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 коробки перемикання передач зернозбирального комбайна СК-5М «Нива» з розробкою пристосування для розбирання муфти зчеплення»

Виконав: студент _3 курсу, групи 31к-з-ім
освітньої програми___бакалавр_____
спеціальності _208 «Агроінженерія»_
__Буханевич Руслан Миколайович_____
(прізвище та ініціали)
Керівник професор Дідур В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

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.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Буханевичу Руслану Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Удосконалення технології ремонту коробки перемикання передач зернозбирального комбайна СК-5М «Нива» з розробкою пристосування для розбирання муфти зчеплення»

керівник проекту Дідур Володимир Володимирович, професор
(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:призначення і коротка технічна характеристика об'єкта ремонту; будова, порядок роботи і змащування ремонтованої складальної одиниці
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; схема і технологічний процес розбирання (складання) складальної одиниць; пристосування для розбирання муфти зчеплення КПП комбайна СК-5; 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	Примітка
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. Проектно-технологічна частина	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 _____ Буханевич Р.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Дідур В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РЕМОНТУ (ВІДНОВЛЕННЯ) КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН 5

1.1 Призначення і коротка технічна характеристика об’єкта ремонту 5

1.2 Будова, порядок роботи і змащування ремонтованої складальної одиниці 7

1.3 Висновки, мета та задачі кваліфікаційної роботи..... 11

2. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 12

2.1 Схема і технологічний процес розбирання (складання) складальної одиниці 12

2.2 Технологічний процес дефектації деталі 13

2.3 Технологія ремонту КПП комбайна СК-5 Технологічний процес ремонту КПП починається з миття 14

2.4 Ремонтне креслення 15

2.5 Технологічний процес відновлення КПП 15

2.6 Призначення та пристрій пристосування для розбирання муфти зчеплення КПП комбайна СК-5 20

2.7 Порядок роботи пристосування 20

2.8 Інженерний розрахунок елементів конструкції технологічного оснащення 21

2.9 Техніко-економічні показники виготовлення технічної оснастки..... 22

2.10 Опис пристосування для свердління стрічки гальмівної КПП СК-5..... 24

3 ОХОРОНА ПРАЦІ 26

3.1 Вимоги до безпеки праці під час виконання гальванічних робіт Загальні вимоги безпеки [25] 26

3.2 Вимоги безпеки перед початком роботи 27

3.3 Вимоги безпеки під час роботи..... 28

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА..... 31

4.1 Економічна ефективність відновлення КПП 31

ВИСНОВОК..... 37

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 38

1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ РЕМОНТУ (ВІДНОВЛЕННЯ) КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МАШИН

1.1 Призначення і коротка технічна характеристика об’єкта ремонту

Абревіатура СК розшифровується як «самохідний комбайн». Це означає, що машина має власну силову установку, ходову систему та комплекс робочих механізмів, які забезпечують самостійне пересування полем і виконання основних операцій зі збирання врожаю. Цифра «5» у маркуванні комбайна відображає його умовну продуктивність, тобто здатність за сприятливих умов роботи обмолочувати приблизно 5 кг зернової маси за одну секунду [1–9].

Рисунок 1.1 – Загальний вигляд зернозбирального комбайна СК-5М «Нива»

Зернозбиральний комбайн СК-5М «Нива» є самохідною сільськогосподарською машиною, призначеною для механізованого збирання зернових культур. Його конструкція дає змогу виконувати повний технологічний цикл збирання: зрізування стебел, транспортування рослинної маси до молотильного апарата, відокремлення зерна від колоса, очищення зернового вороху, накопичення очищеного зерна в бункері та подальше його вивантаження у транспортний засіб.

За своїми основними параметрами комбайн має такі габарити: довжина становить 7607 мм, ширина — 4000 мм, висота — 4100 мм. Такі розміри забезпечують необхідне компонування основних вузлів і механізмів, а також достатню стійкість машини під час руху полем. Маса комбайна дорівнює приблизно 7,5 т, тому під час експлуатації значне

навантаження припадає на ходову частину, трансмісію, мости та коробку перемикання передач.

Одним із головних робочих органів комбайна є молотильний апарат. У його складі використовується барабан, частота обертання якого становить близько 3000 $хв^{-1}$. Саме молотильний барабан забезпечує відокремлення зерна від колоса. Якість цього процесу залежить від технічного стану барабана, правильності регулювання зазорів, рівномірності подавання хлібної маси та справності привідних механізмів. У разі порушення регулювань можливе збільшення втрат зерна, його травмування або перевантаження робочих органів.

Зерновий бункер комбайна має місткість 3000 л, що дозволяє певний час працювати без зупинки на розвантаження. Це підвищує змінну продуктивність машини, особливо під час роботи на великих площах. Вивантаження зерна здійснюється зі швидкістю приблизно 40 л/с, а довжина вивантажувального пристрою становить 3 м. Така конструкція забезпечує швидке передавання зерна в транспортний засіб і зменшує втрати часу під час технологічного процесу.

