розподільників [15, 16, 17]. Ознаками несправності гідравлічного клапана можуть бути повільна реакція виконавчих механізмів, нестабільний рух, перегрівання, підвищений шум, падіння тиску та витікання робочої рідини.

Для гідророзподільника характерні такі дефекти:

1. Спрацювання золотника. Виникає внаслідок тертя золотника об отвір корпусу та дії абразивних частинок у робочій рідині. Наслідком є збільшення зазорів, зниження герметичності та зростання внутрішніх перетікань.
2. Спрацювання отворів корпусу. Через порушення геометричної точності отворів погіршується ущільнення робочих поясків золотника, що призводить до втрати тиску.
3. Задири та подряпини на робочих поверхнях. Такі дефекти найчастіше виникають у разі недостатньої чистоти оливи або потрапляння твердих частинок у гідросистему.
4. Порушення роботи клапанів. Запобіжні, перепускні та зворотні клапани

можуть втрачати герметичність через спрацювання сідла, пружини або запірного елемента.

5. Втрата пружності пружин. Ослаблення пружин призводить до неправильного положення золотника або нестабільної роботи клапанів.

6. Пошкодження ущільнень. Зношені або затверділі гумові кільця спричиняють зовнішні витікання та підсмоктування повітря.

7. Корозійні пошкодження. Виникають у разі потрапляння води в робочу рідину або тривалого зберігання вузла без консервації.

1.3 Технологічний процес ремонту гідравлічної системи

Технологічний процес ремонту гідравлічної системи передбачає послідовне виконання операцій, спрямованих на відновлення працездатності вузлів, забезпечення герметичності та стабільності робочого тиску. Відповідно до загальних положень системи технічного обслуговування і ремонту, ремонт має включати діагностування, розбирання, очищення, дефектацію, відновлення або заміну деталей, складання, регулювання та контрольні випробування [2].

Доцільно застосовувати таку послідовність ремонту гідросистеми:

1. зовнішнє очищення агрегатів і вузлів;
2. зливання робочої рідини з системи;
3. демонтаж гідророзподільника, насоса, фільтрів, трубопроводів і рукавів;
4. промивання вузлів і каналів;
5. розбирання гідророзподільника;
6. дефектація деталей;
7. вибір способу відновлення або заміни деталей;
8. механічна обробка відновлених поверхонь;
9. складання вузла із заміною ущільнень;
10. регулювання клапанів;
11. стендові випробування;
12. встановлення вузла на машину;
13. перевірка роботи системи під навантаженням.

Особливу увагу необхідно приділяти чистоті робочої рідини та внутрішніх каналів. Навіть незначна кількість абразивних частинок може спричинити повторне спрацювання золотникової пари, заклинювання клапанів і зниження ресурсу

відремонтованого вузла [10, 17].

1.4 Дефектація деталей гідророзподільника

Дефектація є одним із найважливіших етапів ремонту, оскільки саме на цьому етапі визначається технічний стан кожної деталі та приймається рішення щодо її подальшого використання, відновлення або заміни. Для гідророзподільника дефектацію доцільно виконувати після повного розбирання, промивання і сушіння деталей.

Під час дефектації контролюють:

- стан корпусу гідророзподільника;
- діаметр і форму отворів під золотники;
- наявність задирок, подряпин і корозії;
- стан золотників;
- герметичність клапанів;
- пружність пружин;
- стан різьбових з'єднань;
- цілісність ущільнювальних поверхонь;
- стан кришок, пробок, важелів і фіксаторів.

Контроль геометричних параметрів деталей проводиться за допомогою мікрометрів, нутромірів, індикаторних головок, калібрів, шаблонів і спеціального інструментального оснащення. Саме розробка інструментального забезпечення для відновлення деталей гідророзподільника є важливою складовою удосконалення технології ремонту, оскільки дає змогу підвищити точність обробки, скоротити трудомісткість і забезпечити стабільну якість ремонту [7, 12].

Для корпусу гідророзподільника основними дефектами є спрацювання отворів під золотники, порушення співвісності, пошкодження посадкових поверхонь, тріщини, забоїни та порушення різьби. Золотники перевіряють на наявність спрацювання робочих поясів, задирок, подряпин і порушення циліндричності. Пружини контролюють за довжиною у вільному стані та зусиллям стискання. Ущільнення, як правило, не відновлюють, а замінюють новими.

1.5 Способи відновлення деталей гідророзподільника

Вибір способу відновлення деталей залежить від характеру дефекту, матеріалу деталі, величини спрацювання, вимог до точності та економічної доцільності. Для деталей гідророзподільника можуть застосовуватися такі способи відновлення:

- шліфування;
- хонінгування;
- притирання;
- полірування;
- розточування з подальшим встановленням ремонтної втулки;
- нанесення гальванічних покриттів;
- наплавлення або металізація окремих поверхонь;
- відновлення різьби вставками або нарізанням ремонтного розміру;
- заміна деталей, які не підлягають економічно доцільному відновленню [7,

11, 12].

Для золотникових пар найважливішою умовою є забезпечення мінімального та рівномірного зазору між золотником і отвором корпусу. Збільшення цього зазору спричиняє внутрішні перетікання робочої рідини, падіння тиску та нагрівання системи. Тому після механічної обробки необхідно забезпечити високу чистоту поверхні, точність форми та відсутність задирок.

У разі незначного спрацювання золотника доцільно застосовувати полірування або тонке шліфування. Якщо спрацювання перевищує допустимі межі, можливе нанесення покриття з подальшим шліфуванням до номінального або ремонтного розміру. Для корпусу гідророзподільника у разі спрацювання отворів може застосовуватися розточування з подальшим хонінгуванням або встановлення ремонтної втулки.

Використання ремонтних втулок є доцільним тоді, коли корпус має достатню міцність, але отвори під золотники втратили геометричну точність. У цьому випадку отвір розточується до ремонтного розміру, після чого запресовується втулка з матеріалу, що має добрі антифрикційні властивості. Далі виконується остаточне розточування або хонінгування втулки під розмір золотника.

2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Схема та технологічна послідовність розбирання гідророзподільника Р80-3/1-222

Гідророзподільник Р80-3/1-222 є одним із відповідальних елементів гідравлічної системи автотракторної техніки, оскільки забезпечує розподіл потоків робочої рідини між виконавчими механізмами, регулювання напрямку руху гідроциліндрів і підтримання необхідного режиму роботи навісного або робочого обладнання. У процесі експлуатації даний вузол працює в умовах підвищеного тиску, змінних навантажень, вібрації та впливу забрудненої робочої рідини. Це призводить до поступового зношування золотникових пар, клапанів, ущільнювальних елементів, різьбових з'єднань і посадкових поверхонь корпусу.

Перед початком ремонту гідророзподільник необхідно очистити від зовнішніх забруднень, залишків оливи, пилу та продуктів спрацювання. Це дає змогу уникнути потрапляння сторонніх частинок у внутрішні канали під час розбирання та підвищує якість подальшої дефектації. Після зовнішнього очищення вузол установлюють у спеціальне пристосування, яке забезпечує його надійне закріплення та зручний доступ до кріпильних і регулювальних елементів.

Розбирання гідророзподільника виконують у послідовності, що відповідає його конструктивній будові. Спочатку демонтують зливний патрубок, а також рукоятки керування золотниками, якщо вони не були зняті раніше. Далі відвертають кріпильні болти, знімають пластину пильовиків, самі пильовики та ущільнювальні кільця. Після цього з корпусу виймають сферичні важелі керування золотниками.

Наступним етапом є демонтаж верхньої та нижньої кришок. Після відгвинчування болтів кришки обережно знімають, не допускаючи пошкодження привалочних площин. Потім із корпусу витягують золотники у зборі. У разі необхідності додатково викручують шпильки, що забезпечує повне розбирання корпусу та полегшує виконання наступних ремонтних операцій.

Окремо виконують розбирання запобіжного клапана. Для цього відкручують захисний ковпачок, послаблюють контргайку та викручують регулювальний гвинт. Далі виймають напрямну, пружину і сам клапан. Гніздо запобіжного клапана демонтують спеціальним ключем, оскільки використання випадкового інструменту може призвести до пошкодження робочих поверхонь або різьбового з'єднання.

Під час розбирання перепускного клапана спочатку знімають упор, після чого виймають напрямну та пружину клапана. Сам перепускний клапан виштовхують через зливний отвір за допомогою дерев'яного або мідного стержня. Застосування сталевих вибивачів у цьому випадку небажане, оскільки вони можуть пошкодити точні посадкові поверхні. Якщо гніздо клапана потребує демонтажу, його випресовують у спеціальному пристосуванні із застосуванням відповідної оправки.

Розбирання золотника виконують окремо. Для цього його встановлюють у спеціальне пристосування та стискають пружину. Потім спеціальною викруткою викручують пробку, після чого поступово знімають зусилля стискання. Далі послідовно демонтують нижній стакан, пружину, верхній стакан, обойму фіксатора, втулку, фіксатори та інші елементи механізму. Після цього із золотника викручують гільзу у зборі, виймають прокладку та сітку.

Розбирання гільзи починають із викручування регульовального гвинта. Потім виймають пружину бустера, випресовують гніздо клапана та демонтують клапан разом із напрямною. Усі деталі після розбирання необхідно розміщувати у підписаних лотках або касетах, що виключає їх змішування та полегшує подальшу дефектацію.

Схема розбирання і складання гідророзподільника є важливою частиною технологічної документації. Вона дає змогу визначити послідовність операцій, установити взаємозв'язок між окремими деталями та вузлами, а також обґрунтувати кількість робочих місць і необхідного оснащення. Крім того, така схема може використовуватися безпосередньо на ремонтній дільниці як інструкційний матеріал для слюсаря-ремонтника.