Для остаточного відокремлення зерна від соломистої маси в комбайні застосовується чотириклавішний соломотряс. Його робота полягає у переміщенні соломи до виходу з машини з одночасним виділенням зерна, яке залишилося після обмолоту. Ефективність роботи соломотряса має важливе значення, оскільки від неї залежить рівень втрат зерна за комбайном і загальна якість збирання.

Жниварка комбайна має ширину захвату 5 м, що дає змогу за один прохід зрізувати досить широку смугу посіву. Це позитивно впливає на продуктивність агрегату та зменшує кількість проходів по полю. Різальний апарат обладнаний 64 ножами, які виконують зрізування стебел. Надійна робота різального механізму залежить від справності ножів, пальців, притискних елементів і приводу. Зношення або пошкодження цих деталей може спричинити нерівномірне зрізування рослин, підвищення навантаження на привід і збільшення втрат урожаю.

Після зрізування рослинна маса надходить до молотильного апарата через похилу камеру. Вона виконує функцію транспортного вузла, який забезпечує безперервне та рівномірне подавання маси від жниварки до барабана. Стабільність роботи похилої камери є важливою умовою якісного обмолоту. Нерівномірне подавання може спричинити забивання робочих органів, зниження продуктивності, збільшення витрат пального та підвищене навантаження на механізми приводу.

Комбайн СК-5М «Нива» відзначається порівняно простою будовою, достатньою ремонтопридатністю та пристосованістю до експлуатації в умовах сільськогосподарських підприємств. Його основні вузли можуть обслуговуватися та відновлюватися в ремонтних майстернях без застосування надто складного обладнання. Саме тому особливого значення набуває своєчасне технічне обслуговування та якісний ремонт відповідальних агрегатів, зокрема коробки перемикання передач, яка забезпечує вибір швидкісного режиму руху комбайна та впливає на надійність роботи ходової частини загалом.

1.2 Будова, порядок роботи і змащування ремонтованої складальної одиниці

На комбайнах «Нива» використовується клинопасовий привід [1–9]. Це означає, що передавання крутного моменту від шківа двигуна до шківа коробки передач здійснюється через клинопасову передачу із застосуванням варіатора. Основне призначення варіатора полягає у зміні передавального числа ремінної передачі. Регулювання відбувається завдяки осьовому переміщенню диска ведучого шківа за допомогою гідроциліндра. Під час зміщення диска в один або інший бік змінюється ширина робочого струмка, унаслідок чого ремінь або опускається глибше, зменшуючи робочий діаметр, або, навпаки, переміщується ближче до зовнішньої поверхні шківа.

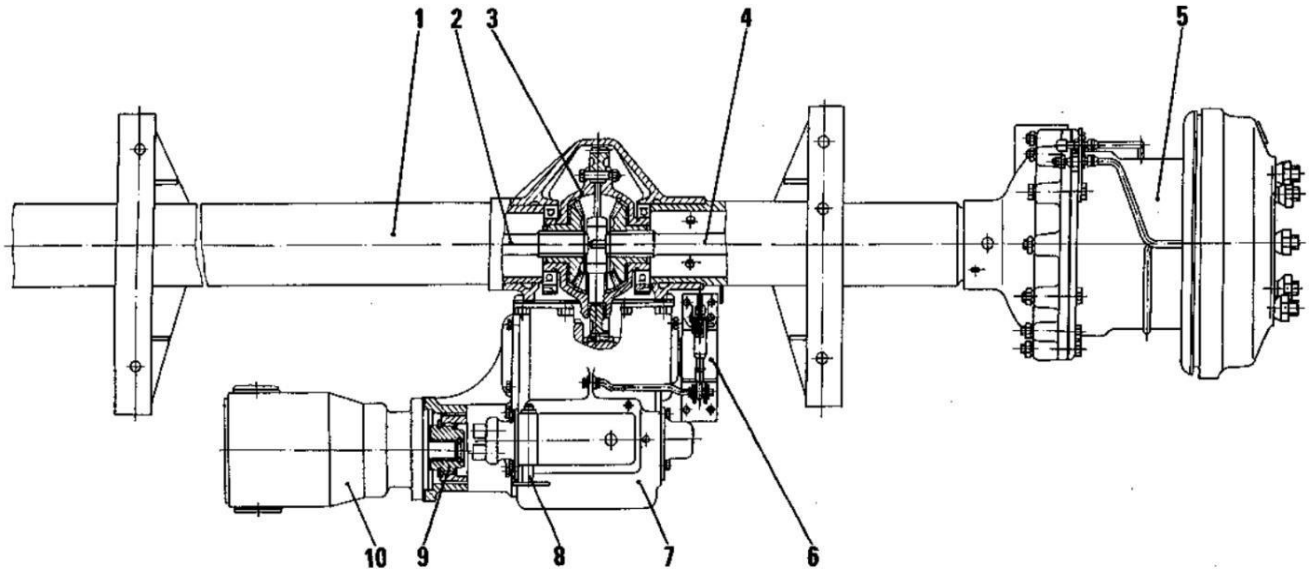
Ходова система комбайна «Нива СК-5» включає міст ведучих коліс і міст керованих коліс. До складу моста ведучих коліс входять коробка передач, зчеплення, диференціал, гальмівний механізм, два бортові редуктори та колеса. Муфту зчеплення встановлено на приймальному шківі приводу вала коробки передач. Ведений диск закріплюється на приводному валу, а натискний диск через систему з 12 пружин притискає його до внутрішньої поверхні шківа. Під час вимкнення зчеплення спеціальний механізм впливає на віджимні важелі, унаслідок чого ведений диск звільняється від натискного, що забезпечує передавання обертання на коробку передач.