Розбирання та наступне складання гідророзподільника повинні виконуватися у строго визначеній послідовності. Порушення цієї послідовності може спричинити пошкодження прецизійних деталей, втрату дрібних елементів, неправильне встановлення пружин, фіксаторів або клапанів, а також зниження якості подальшого ремонту.

2.2 Технологічний процес відновлення деталей гідророзподільника

2.2.1. Технологічний процес дефектації деталей

Дефектація деталей гідророзподільника є обов'язковим етапом ремонту, оскільки саме на цьому етапі визначають фактичний технічний стан кожної деталі, ступінь її зношування та можливість подальшого використання. За результатами дефектації

деталі поділяють на три групи: придатні без ремонту, придатні до відновлення та непридатні, що підлягають заміні.

У процесі роботи гідророзподільника найбільш інтенсивного спрацювання зазнають корпус, золотники, перепускний і запобіжний клапани, важелі керування, верхня та нижня кришки. Особливо важливе значення має стан прецизійної пари «корпус — золотник», оскільки від величини зазору між цими елементами залежить герметичність, величина внутрішніх перетікань, стабільність тиску та працездатність усієї гідравлічної системи.

Корпус гідророзподільника виготовляють із сірого чавуну СЧ21-40 з твердістю НВ 170–240. Основними дефектами корпусу є зношування отворів під золотники, спрацювання отвору під перепускний клапан, пошкодження посадкового гнізда клапана, зрив або деформація різьби, порушення привалочних площин, а також поява тріщин або обломів.

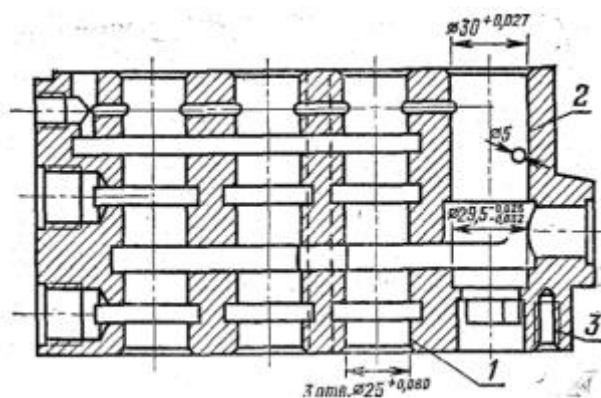


Рисунок 2.1 – Корпус гідророзподільника 01РМД 253.3100000:

1 – отвір під золотник; 2 – отвір під перепускний клапан; 3 – різьбовий отвір.

Основне зношування корпусу виникає на робочих поясах отворів, які взаємодіють із золотником. У цих місцях відбувається тертя, дія абразивних частинок, а також місцеве порушення масляної плівки. У результаті отвори втрачають правильну геометричну форму, з'являються овальність, конусність, бочкоподібність, подряпини й задири. Крім того, можливе зношування посадкових поверхонь під клапани та пошкодження різьбових отворів.

Відновлення різьбових отворів виконують шляхом розсвердлювання з подальшим нарізанням різьби ремонтного розміру. Наприклад, пошкоджену різьбу можна відновлювати нарізанням різьби М22×1,5 або іншого ремонтного розміру залежно від конструкції деталі та характеру пошкодження. Такі операції доцільно виконувати на

вертикально-свердлильному верстаті 2A135 із застосуванням відповідних свердел, мітчиків, кондукторів і контрольного інструменту.

Загальна послідовність дефектації корпусу гідророзподільника може бути такою:

1. зовнішній огляд деталі;
2. очищення внутрішніх каналів;
3. перевірка наявності тріщин, сколів і обломів;
4. контроль стану різьбових отворів;
5. вимірювання отворів під золотники;
6. визначення овальності, конусності та бочкоподібності;
7. контроль стану отвору під перепускний клапан;
8. перевірка привалочних площин;
9. прийняття рішення щодо відновлення або вибракування.

Зношування отворів корпусу визначають за допомогою індикаторного нутроміра з ціною поділки 0,002 мм. Вимірювання виконують у декількох перерізах і у двох взаємно перпендикулярних площинах, що дозволяє встановити не лише фактичний діаметр, а й характер відхилення геометричної форми.

Золотник виготовляють зі сталі 15X із подальшою термічною обробкою до твердості HRC 56–63. Основне його спрацювання спостерігається на робочих поясках, які переміщуються в отворах корпусу. Також можливе зношування елементів автоматики, фіксаторів, торцевих ділянок і поверхонь, що контактують із пружинами та втулками. Зношування поясків золотника контролюють важільною скобою, оптиметром або іншим високоточним вимірювальним інструментом.

Саме спрацювання прецизійної золотникової пари є одним із головних факторів, що визначають трудомісткість ремонту гідророзподільника. Якщо зазор між корпусом і золотником перевищує допустиме значення, виникають внутрішні перетікання робочої рідини, знижується тиск у системі, погіршується керованість виконавчих механізмів і зростає нагрівання оливи.

Таблиця 2.1 – Дефекти корпусу гідророзподільників Р80

№ деф.	Найменування дефекту	Коефіцієнт повторювання дефекту		Основний спосіб усунення дефекту	Допустимі способи усунення дефекту
		Від загальної кількості деталей, потрапивших на дефектацію	Від загальної кількості ремонтпри- годних деталей		
1	Зношення отворів під	0,94	0,99	Хонінгувати до	Притирка
	золотники			ремонтного	
				розміру	
2	Зношення отворів під	0,86	0,92	Хонінгувати до	Притирка
	перепускний клапан			ремонтного	
				розміру	
3	Пошкодження, зрив	0,05	0,07	Нарізати різьбу	Встановити
	різьби M24 × 1,5			ремонтного	різьбову вставку
	більше 2-х ниток			розміру M27× 1,5	
4	Пошкодження, зрив	0,03	0,05	Нарізати різьбу	Встановити
	різьби M20 × 1,5			ремонтного	різьбову вставку
	більше 2-х ниток			розміру M22× 1,5	
5	Пошкодження, зрив	0,09	0,11	Калібрувати	-
	різьби M8 до 2-х ниток				
6	Пошкодження, зрив	0,05	0,07	Калібрувати	-
	різьби M10 до 2-х				
	ниток				

Аналіз характеру зношування корпусів і золотників показує, що отвори корпусу спрацьовуються нерівномірно як за довжиною, так і в поперечному перерізі. У поздовжньому напрямку часто спостерігається ступінчасте спрацювання робочих поясів, а в поперечному — овальність. Висота ступінчастого зносу на окремих поясах

може досягати 0,01–0,02 мм і більше, а відхилення від круглої форми — 0,012–0,019 мм.

Найбільш зношена зона отворів зазвичай збігається з ділянками перекриття поясків золотника у положеннях «нейтральне» та «плаваюче». На поверхнях спрацьованих отворів можуть спостерігатися блискучі або матові ділянки, поздовжні подряпини, сліди схоплювання та місцеві задири.

Підставою для вибракування прецизійної пари є не лише перевищення допустимого розміру, а й значне порушення геометричної форми. Для отворів корпусу характерними є конусоподібність і бочкоподібність, а для золотників — конусоподібність, сідлоподібність і нерівномірне спрацювання крайніх поясків.

Відновлення працездатності гідророзподільника лише шляхом підбору золотників іншої розмірної групи не завжди забезпечує якісний результат. Без точного контролю геометричних параметрів може виникнути ситуація, коли зовні спряження здається щільним, але фактичні робочі зазори залишаються завищеними. Тому під час дефектації необхідно контролювати всі основні пояски отворів і золотників.

Для визначення максимальної похибки геометричної форми отвору доцільно виконувати вимірювання другого і третього поясків у декількох перерізах, зокрема 3–3, 4–4, 5–5, 6–6, у двох взаємно перпендикулярних площинах А–А та Б–Б. Такий підхід дозволяє отримати об'єктивну картину фактичного стану отвору та правильно вибрати спосіб його відновлення.

2.2.2. Карта поєднання дефектів за маршрутами

Карта поєднання дефектів використовується для групування деталей за характером пошкоджень і вибору раціонального маршруту їх відновлення. Такий підхід дозволяє скоротити час на прийняття технологічного рішення, зменшити трудомісткість ремонту та забезпечити раціональне використання обладнання.

Корпус гідророзподільника не підлягає відновленню у разі виявлення наскрізних тріщин, значних обломів, деформацій, що порушують його базові поверхні, або пошкоджень, усунення яких економічно недоцільне. Якщо дефекти мають локальний характер і можуть бути усунені механічною обробкою, різьбовими вставками, хонінгуванням або притиранням, деталь направляють на відновлення за відповідним маршрутом.

Таблиця 2.2 – Карта поєднання дефектів за маршрутами. Найменування та позначення деталі: корпус гідророзподільника Р80

№ Деф.	Найменування дефекту	Найменування та поєднання дефекту	
		I	II
1	Зношення отворів під золотники	+	+
2	Зношення отворів під перепускний клапан	+	+
3	Пошкодження, зрив різьби М24 1,5 більше 2-х ниток	+	-
4	Пошкодження, зрив різьби М20 1,5 більше 2-х ниток	+	+
5	Пошкодження, зрив різьби М8 до 2-х ниток	-	+
6	Пошкодження, зрив різьби М10 до 2-х ниток	-	-

За першим маршрутом доцільно відновлювати корпуси, які мають зношення отворів під золотники, спрацювання отворів під перепускний клапан, а також значне пошкодження різьб М24×1,5 і М20×1,5. У цьому випадку технологічний процес включає розсвердлювання пошкоджених різьбових отворів, нарізання ремонтної різьби, хонінгування отворів до ремонтного розміру, очищення, контроль і завершальну слюсарну обробку.

За другим маршрутом відновлюють корпуси, у яких основними дефектами є зношення отворів під золотники, спрацювання отворів під перепускний клапан, пошкодження різьби М20×1,5 та незначний зрив різьби М8. У такому разі частину різьбових дефектів усувають калібруванням, а основну увагу приділяють відновленню точності отворів і забезпеченню необхідного зазору у sprzęженні «корпус — золотник».

Загальний технологічний маршрут відновлення корпуса передбачає:

- очищення деталі;
- дефектацію;
- розсвердлювання пошкоджених різьбових отворів;
- нарізання або калібрування різьби;
- хонінгування отворів під золотники та перепускний клапан;
- промивання після механічної обробки;
- контроль геометричних параметрів;
- комплектування з відповідним золотником;
- маркування та передавання деталі на складання.

2.2.3. Обґрунтування технологічного процесу відновлення деталей за прийнятим маршрутом

2.2.3.1. Аналіз і вибір способів усунення дефектів

Вибір раціонального технологічного процесу відновлення деталей гідророзподільника залежить від виду дефекту, величини зношування, матеріалу деталі, вимог до точності та економічної доцільності ремонту. Для прецизійних деталей гідророзподільника особливо важливо не лише відновити номінальний або ремонтний розмір, а й забезпечити правильну геометричну форму, малу шорсткість поверхні та стабільний робочий зазор.

Під час виготовлення корпуси та золотники гідророзподільників поділяють на розмірні групи. Це дає можливість при незначному спрацюванні виконувати відновлення працездатності вузла шляхом перекомплектування деталей із наступною точною підгонкою. Однак у разі значного зношування та порушення геометрії отворів такий спосіб є недостатнім, тому необхідне механічне відновлення поверхонь.

Отвори корпуса під золотники можуть відновлюватися розточуванням, розвертанням, хонінгуванням або притиранням. Вибір конкретного способу залежить від величини припуску, наявного обладнання, точності базування та технічних вимог до відновленої поверхні.

Притирання отворів може виконуватися вручну або на вертикально-довідних верстатах. У разі застосування верстатного притирання притир повинен мати шарнірне з'єднання зі шпинделем, а корпус необхідно встановлювати у пристосування, яке забезпечує його самоустановлення відносно інструмента. Для обробки використовують розрізний чавунний притир, закріплений на конічній оправці.

На початковому етапі притирання застосовують абразивну пасту зернистістю близько 30 мкм. Частота обертання шпинделя становить 300–350 об/хв, кількість подвійних ходів — 50–60 за хвилину, а вихід притиру з отвору по обидва боки корпуса — 30–40 мм. Для чистового притирання застосовують пасту зернистістю 7 мкм за аналогічних режимів.

Після відновлення діаметри поясків контролюють пневматичним довжиноміром або індикаторним нутроміром. Отвори сортують на розмірні групи з інтервалом 4 мкм. Відхилення геометричної форми не повинно перевищувати 4 мкм. Номер групи наносять на привалочну площину корпуса біля відповідного отвору.

Притирання може забезпечити високу чистоту поверхні, однак його недоліком є значна залежність результату від кваліфікації виконавця, стану притиру, рівномірності нанесення абразивної пасти та стабільності режимів обробки. Крім того, після абразивної обробки необхідне ретельне промивання корпусу, оскільки залишки пасти в каналах можуть спричинити прискорене зношування після складання вузла.

Більш перспективним способом відновлення отворів корпусу є алмазне хонінгування. Воно дозволяє забезпечити високу точність, стабільність розміру, добру якість поверхні та зменшити кількість ручних операцій. Хонінгування доцільно виконувати у два етапи: чорновий та чистовий. Після чорнової обробки усувають основні сліди спрацювання і відновлюють форму отвору, а після чистової — досягають потрібної шорсткості та точності.

Розвертання отворів також може бути ефективним способом відновлення, особливо у випадках, коли необхідно зменшити час налаштування інструмента та підвищити стабільність діаметральних розмірів. Перевагою розвертання є рівномірний розподіл навантаження між зубами інструмента, порівняно спокійні умови різання та можливість отримання отворів із достатньою точністю. Однак напрям осі отвору значною мірою залежить від попередньої обробки, тому важливе значення має правильне базування корпусу.

Величина припуску на розвертання істотно впливає на кінцевий розмір отвору. Якщо припуск нестабільний або занадто великий, можливе розбивання отвору та погіршення геометричної точності. Тому перед розвертанням необхідно забезпечити правильну підготовку отвору та стабільне положення інструмента.

2.2.3.2. Відновлення корпусу гідророзподільника

Корпус гідророзподільника є базовою деталлю, від точності якої залежить правильність роботи всього вузла. Основним завданням його відновлення є забезпечення правильної геометрії отворів під золотники та клапани, а також відновлення пошкоджених різьбових і посадкових поверхонь.

Найбільше спрацювання корпусу спостерігається в отворах під золотники, особливо на крайніх поясках. У деяких випадках воно може досягати 0,02–0,03 мм. Інші пояски спрацьовуються менше — приблизно в межах 0,005–0,007 мм. Зовнішніми ознаками такого зношування є матовість поверхні, поздовжні борозни, сліди схоплювання, вифарбовування або локальне руйнування металу.

Раціональний технологічний процес відновлення корпусу може включати такі операції:

1. очищення корпусу від забруднень;
2. промивання внутрішніх каналів;
3. дефектацію;
4. розсвердлювання пошкоджених різьбових отворів;
5. нарізання ремонтної різьби;
6. калібрування різьбових отворів із незначними пошкодженнями;
7. хонінгування отворів під золотники;
8. хонінгування або притирання отвору під перепускний клапан;
9. промивання після обробки;
10. контроль діаметрів, овальності та конусності;
11. маркування розмірної групи;
12. передавання корпусу на комплектування.

Після хонінгування корпус необхідно ретельно промити, особливо внутрішні канали. Залишки абразиву або металевої стружки недопустимі, оскільки вони можуть спричинити повторне пошкодження золотникової пари вже під час випробування або експлуатації.

2.2.3.3. Відновлення золотників

Золотник є рухомою деталлю, яка безпосередньо керує потоками робочої рідини. Від його стану залежать герметичність, плавність переміщення, величина внутрішніх перетікань і надійність роботи гідророзподільника.

Найбільше зношування золотника спостерігається на крайніх поясках, особливо на ділянках довжиною приблизно 8 мм від торців. Величина спрацювання може досягати 0,05–0,07 мм. Середні пояски, як правило, зношуються менше. На крайках робочих поясків часто спостерігається заокруглення, затуплення, матовість і дрібні подряпини.

За незначного зношування пояски золотників відновлюють доведенням або тонким шліфуванням до повного усунення слідів спрацювання. Якщо зношування значне, золотники відновлюють нанесенням гальванічного покриття з подальшим шліфуванням до ремонтного розміру.

Притирання робочих поясків виконують у два етапи: попереднє та остаточне. Для

попереднього доведення застосовують пасту зернистістю 30 мкм, для чистового — 7 мкм. Обробку проводять на притиральних верстатах із використанням різних чавунних притирів.

Рекомендовані режими притирання:

- частота обертання золотника — 400–450 об/хв;
- кількість подвійних ходів притиру — 50–60 за хвилину;
- вихід притиру за крайні пояски — 20–30 мм;
- допустиме биття при попередній обробці — 0,02–0,03 мм;
- допустиме биття при чистовій обробці — до 0,02 мм.

Після остаточного доведення овальність, конусність і огранювання не повинні перевищувати 0,003 мм. Кромки поясків необхідно заокруглити радіусом 0,1 мм, що зменшує ризик задирів і покращує умови роботи золотника в корпусі.

Шліфування золотників виконують на круглошліфувальних верстатах моделей 3Б151, 3130 або на безцентрово-шліфувальному обладнанні. Частота обертання золотника становить 250–300 об/хв, окружна швидкість шліфувального круга — 25–30 м/с. Як охолоджувальну рідину застосовують содово-мильну емульсію. Обробку ведуть до повного усунення слідів спрацювання та отримання необхідного ремонтного розміру.

Якщо після шліфування діаметр робочих поясків стає меншим за допустимий, золотник направляють на гальванічне нарощування. Для цього можуть застосовуватися хромування або остальювання. Остальювання є більш продуктивним і економічним способом, оскільки швидкість осадження заліза значно вища, ніж хрому, а вихід металу за струмом становить 80–95 %. Це дає змогу отримувати покриття потрібної товщини з достатньою твердістю та зносостійкістю.

Після нанесення покриття золотник шліфують до ремонтного розміру, контролюють геометричну форму, сортують за розмірними групами та комплектують із корпусом.

2.3 Удосконалення технологічного процесу ремонту гідророзподільника

Удосконалення технологічного процесу ремонту гідророзподільника Р80-3/1-222 має бути спрямоване на підвищення точності відновлення деталей, зменшення трудомісткості операцій, поліпшення якості очищення та контролю, а також скорочення кількості повторних дефектів після ремонту.

Одним із головних напрямів удосконалення є застосування спеціального інструментального забезпечення для відновлення деталей гідророзподільника. До такого оснащення можна віднести:

- пристрій для закріплення корпусу під час розбирання та складання;
- кондуктор для розсвердлювання пошкоджених різьбових отворів;
- оправку для центрування розвертки або хонінгувальної головки;
- пристрій для хонінгування отворів під золотники;
- калібри для контролю розмірних груп;
- пристрій для притирання клапанів до гнізд;
- стенд для перевірки герметичності та працездатності гідророзподільника.

Застосування спеціального пристрою для базування корпусу дозволяє зменшити похибки встановлення, забезпечити співвісність оброблюваних отворів і підвищити стабільність розмірів після обробки. Це особливо важливо під час відновлення отворів під золотники, оскільки навіть незначне відхилення осі або порушення форми може призвести до заклинювання золотника або збільшення внутрішніх перетікань.