Ходова частина призначена для забезпечення пересування комбайна і складається з моста ведучих коліс, моста керованих коліс, рульового механізму та гальмової системи.

Міст ведучих коліс виробництва заводу «Гомсільмаш» (рис. 1.2) складається з кожуха, бортових редукторів і коробки передач. Усередині кожуха розміщені диференціал і півосі, які з’єднують його з бортовими редукторами.

Міст ведучих коліс, виготовлений Таганрозьким комбайновим заводом (рис. 1.3), включає кожух, бортові редуктори, коробку передач і гідромотор.

Коробка передач, призначена для зміни швидкості руху та вибору його напрямку, є механічною, триступеневою. Її конструкція передбачає корпус, первинний і вторинний вали. На первинному валу встановлені рухомі шестерні, тоді як на вторинному розміщені нерухомі зубчасті колеса, а також шестерня головної передачі [1–9].



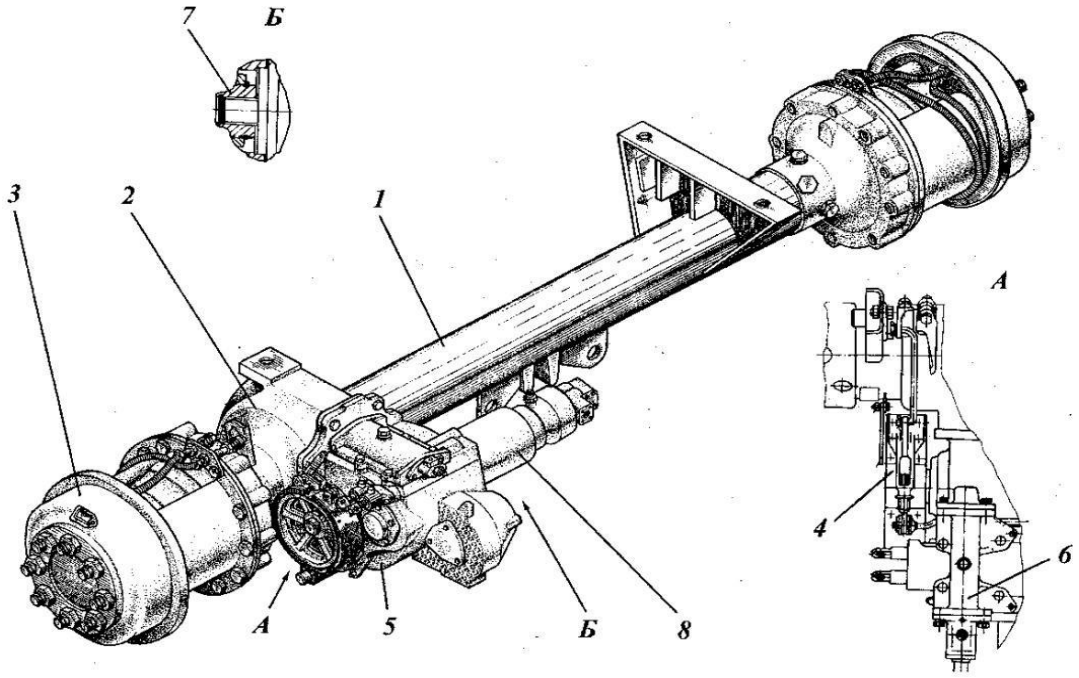
1 – кожух; 2, 4 – півосьові шестерні; 3 – диференціал; 5 – бортовий редуктор; 6 – шків стоянкового гальма; 7 – коробка передач; 8 – вал механізму блокування; 9 – муфта; 10 – гідромотор.

Рисунок 1.2 – Міст ведучих коліс виробництва заводу «Гомсільмаш»:

Конструкція коробки передач передбачає наявність трьох валів і комплекту шестерень. На приводному валу встановлено дві рухомі шестерні, або каретки. Одна з них забезпечує вмикання першої та задньої передач, тоді як друга використовується для перемикання другої та третьої передач. Після вибору потрібної передачі шестерні фіксуються механізмом блокування.

Міст керованих коліс складається з жорсткої балки, поворотних кулаків, рульової трапеції з гідроциліндром і коліс. На кінцях балки через шарнірні з’єднання та шворні закріплюються півосі коліс. Ступиці монтуються на півосях із використанням конічних підшипників.

На верхній кришці коробки передач моста, виготовленого заводом «Гомсільмаш», розміщено механізм блокування перемикання передач 8 (рис. 1.2). Тут же передбачено гальмо первинного вала, яке керується важелем і використовується для швидкого припинення його обертання під час перемикання передач. До складу цього гальма входять шків, закріплений на первинному валу, та фрикційна стрічка, що взаємодіє з ним.