Іншим важливим напрямом удосконалення є заміна ручних операцій верстатними. Наприклад, ручне доведення золотників доцільно замінювати обробкою на притиральному або шліфувальному обладнанні. Це дає змогу підвищити повторюваність результатів, зменшити вплив людського фактора та забезпечити однакову якість поверхонь у межах партії деталей.

Також доцільно зменшити кількість розмірних груп у прецизійній парі «корпус — золотник» за рахунок підвищення точності попередньої обробки. Для цього необхідно:

- зменшити розсіювання розмірів під час розточування або розвертання;
- забезпечити стабільність роботи різального інструмента;
- зменшити припуск під чистову обробку;
- підвищити точність налаштування інструмента;
- контролювати стан обладнання;
- оптимізувати хід притиру або хонінгувальної головки;
- використовувати високоточний контрольний інструмент.

Використання розвертання замість розточування може бути доцільним у тих випадках, коли потрібно забезпечити стабільність діаметра та скоротити час на налаштування інструмента. Розвертка має декілька різальних зубів, завдяки чому

навантаження розподіляється рівномірніше, а процес обробки проходить стабільніше. Однак якість розвертання значною мірою залежить від правильного попереднього підготування отвору та величини припуску.

Після завершення відновлення всі деталі гідророзподільника повинні пройти остаточний контроль. Корпус перевіряють за діаметром отворів, овальністю, конусністю, станом різьб і чистотою каналів. Золотники контролюють за діаметром робочих поясків, биттям, шорсткістю та плавністю переміщення в корпусі. Клапани перевіряють на герметичність, якість притирання та правильність посадки в гнізді.

Заключним етапом є складання гідророзподільника з новими ущільнювальними кільцями та подальше випробування на стенді. Під час випробування перевіряють герметичність, плавність переміщення золотників, тиск спрацювання запобіжного клапана, роботу перепускного клапана та відсутність зовнішніх витікань робочої рідини.

2.4 Вибір режимів обробки і нормування операцій

2.4.1 Обґрунтування методів ремонту гідророзподільників

Технологічний процес обробки повинен гарантувати високу точність розмірних параметрів, точне дотримання площинності та циліндричності робочих поверхонь, а також належний клас чистоти поверхні, особливо в зонах спряження деталей [1–17].

Найбільш складним, відповідальним і трудомістким елементом у процесі виготовлення та відновлення, від якого значною мірою залежить довговічність роботи гідророзподільника, є золотникова пара «корпус — золотник». Для гідророзподільника типу Р80-З/1-222 допуск на діаметр отвору корпусу і золотника становить 0,004 мм за умови обов'язкового забезпечення необхідних геометричних параметрів, зокрема конусоподібності, овальності, співвісності та інших показників точності.

До основних способів механічної обробки корпусів гідророзподільника належать розвертання, притирання та алмазне хонінгування.

Дослідження процесу розвертання отворів корпусів гідророзподільників проводили за таких режимів обробки: швидкість різання становила 9,7 м/хв, подача — 0,77 мм/об, глибина різання — 0,29 мм при припуску по діаметру 0,6 мм. Для виготовлення різальної частини розвертки використовували твердий сплав ВК6.

З метою визначення похибок, що виникають у процесі розвертання, було оброблено й виміряно чотири групи корпусів гідророзподільників у різний проміжок

часу. Отримані експериментальні дані аналізували із застосуванням методів математичної статистики. Одночасно вивчали фізичні чинники, які впливають на точність обробки, зокрема величину припуску, стійкість розвертки та інші технологічні параметри.

Фактичне поле розсіювання відхилень розмірів для чотирьох дослідних груп корпусів відповідно становило: $V = 0,016; 0,018; 0,020; 0,024$ мм.

Середні квадратичні відхилення для окремих груп $\sigma = 3,8$ мкм; $\sigma = 3,5$; $\sigma = 5,4$; $\sigma = 4,5$ мкм.

Загальне середнє квадратичне відхилення для всі груп буде:

$$\sigma_{\text{ср}} = \sqrt{3,8^2 + 3,5^2 + 5,4^2 + 4,5^2} = 5 \text{ мкм}$$

Отже, середнє імовірне поле розсіювання відхилень розмірів після розвертання становитиме:

$$V_{\text{ср}} = 6\sigma_{\text{ср}} = 6 \times 5 = 30 \text{ мкм}$$

Що для розміру 25 мм перебуває в межах допуску за 2а класом точності. Для 95 % випадків середнє імовірне поле розсіювання дорівнюватиме: $4\sigma = 4 \times 5 = 20$ мкм, що відповідає полю допуску отвору другого класу точності.

Величина овальності для основної частини отворів становить 0,004 мм, і лише приблизно у 10 % випадків досягає 0,006 мм. Відхилення прямолінійності осі отворів змінювалися у дуже вузьких межах і лише зрідка перевищували 0,003 мм. Шорсткість поверхні після розвертання стабільно відповідала сьомому класу чистоти.

Таким чином, порівняно з чистовим розточуванням, розвертання забезпечує зменшення поля розсіювання розмірів приблизно у 2 рази, покращує геометричні параметри отворів і підвищує клас чистоти обробленої поверхні.

Мета остаточної обробки отворів корпусів гідророзподільників полягає у забезпеченні стабільно високої точності геометричних параметрів, мінімального розсіювання діаметральних розмірів і високої якості поверхневого шару.

Притирання виконують чавунним притиром із застосуванням пасти. Режим обробки передбачає частоту обертання притиру 390 об/хв та 50 подвійних ходів за хвилину. При цьому використовується розтискний притир.

Перед подачею деталі на притирання її намагаються попередньо обробити якомога точніше. Це пояснюється не лише прагненням зменшити тривалість притирання, а й необхідністю уникнути утворення отвору неправильної форми у разі

зняття надмірного припуску. Загалом притирання є чистовою операцією, тому за її допомогою неможливо виправити геометрію отвору чи усунути злам його осі. Дослідження процесу притирання після розвертання показали, що середня величина припуску, який знімається, становить близько 0,05 мм, а граничне значення сягає 0,065 мм.

Величина знятого припуску залежить не тільки від кількості подвійних ходів, а й від інших чинників, зокрема від розміру притиру після розтискання, кількості внесеної пасти та інших технологічних параметрів.

Установлено, що до 75 % отворів обробляються за 16–25 подвійних ходів притиру, близько 5 % — за 13–15 ходів, а приблизно 20 % потребують понад 25 ходів.

Процес притирання сприяє підвищенню класу чистоти обробленої поверхні. Водночас розсіювання діаметральних розмірів при абразивному притиранні зростає у 1,5–2 рази порівняно з попередньою операцією розвертання. Отже, розвертання є більш продуктивною операцією, оскільки дозволяє отримати отвори корпусів із меншою кількістю розмірних груп і вищою точністю геометричних параметрів, ніж при розточуванні. Подальше скорочення кількості розмірних груп можливе за рахунок підвищення точності чистового розвертання, удосконалення притирання або заміни його іншими видами фінішної обробки.

Заміна притирання іншими операціями дає змогу уникнути шаржування поверхні отворів абразивною пастою, що позитивно впливає на довговічність прецизійних пар гідророзподільників. До таких перспективних операцій належить алмазне хонінгування.

Під час досліджень як найбільш доцільну фінішну операцію було обрано алмазне хонінгування. Як робочий інструмент використовували хонінгувальні головки, оснащені синтетичними алмазами.

Обробку виконували на вертикально-хонінгувальному верстаті ОФ-38А за таких режимів: окружна швидкість — 39,2 м/хв, швидкість зворотно-поступального руху — 8 м/хв, питомий тиск — 3–5 кг/см² (0,3 – 0,5 МН/м²), охолоджувальна рідина — суміш 90 % гасу та 10 % веретенного масла.

Для попереднього хонінгування застосовували бруски АБХ 90 × 6 × 3,5 × 1,5 R13 – АСП6 – М1 – 100 %, а для остаточного — АБХ 90 × 6 × 3,5 × 1,5 R13 – АСМ14 – М1 – 100 %.

Під час попереднього хонінгування знімали припуск у межах 0,03–0,04 мм, а при остаточному — 0,005–0,01 мм. Корпуси гідророзподільників надходили на цю операцію безпосередньо після розвертання отворів на агрегатному верстаті.

У результаті досліджень встановлено, що після алмазного хонінгування, порівняно з абразивним притиранням, точність обробки отворів значно підвищується: за овальністю — у 2,1 раза, а за конусоподібністю — у 1,8 раза. Діапазон розсіювання діаметральних розмірів при цьому зменшується у 1,5 раза. Крім того, діапазон розсіювання овальності скорочується у 2,5 раза, а конусоподібності — у 2,6 раза.

Порівняння двох способів остаточної обробки свідчить про суттєву перевагу хонінгування над абразивним притиранням. Саме тому для забезпечення високої точності обробки прецизійних отворів корпусів гідроагрегатів найбільш доцільно застосовувати як завершальну операцію алмазне хонінгування.

2.4.2 Нормування операції хонінгування

Хонінгування отвору до діаметра $20,5 + 0,025$ мм на довжині $l_x = 105$ мм виконують у спеціальному розподільному пристрої, призначеному для послідовної обробки двох деталей [1–17].

Для чистового хонінгування доцільно вибрати бруски з такими характеристиками: марка алмазу — АС20, марка зв'язки — М1, зернистість — 100/80, що забезпечує досягнення шорсткості обробленої поверхні $R_a = 1,25$ мкм.