1 – кожух; 2 – диференціал; 3 – бортовий редуктор; 4 – шків стоянкового гальма; 5 – коробка передач; 6 – гідроциліндр коробки передач; 7 – муфта; 8 – гідромотор.

Рисунок 1.3 – Міст ведучих коліс комбайна виробництва Таганрозького комбайнового заводу

Передбачений у конструкції механізм блокування виключає можливість самовільного вимикання передач у процесі експлуатації. Наявність гідростатичного приводу дає змогу здійснювати плавне безступінчасте регулювання швидкості пересування комбайна від нульового значення до максимальної межі, встановленої для кожної передачі.

Швидкісні межі руху становлять: для першої передачі — 0–6 км/год, для другої — 0–12 км/год, для третьої — 0–20 км/год.

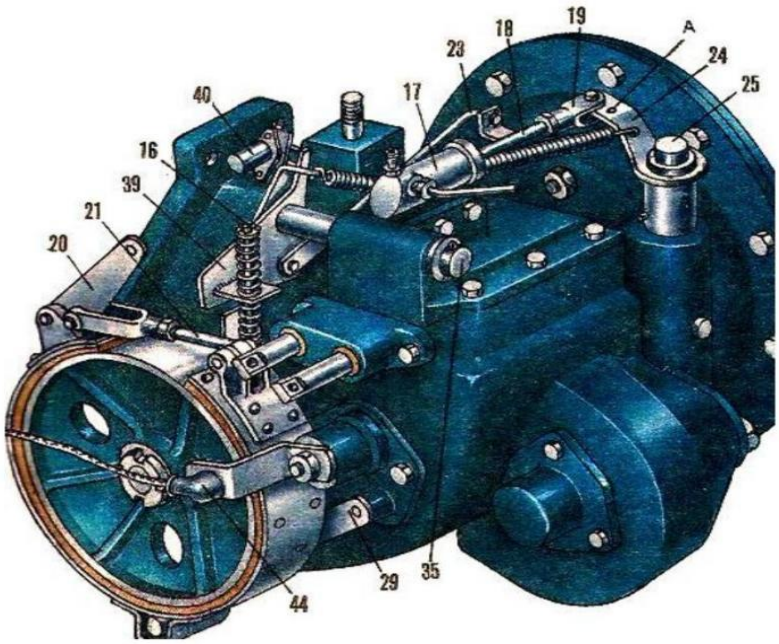


Рисунок 1.4 – Удосконалена коробка передач зернозбиральних комбайнів «Єнісей» та «Нива»:

16 – тяга приводу гальма первинного вала; 17 – робочий гідроциліндр вимикання зчеплення; 18 – шток гідроциліндра; 19 – регулювальна вилка; 20 – важіль приводу стоянкового гальма; 21 – тяга гальмового механізму; 23 – тяга механізму блокування передач; 24 – важіль увімкнення зчеплення; 25 – валик віджимної вилки зчеплення; 29 – важелі гальма первинного вала коробки передач; 35 – блокувальний валик; 39 – двоплечий важіль; 40 – електричний датчик увімкнення передач; 44 – датчик швидкості руху комбайна; А – початкове положення блокувального валика.

а б

Рисунок 1.5 – Загальний вигляд коробки передач СК-5М у зібраному стані (а) та її корпусу (б)

1.3 Висновки, мета та задачі кваліфікаційної роботи

Відновлення технічної справності зернозбирального комбайна є складним і доволі витратним процесом, оскільки воно потребує використання запасних частин, ремонтних матеріалів, спеціального обладнання, кваліфікованої праці та значних витрат часу. Особливо це стосується відповідальних агрегатів ходової частини та трансмісії, до яких належить коробка перемикання передач. Її несправність може призвести до порушення роботи всієї машини, зниження продуктивності та простою комбайна в найбільш напружений період збирання врожаю.

У зв’язку з цим важливого значення набуває не лише виконання ремонту після виникнення відмови, а й упровадження профілактичних заходів, спрямованих на попередження несправностей. До таких заходів належать своєчасне технічне обслуговування, якісне змащування, контроль стану зубчастих коліс, валів, підшипників, корпусних деталей, ущільнень і кріпильних елементів. Раціональна організація ремонтного процесу дозволяє зменшити інтенсивність зношування деталей, підвищити надійність роботи агрегату та продовжити строк служби комбайна.