Довжину бруска визначаємо за формулою:

$$L_u = k_L \cdot l_x \quad (2.1)$$

де k_L — коефіцієнт, що враховує співвідношення довжини хонінгувального бруска, $k_L = 0,5$;

l_x — довжина ділянки, яка підлягає хонінгуванню, $l_x = 102$ мм.

$$L_u = 0,49 \cdot 102 = 51 \text{ мм}$$

Приймаємо $L_u = 50$ мм.

Довжину виходу хонінгувального бруска за межі оброблюваної поверхні визначаємо за формулою:

$$y = k_Y \cdot L_u \quad (2.2)$$

де k_Y — коефіцієнт, який враховує величину виходу хонінгувального бруска за межі оброблюваної поверхні, $k_Y = 0,2$.

$$y = 102 + 2 \cdot 10 - 50 = 72 \text{ мм}$$

Довжину робочого ходу хонінгувального інструмента визначаємо за формулою:

$$L_{PX} = l_X + 2y - L_u \quad (2.3)$$

$$L_{PX} = 102 + 2 \cdot 10 - 50 = 72 \text{ мм}$$

Глибину різання за один прохід приймаємо $t = 0,002$ мм. Кількість необхідних проходів визначаємо за формулою:

$$i = \frac{z}{t} \quad (2.4)$$

де $z = 0,2$ мм — припуск на обробку по діаметру.

З урахуванням наведеного значення припуску кількість проходів становитиме:

$$i = \frac{0,2}{0,002} = 100$$

Приймаємо швидкість зворотно-поступального руху хонінгувальної головки $V_{ВП} = 11,8$ м/хв, що відповідає режимам роботи верстата 3844.

Швидкість обертального руху хонінгувальної головки $V_{ВР}$ визначаємо за формулою:

$$V_{ВР} = \lambda V_{ВП} \quad (2.5)$$

де λ — коефіцієнт співвідношення швидкостей під час хонінгування, який характеризує залежність між зворотно-поступальним та обертальним рухом хонінгувальної головки; $\lambda = 10$.

$$V_{ВР} = 10 \cdot 11,8 = 118 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання хона визначаємо за формулою:

$$n = 318 \frac{V_{ВР}}{D} \quad (2.6)$$

$$n = 318 \frac{118}{38,5} = 974 \text{ хв}^{-1}$$

Для верстата приймаємо частоту обертання $n_{СТ} = 400 \text{ хв}^{-1}$.

Скориговану швидкість обертального руху хона $V_{СТ}$ визначаємо за формулою:

$$V_{СТ} = \frac{\pi D n_{СТ}}{1000} \quad (2.7)$$

$$V_{СТ} = \frac{3,14 \cdot 38,5 \cdot 400}{1000} = 48,4 \text{ м/хв}$$

Кількість подвійних ходів хонінгувального інструмента визначаємо за формулою:

$$n_{ДХ} = \frac{1000 V_{ВП}}{2 L_{PX}} \quad (2.8)$$

$$n_{ДХ} = \frac{1000 \cdot 11,8}{2 \cdot 72} = 81,9 \text{ пд.ход/хв}$$

Основний час, необхідний для хонінгування одного отвору, визначаємо за формулою:

$$T_o = \frac{i}{n_{\text{дх}}} \quad (2.9)$$

$$T_{o1} = \frac{100}{81,9} = 1,22 \text{ хв}$$

Для хонінгування двох корпусів основний час становить:

$$T_o = 1,22 \cdot 3 = 3,66 \text{ хв}$$

Допоміжний час, пов'язаний із установленням, закріпленням та зняттям двох деталей, визначається як:

$$T_{в1} = 1,75 \cdot 2 = 3,5 \text{ хв}$$

Допоміжний час, пов'язаний із виконанням переходу під час хонінгування, приймаємо за нормативною таблицею:

$$T_{в2} = 0,09 + 0,16 = 0,25 \text{ хв}$$

Допоміжний час на очищення пристрою від стружки приймаємо $T_{в3} = 0,06 \text{ хв}$.

Тоді загальний допоміжний час визначаємо як суму всіх складових допоміжних операцій:

$$T_{в} = 3,5 + 0,25 + 0,06 = 3,81 \text{ хв}$$

Додатковий час на обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби становитиме:

$$T_{\text{дод}} = \frac{T_{\text{оп}} K}{100} \quad (2.10)$$

де K — коефіцієнт, що відображає частку додаткового часу від оперативного часу, $K = 9 \%$.

$$T_{\text{дод}} = \frac{(2,44+3,81)9}{100} = 0,56 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час приймаємо за нормативною таблицею: $T_{\text{пз}} = 14 \text{ хв}$.

Штучно-калькуляційний час на виконання операції визначаємо за формулою:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{дод}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{шт}}} \quad (2.11)$$

де $n_{\text{шт}}$ — кількість деталей партії що дорівнює 2 шт., отже $T_{\text{н}} = 13,53 \text{ хв}$.

2.5 Обґрунтування необхідності розробки технологічного оснащення

Сучасна сільськогосподарська техніка не може ефективно працювати без застосування гідравлічних навісних систем. Вони забезпечують піднімання, опускання, утримання та регулювання положення навісних машин і агрегатів. За умови

експлуатації без перевантажень, своєчасної заміни оливи, гумових ущільнень, промивання фільтрів і дотримання правил технічного обслуговування гідравлічної системи здатні працювати тривалий час без капітального ремонту.

Зношування деталей і вузлів гідросистеми призводить до зовнішніх витоків оливи та значних внутрішніх перетікань робочої рідини. Унаслідок цього помітно знижується об'ємний коефіцієнт корисної дії, зменшується продуктивність насоса, падає тиск у системі, а навісне обладнання може самовільно опускатися під час роботи або транспортування.

Через високу точність виготовлення елементів гідравлічних систем і підвищені вимоги до їх герметичності ремонт таких деталей необхідно виконувати з чітким дотриманням технологічної послідовності та технічних умов. Найбільш якісно такі роботи проводяться на спеціалізованих ремонтних підприємствах, обладнаних відповідними стендами, пристроями та контрольно-вимірювальними засобами.

Однак через обмежені фінансові можливості підприємство не завжди має змогу передавати гідравлічні агрегати на ремонт за межі власної ремонтної майстерні. У зв'язку з цим виникає потреба в розробленні спеціального пристосування, яке дозволить виконувати ремонт гідророзподільників безпосередньо на території майстерні підприємства.

За достатньої герметичності гідророзподільника система надійно утримує навісну машину в транспортному положенні. Якщо ж зазор у золотниковій парі збільшується, герметичність порушується, що спричиняє витікання оливи та погіршення роботи гідросистеми [18–21].

Золотники гідророзподільників, гільзи або отвори в корпусі поділяють на розмірні групи. Для гідросистем моноблочного типу передбачають чотири розмірні групи, а для роздільно-агрегатних гідросистем — до двадцяти груп. Такий поділ дає змогу забезпечити необхідний зазор у золотниковій парі шляхом правильного комплектування деталей із подальшою їх підгонкою.

У разі значного зношування геометричну форму отворів у чавунному корпусі можна відновлювати притиром. Золотники відновлюють обробкою притирами з подальшим нанесенням хромового покриття, що дозволяє відновити їх розміри, підвищити зносостійкість і забезпечити необхідну герметичність роботи гідророзподільника.

2.6 Призначення та область застосування

Хонінгувальна головка призначена для відновлення отворів у корпусах гідророзподільників без необхідності попереднього коригування геометрії зношених поверхонь. Її застосування дає змогу забезпечити якісну обробку отворів, відновити необхідну точність і покращити умови роботи золотникових пар.

Розроблене пристосування може використовуватися на ремонтних підприємствах, де виконують технічне обслуговування та відновлення гідророзподільників сільськогосподарської техніки. Його впровадження дозволяє виконувати ремонтні операції безпосередньо в умовах майстерні, зменшуючи потребу в передачі агрегатів на спеціалізовані підприємства.

Пристосування є простим і зручним в експлуатації. Воно забезпечує зниження витрат праці та часу на виконання ремонтних робіт, водночас дозволяючи отримати якісний результат відновлення. Оскільки гідророзподільники в процесі експлуатації часто зазнають зношування та виходять з ладу, потреба в їх ремонті залишається постійною, що підтверджує доцільність застосування такого пристосування.

2.7 Опис і будова пропонуємої хонінгувальної головки

Як уже зазначалося, відновлення отворів у корпусах гідророзподільників найчастіше здійснюють методом притирання. Цю операцію виконують як за допомогою ручних притирів, так і на вертикально-доводочних верстатах. У такому разі притир шарнірно з'єднують зі шпинделем верстата, що забезпечує необхідну точність обробки.

Для обробки отворів у корпусах пропонується застосовувати чотирибрускову хонінгувальну головку (рисунок 2.2) [18–21].

У корпусі головки 3 виконано чотири пази, рівномірно розміщені по колу, у яких установлені колодки з напаяними алмазними брусками. Колодки спираються на конус 4, який з'єднаний із гвинтом 5. Сам корпус шарнірно поєднаний зі штовхачем 12. Завдяки наявності шарнірів хонінгувальна головка має здатність самоустановлюватися відносно оброблюваного отвору, що підвищує точність відновлення.

Осьове переміщення корпусу 3 передається від механізму подачі верстата через штовхач 12, штифти 15 і 21, а також через механізм компенсації зношування брусків, до складу якого входять вантажі 13, розміщені на штифтах 31 втулки 16.

Кріплення хонінгувальної головки до верстата здійснюється через спеціальний перехідник. Процес хонінгування виконують у два етапи: попереднє та остаточне оброблення.

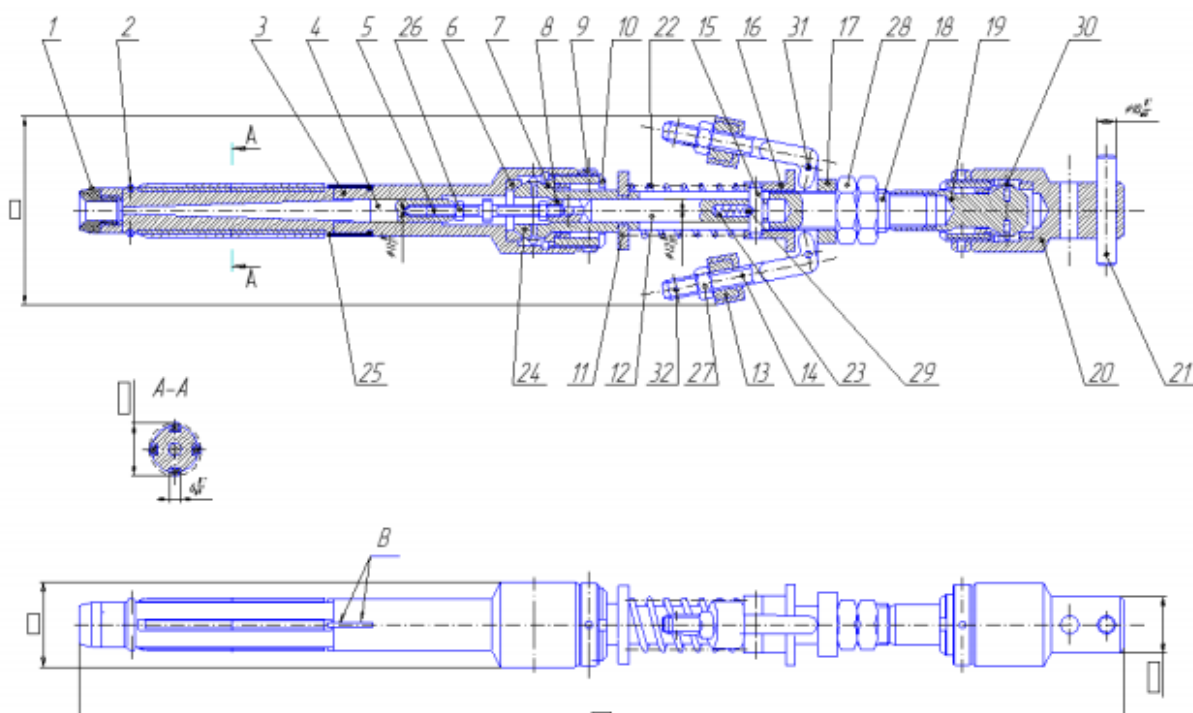


Рисунок 2.2 – Конструкція хонінгувальної головки:

1 – напрямна; 2 – кільце; 3 – корпус; 4 – конус; 5 – гвинт; 6 – кільце; 7 – вкладиш; 8 – перехідник; 9 – спеціальна гайка; 10 – гайка; 11 – чека; 12 – штовхач; 13 – вантаж; 14 – важіль; 15 – палець; 16 – втулка; 17 – спеціальна гайка; 18 – опора; 19 – шарнір; 20 – корпус; 21 – палець; 22, 23 – пружини; 24 – стержень; 25 – притискач; 26, 27, 28 – гайки; 29, 30 – кульки; 31, 32 – штифти.

2.8 Порядок використання головки

Попереднє хонінгування отворів корпусів гідророзподільників виконують алмазними брусками АБХ $90 \times 6 \times 3,5 \times 1,5R 12,5$ АСП – 60/40 М1 100%, а остаточне — брусками АБХ $90 \times 6 \times 3,5 \times 1,5R 12,5$ АСМ – 20/14 М1 100% [12].

Застосування брусків із зернистістю АСП-60/40 дає змогу отримати шорсткість поверхні, що відповідає приблизно 7-му класу, тоді як використання брусків із зернистістю АСМ-20/14 забезпечує вищу якість обробки — 9–10-й клас шорсткості.

Обробку виконують на верстаті 3Б833 із такими режимами.

Під час попереднього хонінгування приймають:

- окружну швидкість — 0,5 м/с;
- швидкість зворотно-поступального руху — 11,8 м/хв;

– радіальну подачу брусків — 0,85 мкм/хід.

Під час остаточного хонінгування швидкість зворотно-поступального руху залишається 11,8 м/хв, а радіальна подача брусків зменшується до 0,3 мкм/хід.

Як змащувально-охолоджувальну рідину використовують гас із додаванням 10–15 % індустріального масла І-20. Перебіг брусків приймають: угору — 51 мм, униз — 45 мм [12].

Припуск на попереднє хонінгування має бути щонайменше на 30 % більшим за похибку геометричної форми отвору, що відновлюється. Це забезпечує необхідну точність обробки та повне усунення слідів зношування. Якщо на поверхні отворів наявні глибокі задири або значні пошкодження, величину припуску збільшують. Припуск на остаточне хонінгування приймають у межах 0,005–0,008 мм [12].

Контроль розмірів після хонінгування виконують за допомогою пневмодовгоміра або індикаторного нутроміра. Похибка геометричної форми отворів не повинна перевищувати 0,004 мм, а шорсткість поверхні має відповідати 9–10-му класу, тобто $R_a = 0,08 - 0,32$ мкм.

Після завершення обробки отвори поділяють на розмірні групи з інтервалом 0,004 мм. Номер відповідної розмірної групи наносять на привалочну площину корпусу гідророзподільника [18–21].

2.9 Інженерні розрахунки пристосування

2.9.1 Розрахунок важелів механізму компенсації на розтягнення

Виходячи з умови міцності болта на розтяг, розрахунок виконуємо за залежністю [14]:

$$\sigma_p = \frac{1,3 \cdot R_1}{\pi \cdot \frac{d_1^2}{4}} \leq [\sigma_p] \quad (2.12)$$

де R_1 — сила, що діє на важіль під час обертання хонінгувальної головки, Н.

Звідси внутрішній діаметр болта d визначаємо за формулою:

$$d_1 = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 4 \cdot R_1}{\pi \cdot [\sigma_p]}} \quad (2.13)$$

де $[\sigma_p] = 120$ Н/мм² — допустиме напруження на розтяг для сталі 40.

$$d_1 = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 4 \cdot 225}{3,14 \cdot 120}} = 3,1 \text{ мм}$$

Приймаємо конструктивний діаметр важелів $d = 10$ мм.

2.9.2 Розрахунок штовхача

Орієнтовний розрахунок штовхача виконуємо з умови забезпечення його міцності під час дії крутного моменту. Для цього використовуємо залежність на кручення [18–21]:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{0,2 \cdot [\tau]}} \quad (2.14)$$

де $M_{кр}$ — крутний момент, що діє на вал штовхача, Н·м;

$[\tau]$ — допустиме напруження на кручення матеріалу.

Для сталі 45 приймаємо $[\tau] = 170 \text{ Н/мм}^2$.

Крутний момент на валу електродвигуна визначаємо за формулою:

$$M_{кр} = \frac{N}{\omega} \quad (2.15)$$

де N — потужність електродвигуна, Вт, $N = 4600 \text{ Вт}$;

ω — кутова швидкість обертання вала, рад/с, $\omega = 0,5 \text{ рад/с}$.

$$M_{кр} = \frac{4600}{0,5} = 9200 \text{ Н·м}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{9200}{0,2 \cdot 170}} = 5,37 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр штовхача з урахуванням конструктивних і геометричних параметрів хонінгувальної головки: $d = 22 \text{ мм}$.

Таке значення діаметра забезпечує необхідну жорсткість штовхача та відповідає умовам його розміщення в конструкції пристосування.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Загальні вимоги охорони праці під час ремонту гідравлічних систем

Охорона праці під час ремонту гідравлічних систем автотракторної техніки є важливою складовою організації ремонтного виробництва. Роботи з розбирання, дефектації, відновлення, складання та випробування гідророзподільників пов'язані з дією небезпечних і шкідливих виробничих факторів: високого тиску робочої рідини, рухомих частин обладнання, нагрітих поверхонь, мастильних матеріалів, металевої стружки, шуму, вібрації, електричного струму та підвищеного ризику травмування під час використання слюсарного й металообробного інструменту [1, 4, 18].

Закон України «Про охорону праці» визначає основні положення щодо реалізації права працівників на безпечні та здорові умови праці, а також встановлює обов'язки роботодавця щодо створення безпечного виробничого середовища [1]. Для ремонтних підприємств, які виконують технічне обслуговування і ремонт машин сільськогосподарського виробництва, діють спеціальні правила охорони праці, затверджені наказом Мінпраці № 512; вони встановлюють вимоги безпеки до організації та виконання технологічних процесів ремонту машин і обладнання [4].

До виконання робіт з ремонту гідравлічних систем допускаються працівники, які пройшли медичний огляд, професійне навчання, вступний і первинний інструктажі з охорони праці, мають відповідну кваліфікацію та ознайомлені з безпечними методами виконання робіт. Працівники повинні знати будову гідравлічної системи, порядок скидання тиску, правила роботи з робочими рідинами, вимоги пожежної безпеки та порядок надання першої допомоги у разі травмування [4, 18].

3.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Під час ремонту гідравлічної системи та відновлення деталей гідророзподільника на працівника можуть діяти такі небезпечні та шкідливі фактори:

1. Високий тиск робочої рідини. У гідросистемах тиск може досягати значних значень, тому перед розбиранням вузлів необхідно повністю скинути тиск. Струмінь рідини під тиском може спричинити травмування шкіри та очей.
2. Рухомі частини обладнання. Під час роботи на свердлильних, токарних, шліфувальних або хонінгувальних верстатах існує небезпека захоплення одягу, рук або інструменту.
3. Металева стружка та абразивний пил. Під час механічної обробки деталей

утворюється стружка, пил і дрібні частинки, які можуть пошкодити очі та шкіру.