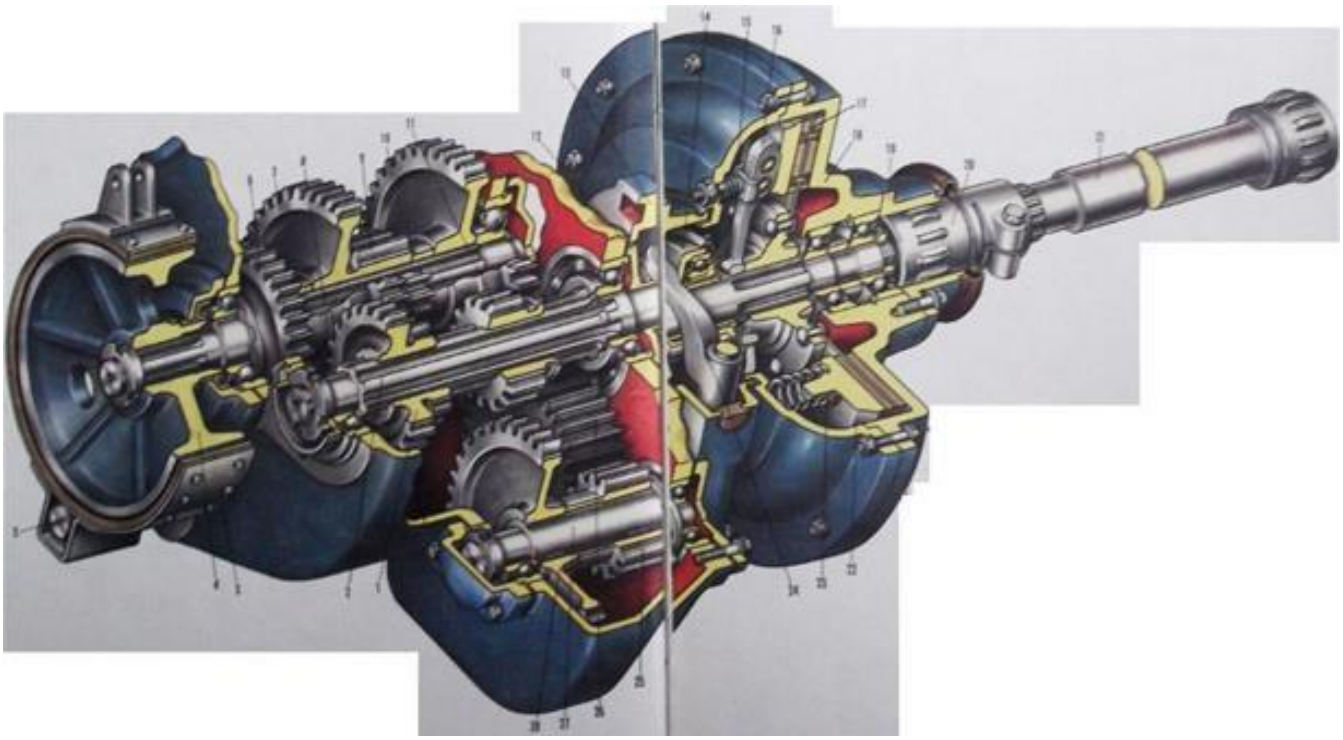
Метою кваліфікаційної роботи є підвищення довговічності та післяремонтного ресурсу коробки перемикання передач зернозбирального комбайна СК-5М «Нива» шляхом удосконалення технології її ремонту. Для досягнення цієї мети передбачається розроблення технологічної документації на виконання основних ремонтних операцій, зокрема розбирання агрегату, дефектації деталей, вибору способів відновлення пошкоджених поверхонь і ремонту корпусу коробки передач.

У межах роботи необхідно обґрунтувати послідовність виконання технологічних операцій, визначити характерні дефекти деталей КПП, вибрати раціональні способи їх усунення та розробити рекомендації щодо відновлення працездатності вузла. Особлива увага приділяється корпусу коробки передач, оскільки саме він забезпечує правильне взаємне розміщення валів, підшипників і зубчастих коліс. Порушення геометрії корпусу або зношення посадкових місць може негативно вплинути на роботу всієї трансмісії.

Таким чином, основними завданнями кваліфікаційної роботи є розроблення технологічної документації на розбирання коробки перемикання передач комбайна СК-5М «Нива», проведення аналізу можливих дефектів її деталей, обґрунтування технологічного процесу дефектації та вибір ефективного способу відновлення основного корпусу КПП.

2. ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Схема і технологічний процес розбирання (складання) складальної одиниці



1 – блок зубчастих коліс увімкнення II та III передач; 2 – первинний вал коробки передач; 3 – стрічка стоянкового гальма; 4 – гальмовий шків; 5 – опорний палець; 6 – зубчасте колесо III передачі; 7 – зубчасте колесо I передачі; 8 – вторинний вал; 9 – ведуче зубчасте колесо головної передачі; 10 – ведене зубчасте колесо I передачі та заднього ходу; 11 – зубчасте колесо вмикання I передачі та заднього ходу; 12 – втулка з маслозгінною різьбою; 13 – кожух зчеплення; 14 – муфта вимикання зчеплення; 15 – опорна вилка; 16 – віджимна лапка; 17 – ведений диск; 18 – маточина зчеплення; 19 – шліцьова маточина; 20 – сполучна шліцьова втулка; 21 – сполучний вал; 22 – натискний диск; 23 – натискна пружина; 24 – віджимна вилка; 25 – проміжне зубчасте колесо; 26 – зубчасте колесо заднього ходу; 27 – проміжний валик; 28 – зубчасте колесо передачі; 29 – віджимна пружина муфти вмикання зчеплення.

Рисунок 2.1 – Коробка передач і зчеплення комбайнів «Єнісей», «Нива», «Колос»

Для демонтажу коробки передач насамперед необхідно зняти її з машини. На комбайнах СК-5 і СК-6 спочатку відкручують дві гайки кріплення захисного щитка ходових ременів, щоб забезпечити вільний доступ до варіатора ходової частини [1–9].

Спочатку потрібно від’єднати шток гідроциліндра варіатора ходової від осі його кріплення. На комбайнах СКД-5 для цього послаблюють хомути, які обмежують хід вилки

блока шківів, а на комбайнах СК-5 викручують обмежувальні болти з кронштейнів.

Далі необхідно відігнути замкову шайбу та послабити гайку стяжного болта маточини варіатора. Після цього за допомогою гвинта натяжного механізму блок шківів переміщують у крайнє переднє положення і знімають ремінь із приймального шківа.

На наступному етапі розшплінтовують і від'єднують тяги від важелів муфти зчеплення, штоків коробки передач, гідроциліндра та стоянкового гальма.

Після цього під коробку передач підводять домкрат або іншу надійну опору, відкручують гайки її кріплення до кожуха диференціала і, обережно опускаючи опору, від'єднують коробку передач від моста ведучих коліс. Демонтовану коробку розміщують на стелажі для подальшого розбирання, укладаючи її валковою площиною донизу.

2.2 Технологічний процес дефектації деталі

Таблиця 2.1 – Результати дефектації

№	Найменування дефекта	Коефіцієнт повторюємості		Основний спосіб усунення дефекту	Допустимий спосіб усунення дефекту
		від загальної кільк. деталей, що надійшли на дефектацію	від загальної кільк. ремонтно-придатних деталей		
1	2	3	4	5	6
1	Знос поверхні під шарикопідшипник 50208 до розміру менше 80,5	-	-	Залізнити шліфувати	Приварити стрічку електроконтактним способом
2	Знос поверхні під шарикопідшипник 309 до розміру менше 100,5	-	-	Залізнити шліфувати	Приварити стрічку електроконтактним способом
3	Знос поверхні під шарикопідшипник 50206 до розміру менше 62,5	-	-	Залізнити шліфувати	Приварити стрічку електроконтактним способом
4	Знос поверхні під шарикопідшипник 50408 до розміру менше 110,5	-	-	Залізнити шліфувати	Приварити стрічку електроконтактним способом
5	Пошкодження різьблення (викрошування, зрив більше 2-х ниток)	-	-	Розсвердлити, нарізать різьбу	-
6	Тріщина корпусу КПП	-	-	Зачистити заварити зачистити	-

2.3 Технологія ремонту КПП комбайна СК-5 Технологічний процес ремонту КПП починається з миття

Коробки передач, що надходять у ремонт, спочатку спрямовуються на мийну дільницю. Для очищення використовується мийна машина періодичної дії ОМ-1366 конвеєрного типу. Під час миття деталей коробки передач застосовують спеціальний мийний розчин. Після зовнішнього очищення агрегати за допомогою підвісного конвеєра транспортують на дільницю розбирання, де на двох робочих місцях їх розкомплектовують на вузли та окремі деталі. Після цього деталі складають у кошики та направляють на повторне миття [1–21].

Далі кошики з очищеними деталями надходять на дільницю дефектування, оснащену спеціальним столом для огляду та контролю. У процесі дефектування визначають технічний стан кожної деталі. Зношені елементи, зокрема вали, корпуси та інші складові, направляють на дільницю відновлення, розташовану в окремому приміщенні. Доставляння деталей на цю дільницю здійснюється спеціальними візками. Тут виконують наплавлення валів, відновлення посадкових місць під підшипники в корпусі коробки передач, а також заварювання тріщин у корпусних деталях.

Деталі, визнані придатними до подальшого використання, після дефектування передаються підвісним конвеєром на комплектувальну дільницю. На цій дільниці працівник підбирає та формує комплект деталей у кошики таким чином, щоб для складання однієї коробки передач усі необхідні елементи містилися в одному комплекті.

Після завершення комплектування кошики з деталями за допомогою кран-балки переміщують на дільницю складання. Тут передбачено п’ять робочих місць, кожне з яких обладнане слюсарним верстаком. До кожного поста підведено стиснене повітря для роботи пневматичного гайковерта. Необхідні кріпильні елементи та інші запасні частини, такі як гайки, болти, прокладки, розміщуються на слюсарних стелажах.

Складання приводного шківа виконують на чотирьох окремих робочих місцях, обладнаних спеціальними пристроями для монтажу та регулювання цього вузла.

Після завершення складання коробка передач надходить на дільницю обкатки, де проходить стендові випробування. Тривалість обкатки становить по 5 хвилин на кожній передачі. Для цього використовується обкатувальний стенд, виготовлений силами підприємства. Після випробувань коробки передач по підвісному конвеєру транспортують на дільницю фарбування, де покриття наносять машинним способом методом розпилення.

У процесі фарбування агрегати також залишаються на підвісному конвеєрі.

Як фарбувальний матеріал використовують ґрунтовку або сільськогосподарську емаль червоно-коричневого відтінку. Після завершення фарбування коробки передач надходять на пункт укладання, де їх розміщують у спеціальну тару по п’ять одиниць і далі відправляють на обмінний пункт для видачі після ремонту [1–21].