4. Контакт з робочими рідинами. Гідравлічні оливи можуть подразнювати шкіру, а тривалий контакт із ними є небажаним. Забруднені оливи необхідно збирати в окрему тару та передавати на утилізацію.

5. Шум і вібрація. Джерелами шуму є компресори, стенди випробування, металообробні верстати та пневматичний інструмент.

6. Підвищена пожежна небезпека. Робочі рідини та мастильні матеріали є горючими, тому на робочому місці забороняється користуватися відкритим вогнем і зберігати зайві обсяги оливи.

7. Електробезпека. Під час використання електроінструменту, випробувальних стендів і верстатів можливе ураження електричним струмом.

8. Фізичне перевантаження. Демонтаж важких вузлів без підйомних засобів може призвести до травм опорно-рухового апарату.

Враховуючи зазначені фактори, робоче місце слюсаря-ремонтника повинно бути обладнане справним інструментом, пристроями для фіксації деталей, засобами колективного та індивідуального захисту, вентиляцією, освітленням і засобами пожежогасіння [18, 19].

3.3 Організація безпечного робочого місця

Робоче місце для ремонту гідророзподільника повинно бути організоване так, щоб забезпечити безпечне виконання всіх операцій. Стіл або верстак має бути стійким, мати рівну робочу поверхню, лещата, піддон для збору залишків оливи та місце для розміщення інструменту. Деталі гідророзподільника необхідно розміщувати у спеціальних лотках або касетах, щоб уникнути їх забруднення та змішування.

Перед початком роботи необхідно:

- перевірити справність інструменту;
- переконатися у відсутності тиску в гідросистемі;
- злити робочу рідину в підготовлену тару;
- очистити зовнішні поверхні вузла;
- підготувати заглушки для закривання отворів;
- перевірити справність освітлення та вентиляції;
- одягнути засоби індивідуального захисту.

Проходи між обладнанням повинні бути вільними, підлога — чистою, сухою та

неслизькою. Пролиту оливу необхідно негайно прибирати, оскільки вона створює небезпеку падіння та пожежі. Забороняється зберігати на робочому місці сторонні предмети, несправний інструмент, використані ганчірки й відкриту тару з горючими рідинами.

Засоби колективного захисту мають застосовуватися для попередження або зменшення впливу небезпечних виробничих факторів. ДСТУ 7238:2011 встановлює загальні вимоги та класифікацію засобів колективного захисту працівників [18]. До них у ремонтній дільниці належать захисні кожухи верстатів, огороження рухомих частин, вентиляційні системи, місцеві відсмоктувачі, захисні екрани, блокування та пристрої аварійного вимкнення.

3.4 Вимоги безпеки під час розбирання гідророзподільника

Перед розбиранням гідророзподільника необхідно переконатися, що в системі відсутній залишковий тиск. Для цього двигун машини вимикають, органи керування кілька разів переводять у різні положення, після чого обережно послаблюють з'єднання. Різке відкручування штуцерів і трубопроводів забороняється.

Під час демонтажу необхідно:

- використовувати справні ключі відповідного розміру;
- не застосовувати випадкові подовжувачі ключів;
- не бити молотком по корпусу гідророзподільника без спеціальних наставок;
- закривати відкриті канали заглушками;
- не допускати потрапляння пилу та стружки всередину вузла;
- складати дрібні деталі у підписані лотки;
- не використовувати стиснене повітря без захисних окулярів.

Особливу обережність слід проявляти під час демонтажу пружин, клапанів і фіксаторів, оскільки вони можуть перебувати під зусиллям. Деталі, які мають гострі краї, необхідно брати тільки в рукавицях.

3.5 Вимоги безпеки при використанні хонінгувальної голівки

Пуск верстата має бути заблокований із запобіжним екраном та ввімкненням місцевого освітлення, що забезпечує безпечні умови роботи оператора під час виконання хонінгувальних операцій [18–21].

Шліфувальні і заточувальні верстати, які працюють без застосування охолоджувальної рідини, повинні бути обладнані пиловідсмоктувальними пристроями.

Це необхідно для видалення абразивного пилу із зони обробки та зниження його шкідливого впливу на працівника.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність хонінгувальної головки, а також пристосування для закріплення деталей, встановленого на верстаті. Особливу увагу слід звертати на надійність кріплення оброблюваної деталі, відсутність люфтів, пошкоджень і сторонніх предметів у робочій зоні.

На верстаті у добре видимому місці має бути зазначена максимально допустима частота обертання шпинделя [18–21]. Це дозволяє запобігти перевищенню граничних режимів роботи інструмента та зменшує ризик аварійних ситуацій.

Перед установленням на верстат інструмент необхідно ретельно оглянути. Не допускається використання інструмента з відшаруванням ельборовмісного шару, тріщинами на поверхні, іншими механічними пошкодженнями, а також без позначки про випробування на механічну міцність або з простроченим терміном зберігання.

Зона обробки на верстатах повинна бути огорожена захисним пристроєм або екраном. Такі пристрої мають бути достатньо жорсткими та виготовленими з міцних матеріалів: листової сталі завтовшки не менше 0,8 мм, листового алюмінію завтовшки не менше 2 мм або міцної пластмаси завтовшки не менше 4 мм.

За потреби захисні огороження повинні мати оглядові вікна, виготовлені з органічного скла. Це дає змогу оператору контролювати процес обробки без порушення вимог безпеки праці [18–21].

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування економічної доцільності відновлення деталей гідророзподільника

Ефективність ремонту та відновлення деталей автотракторної техніки визначається можливістю зменшення витрат на підтримання машин у працездатному стані. У ремонтному виробництві особливе значення має відновлення деталей, які мають високу вартість, достатній залишковий ресурс і можуть бути повернуті до експлуатації після виконання комплексу технологічних операцій.

Для гідравлічної системи автотракторної техніки одним із найбільш відповідальних вузлів є гідророзподільник. Його справність безпосередньо впливає на роботу навісного обладнання, гідроциліндрів, виконавчих механізмів і загальну продуктивність машини. Заміна гідророзподільника новим потребує значних витрат, тому в умовах ремонтного підприємства доцільно розглядати можливість відновлення його основних деталей, зокрема корпусу, золотників, клапанів і різьбових з'єднань.

Економічна перевага відновлення полягає в тому, що ремонт дає змогу використати матеріальну основу деталі повторно, зменшити витрати на придбання нового вузла та скоротити простої техніки. Це особливо важливо в період виконання сезонних сільськогосподарських робіт, коли затримка ремонту може призвести до порушення агротехнічних строків і додаткових виробничих втрат.

У практиці ремонтного виробництва економічну ефективність найчастіше визначають шляхом порівняння собівартості відновлення деталі з вартістю нової деталі. Якщо витрати на ремонт є меншими за вартість придбання нового вузла, відновлення вважається економічно доцільним. У загальному вигляді ця умова має вигляд:

$$C_p \leq C_n \quad (4.1)$$

де C_p — собівартість ремонту або відновлення деталі, грн;

C_n — вартість нової деталі з урахуванням витрат на доставку, монтаж і введення в експлуатацію, грн.

Однак такий підхід є достатньо точним лише тоді, коли після ремонту ресурс відновленої деталі наближається до ресурсу нової. Якщо післяремонтний ресурс відрізняється, економічну доцільність необхідно оцінювати за питомими витратами на одиницю ресурсу:

$$\frac{C_p}{T_p} \leq \frac{C_n}{T_n} \quad (4.2)$$

де T_p — очікуваний ресурс відновленої деталі, мотогод;

T_n — ресурс нової деталі, мотогод.

Ліва частина нерівності характеризує фактичні питомі витрати на експлуатацію відновленої деталі, а права — питомі витрати на експлуатацію нової деталі. Якщо питомі витрати після ремонту нижчі, запропонована технологія відновлення є економічно обґрунтованою.

4.2 Визначення собівартості відновлення деталі

Собівартість відновлення деталі є основним економічним показником, який відображає суму витрат, необхідних для виконання всіх ремонтно-відновлювальних операцій. До складу собівартості входять залишкова вартість деталі, витрати на ремонтні матеріали, заробітна плата виробничих робітників і накладні витрати.

У загальному вигляді собівартість відновлення деталі визначається за формулою:

$$C_v = B_z + B_{pm} + Z_n + H_v \quad (4.3)$$

де C_v — собівартість відновлення деталі, грн;

B_z — залишкова вартість деталі, грн;

B_{pm} — вартість ремонтних матеріалів, грн;

Z_n — повна заробітна плата робітників, зайнятих у процесі відновлення, грн;

H_v — непрямі або накладні витрати, грн.

Залишкова вартість деталі враховує вартість матеріалу, з якого виготовлено корпус гідророзподільника, і може визначатися за ціною металобрухту:

$$B_z = C_m \cdot M_d \quad (4.4)$$

де C_m — ціна одного кілограма металу, грн/кг;

M_d — маса деталі, кг.

Для чавунних і сталевих деталей у розрахунках приймають орієнтовну ціну металобрухту: $C_m = 6$ грн/кг.

За результатами вихідних даних залишкова вартість корпусу гідророзподільника становить: $B_z = 36$ грн.

Повна заробітна плата робітників, які виконують операції з відновлення деталі, складається з основної заробітної плати, додаткової заробітної плати та відрахувань на соціальні заходи:

$$З_{\Pi} = З_{\text{осн}} + З_{\text{дод}} + В_{\text{зп}}$$

де $З_{\text{осн}}$ — основна заробітна плата, грн;

$З_{\text{дод}}$ — додаткова заробітна плата, грн;

$В_{\text{зп}}$ — відрахування від заробітної плати, грн.