2.4 Ремонтне креслення

До складу нормативно-технічної документації з ремонту входить ремонтне креслення деталі, яке містить необхідні відомості технологічного характеру для виконання відновлювальних операцій. Оформлення таких креслень здійснюється згідно з вимогами ДСТУ ГОСТ 2.604:2005 «Єдина система конструкторської документації» та РТМ 70.0001.053-81 [1].

Основні правила виконання ремонтних креслень полягають у такому:

1. Поверхні або зони деталі, на які поширюється технологічний вплив з метою усунення дефектів, зображають суцільною потовщеною лінією, яка має бути у 2–3 рази товщою за основну.
2. На кресленні подають лише ті зображення, розрізи та перерізи, які є достатніми для здійснення відновлення деталі та контролю результатів виконаних робіт.
3. Проставляють тільки ті розміри, граничні відхилення та інші технічні дані, які підлягають забезпеченню і перевірці під час ремонту.
4. У спеціальній таблиці, розташованій зліва на кресленні, вміщують інформацію про характер дефектів та методи їх усунення.
5. Позначення ремонтного креслення утворюється додаванням літери «Р» до позначення відповідної деталі.

2.5 Технологічний процес відновлення КПП

Комплект документації технологічного процесу відновлення корпусу КПП включає титульний лист, відомість технологічних документів, карту ескізів, маршрутні карти та відомість технологічної оснастки.

Ескіз до технологічної карти виконують за встановленими правилами. Поверхні або зони корпусу коробки передач, що підлягають обробці для усунення дефектів за даною маршрутною картою, позначають потовщеною лінією. Їх нумерацію здійснюють у напрямку за годинниковою стрілкою, а номер дефектної ділянки вказують у колі діаметром 6–8 мм із підведенням до відповідної розмірної лінії [1].

На ескізі відображають лише ті зображення, розрізи, перерізи та розміри, які є необхідними для виконання і контролю відновлювальних операцій, або ж використовуються як допоміжні довідкові відомості.

У вільній частині карти зазначають перелік дефектів, їхні номери згідно з ескізом деталі, допустимі під час ремонту параметри дефектації, а також технічні вимоги до деталі після відновлення.

Окремим етапом є визначення норми часу на заварювання тріщин у корпусі коробки передач комбайна СК-5М «Нива». Основний час виконання цієї операції для тріщин різної довжини обчислюють за відповідною формулою [1–21]:

$$T_a = \frac{60 \cdot L \cdot F \cdot \gamma}{\alpha \cdot I} \cdot A \cdot m \qquad (2.1)$$

де L — довжина тріщини, мм;

F — площа поперечного перерізу шва, 1,48;

γ — щільність електрода, 1,8 г/см³**;**

α — коефіцієнт наплавлення, 6,5;

I — сила струму, 240 А;

A — коефіцієнт, що враховує довжину шва, 1,1;

m — коефіцієнт, що враховує положення шва у просторі, 1,25.

У результаті підстановки вихідних даних у формулу основного часу отримано: для тріщини довжиною 50 мм — 3,09 хв, для 75 мм — 4,6 хв, для 100 мм — 6,2 хв.

Після цього визначають режими відновлення та норму часу на виконання операції залізнення посадочного місця під підшипник 50208 комбайна. Відновлення здійснюють до діаметра, меншого за 80,5 мм, при товщині нанесеного шару 0,3 мм.

Процес залізнення виконують в електроліті № 3, до складу якого входять: 200 г/л хлористого заліза, 100 г/л хлористого натрію та 0,7 г/л соляної кислоти. Робоча температура електроліту становить 90 °С, а щільність струму приймається на рівні 20 А/дм².

На наступному етапі розраховують площу поверхні, що підлягає покриттю:

$$F_к = \frac{\pi D}{2} L \qquad (2.2)$$

де D — діаметр оброблюваної поверхні, що дорівнює 0,80 дм;

L — довжина ділянки обробки, яка становить 0,20 дм.

Розрахована площа поверхні покриття становить $F_к = 1{,}3$ дм².

Наступним етапом є обчислення сили струму для здійснення процесу залізнення^

$$I = D_K F_K \tag{2.3}$$

$$I = 20 \cdot 1{,}3 = 26 \text{ А}$$

Наступним етапом є розрахунок основного часу, під яким розуміють час перебування деталі у ванні в процесі нанесення покриття:

$$T_o = \frac{10h\gamma}{CD_K\eta_B} \tag{2.4}$$

де h — товщина нарощуваного шару, $h = 0{,}3$ мм;

γ — щільність осаджуваного металу, $\gamma = 7{,}8$ г/см³;

C — електролітичний еквівалент, $C = 1{,}042$ г/А·год;

η_B — вихід металу за струмом, $\eta_B = 0{,}52$.

$$T_o = \frac{10 \cdot 0{,}3 \cdot 7{,}8}{1{,}042 \cdot 20 \cdot 0{,}52} = 2{,}16 \text{ год}$$