Основна заробітна плата визначається за формулою:

$$З_{\text{осн}} = C_{\text{год}} \frac{T_{\text{заг}}}{60} \quad (4.6)$$

де $C_{\text{год}}$ — годинна тарифна ставка робітника, грн/год;

$T_{\text{заг}}$ — сумарна норма часу на виконання операцій технологічного процесу, хв.

За умовами розрахунку: $T_{\text{заг}} = 78,79$ хв.

Таблиця 4.1 – Годинна тарифна ставка робітників за розрядами

Розряд роботи	II	III	IV	V	VI
Годинна тарифна ставка, грн	76,3	87,9	90,2	103,2	116,4

За результатами розрахунку основна заробітна плата становить: $З_{\text{осн}} = 158,4$ грн.

Додаткова заробітна плата приймається у розмірі 20 % від основної заробітної плати:

$$З_{\text{дод}} = 0,2 \cdot З_{\text{осн}} \quad (4.7)$$

Тоді:

$$З_{\text{дод}} = 0,2 \cdot 158,4 = 31,68 \text{ грн}$$

Відрахування від заробітної плати визначаються від суми основної та додаткової заробітної плати:

$$В_{\text{зп}} = \frac{П_1}{100} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{дод}}) \quad (4.8)$$

де $П_1$ — відсоток відрахувань від фонду заробітної плати.

Для розрахунку приймаємо: $П_1 = 37,5\%$.

Тоді: $В_{\text{зп}} = 0,375 \cdot (158,4 + 31,68) = 71,28$ грн.

Повна заробітна плата становить:

$$З_{\Pi} = 158,4 + 31,68 + 71,28 = 261,36 \text{ грн}$$

У подальших розрахунках, відповідно до прийнятих вихідних даних, повна заробітна плата при ремонті вузла приймається: $З_{\Pi} = 259,9$ грн.

Накладні витрати включають витрати на експлуатацію обладнання, електроенергію,

обслуговування робочих місць, оплату праці допоміжного персоналу, охорону праці, внутрішньовиробниче транспортування та інші витрати, пов'язані з організацією ремонтного процесу.

Накладні витрати визначаються у відсотках від основної заробітної плати:

$$H_v = \frac{P_2}{100} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.9)$$

де P_2 — відсоток накладних витрат.

Для навчальних і проєктних розрахунків накладні витрати приймають у межах 200–250 % від основної заробітної плати. За результатами розрахунку приймаємо: $H_v = 779,7$ грн.

Підставляючи отримані значення у формулу собівартості, маємо:

$$C_v = 36 + 259,91 + 779,9 = 1075,81 \text{ грн}$$

Отже, собівартість відновлення корпусу гідророзподільника Р80 становить: $C_v = 1075,81$ грн.

ВИСНОВОК

У дипломній роботі розглянуто питання удосконалення технології ремонту гідравлічної системи автотракторної техніки з розробкою інструментального забезпечення для відновлення деталей гідророзподільника. У процесі виконання роботи встановлено, що гідравлічна система є однією з найбільш відповідальних систем автотракторної техніки, оскільки забезпечує керування навісним обладнанням, роботу виконавчих механізмів, гідроциліндрів і допоміжних агрегатів. Від технічного стану гідророзподільника значною мірою залежить стабільність тиску, герметичність системи, плавність переміщення робочих органів та загальна надійність машини.

У першому розділі проаналізовано технологічні основи ремонту та відновлення конструктивних елементів машин. Встановлено, що основними причинами відмов гідравлічних систем є забруднення робочої рідини, спрацювання золотникових пар, пошкодження ущільнювальних елементів, порушення роботи запобіжних і перепускних клапанів, зниження продуктивності гідронасоса та перегрівання робочої рідини. Для гідророзподільника найбільш характерними дефектами є зношення отворів корпусу під золотники, спрацювання робочих поясків золотників, пошкодження різьбових з'єднань, задири, подряпини, корозія та втрата герметичності клапанних елементів.

У конструкторсько-технологічному розділі розроблено послідовність розбирання гідророзподільника Р80-3/1-222, наведено порядок дефектації його основних деталей та визначено раціональні маршрути відновлення корпусу. Особливу увагу приділено прецизійній парі «корпус — золотник», оскільки саме її технічний стан визначає величину внутрішніх перетікань, стабільність роботи гідросистеми та ресурс відремонтованого вузла. Встановлено, що корпус гідророзподільника доцільно відновлювати шляхом розсвердлювання пошкоджених різьбових отворів, нарізання ремонтної різьби, хонінгування отворів під золотники та перепускний клапан, подальшого промивання, контролю геометричних параметрів і комплектування з відповідними золотниками.

У роботі обґрунтовано доцільність застосування спеціального інструментального забезпечення для ремонту гідророзподільника. Запропоновані пристрої для закріплення корпусу, центрування інструменту, хонінгування отворів, контролю розмірних груп, притирання клапанів і стендової перевірки дають змогу підвищити точність обробки, зменшити трудомісткість ремонтних операцій та забезпечити стабільну якість

відновлення. Застосування спеціального оснащення також зменшує вплив людського фактора та підвищує безпеку виконання ремонтних робіт.

Під час вибору режимів обробки встановлено, що алмазне хонінгування є більш ефективним способом остаточної обробки отворів корпусу порівняно з абразивним притиранням. Воно забезпечує підвищення точності геометричних параметрів, зменшення розсіювання діаметральних розмірів, покращення овальності та конусоподібності отворів. Це дає змогу підвищити якість спряження «корпус — золотник» і збільшити ресурс гідророзподільника після ремонту.

У розділі з охорони праці розглянуто основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які виникають під час ремонту гідравлічної системи. До них належать високий тиск робочої рідини, рухомі частини обладнання, металева стружка, абразивний пил, контакт із мастильними матеріалами, шум, вібрація, пожежна небезпека та ризик ураження електричним струмом. Запропоновано заходи щодо організації безпечного робочого місця, використання засобів індивідуального захисту, дотримання правил розбирання, механічної обробки та стендових випробувань гідророзподільника.

У техніко-економічній частині виконано розрахунок ефективності запропонованої технології відновлення. Собівартість ремонту гідророзподільника становить 1075,81 грн, а ціна відновленого вузла — 1397,75 грн. Вартість нового гідророзподільника прийнята 2560 грн, тому економія при використанні відновленого вузла становить 1162,25 грн, або приблизно 45,4 %. Питомі витрати на одиницю ресурсу нового гідророзподільника становлять 0,64 грн/мотогод, тоді як для відновленого — 0,304 грн/мотогод. Це підтверджує економічну доцільність запропонованої технології ремонту.

Отже, у результаті виконання дипломної роботи доведено, що удосконалення технології ремонту гідравлічної системи автотракторної техніки шляхом застосування спеціального інструментального забезпечення для відновлення деталей гідророзподільника є технічно обґрунтованим і економічно вигідним. Запропонована технологія дозволяє підвищити якість ремонту, зменшити собівартість відновлення, скоротити простої техніки, покращити умови праці та забезпечити надійну роботу гідравлічної системи в подальшій експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. Електронний ресурс. Дата звернення: 27.04.2026.
2. ДСТУ 9050:2020. Система технічного обслуговування та ремонтування техніки. Терміни та визначення понять. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020.
3. ДСТУ EN ISO 4413:2018. Система гідравлічна. Загальні правила та вимоги щодо безпеки для систем та їхніх складників. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.
4. НПАОП 01.41-1.01-01. Правила охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання сільськогосподарського виробництва : затв. наказом Мінпраці України від 30.11.2001 № 512. Електронний ресурс. Дата звернення: 27.04.2026.
5. ДСТУ 7324:2013. Трактори сільськогосподарські, причепи та напівпричепи тракторні. Експлуатаційні вимоги до технічного стану. Київ : Мінекономрозвитку України, 2013.
6. Ремонт гідравлічних розподільників МТЗ, ЮМЗ, Т-40, К-700 та іншої спецтехніки // ТК Адара. Електронний ресурс. Дата звернення: 27.04.2026.
7. Бойко М. Ф. Ремонт машин та обладнання : підручник. Київ : Урожай, 2016. 392 с.
8. Коваленко В. І., Кравчук В. І. Технічне обслуговування і ремонт сільськогосподарської техніки. Київ : Аграрна освіта, 2018. 448 с.
9. Погорілий Л. В., Коваль С. М. Надійність і ремонт машин. Київ : Либідь, 2017. 376 с.
10. Черкун В. Є. Ремонт тракторів і автомобілів. Київ : Вища школа, 2015. 352 с.
11. Канарчук В. Є., Лудченко О. А. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. Київ : Вища школа, 2016. 342 с.
12. Сідашенко О. І., Тіхонов О. В. Ремонт машин та обладнання агропромислового комплексу. Харків : ХНТУСГ, 2018. 415 с.
13. ISO 4413:2010. Hydraulic fluid power — General rules and safety requirements for systems and their components. Geneva : International Organization for Standardization, 2010.
14. EN ISO 4413:2010. Hydraulic fluid power — General rules and safety requirements for systems and their components. Brussels : European Committee for Standardization, 2010.
15. Hydraulic System Troubleshooting, Maintenance and Repair Guide // SJ Hydraulic.

Електронний ресурс. Дата звернення: 27.04.2026.

16. Hydraulic system contamination: causes and solutions // Mobile Hydraulic Tips.

Електронний ресурс. Дата звернення: 27.04.2026.

17. 7 signs your hydraulic valve has failed // Fluid Power World. Електронний ресурс.

Дата звернення: 27.04.2026.

18. ДСТУ 7238:2011. Система стандартів безпеки праці. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація. Київ : Держспоживстандарт України, 2011.

19. ДСТУ 7239:2011. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. Київ : Держспоживстандарт України, 2011.

20. Safe hydraulic equipment of machinery. EN ISO 4413 // Pilz. Електронний ресурс.

Дата звернення: 27.04.2026.