Отже, тривалість виконання гальванічної операції становитиме:

$$\mathrm{T_н} = \frac{(\mathrm{T_o} + \mathrm{T_B} + \mathrm{T}_{On})\mathrm{K_{ПЗ}}}{n\eta_и} \tag{2.5}$$

де $\mathrm{T_0}$ — основний час, що дорівнює 2,16 год або 129,6 хв;

$\mathrm{T_в}$ — допоміжний час, який не перекривається і витрачається на установлення деталі в пристосування та її зняття, 0,18 хв;

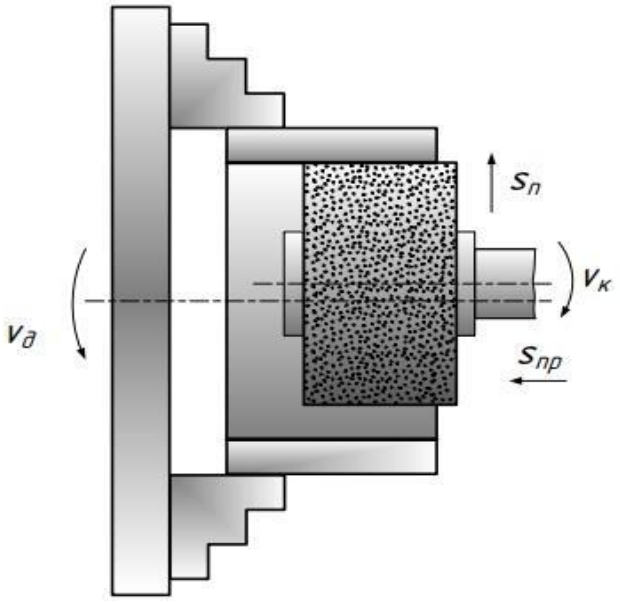
T_{On} — оперативний час, що не перекривається, на виконання всіх наступних операцій після покриття, крім сушіння деталей, 4,33 хв;

$\mathrm{K_{ПЗ}}$ — коефіцієнт урахування підготовчо-заключного та додаткового часу, який при однозмінній роботі становить 1,15;

n — число деталей, що обробляються одночасно, 1.

Отже, розрахункова норма часу дорівнює $\mathrm{T_н} = 2{,}41$ год $= 144{,}5$ хв.

Для механічної обробки цапфи доцільно застосувати внутрішньошліфувальний верстат 3К228В (рис. 2.2). Розміри шліфувального інструменту обмежуються максимальним діаметром круга, допустимим для встановлення на цьому обладнанні. Тому для роботи обираємо шліфувальний круг діаметром 69 мм і шириною 16 мм.



Vк – колова швидкість шліфувального круга;

Vд – колова швидкість деталі;

Sпр – поздовжня подача

Рисунок 2.2 – Процес внутрішнього круглого шліфування

Під час вибору режимів обробки поздовжню подачу приймаємо у частках ширини шліфувального круга, де $\beta = 0{,}3$. Глибина шліфування становить $t = 0{,}01$ мм, а окружна швидкість деталі повинна бути 20 м/хв. Розрахунок поздовжньої подачі виконуємо за формулою:

$$S\text{пр} = \text{В}_\text{к}\beta \tag{2.6}$$

$$S\text{пр} = 50 \cdot 0{,}3 = 15 \text{ мм/об}$$

Кількість проходів визначаємо за формулою:

$$i = \frac{0{,}2}{0{,}01} = 20 \text{ проходів}$$

Поздовжній і поперечний рухи подачі реалізуються засобами верстатного механізму. Окружну швидкість шліфувального круга приймаємо в інтервалі 30–35 м/с. Розрахунок частоти обертання деталі виконуємо за формулою.

І ще коротший технічний варіант:

Поздовжня та поперечна подачі здійснюються верстатом. Швидкість круга приймаємо $V\text{к} = 30 - 35$ м/с. Частоту обертання деталі визначаємо за формулою:

$$n_\text{д} = \frac{318 v_\text{д}}{d} \tag{2.7}$$

$$n_\text{д} = \frac{318 \cdot 20}{40} = 159 \text{ хв}^{-1}$$

Вибираємо швидкість обертання деталі $v_д = 150$ м/хв.

За таблицею вибираємо частоту обертання шліфувального кола $n_к = 1112$ хв$^{-1}$. м/с).

Скоригована швидкість шліфувального кола за формулою:

$$v_к = \frac{\pi D_к n_к}{1000 \cdot 60} \quad (2.8)$$

$$v_к = \frac{3{,}14 \cdot 450 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 26{,}1 \text{ м/с}$$

Окружну швидкість шліфувального круга вибирають відповідно до табличних рекомендацій, приймаючи $v_к = 30 - 35$ м/с. Розрахунок основного часу обробки здійснюють за відповідною формулою:

$$T_о = \frac{L_i}{n_д S_{пр}} K \quad (2.9)$$

Розрахунок довжини оброблюваної поверхні виконуємо за формулою:

$$y + 1 = L \quad (2.10)$$

де $l = 176 - 20 = 156$ мм;

Величину врізання та перебігу розраховуємо тільки на один бік:

$$y = 0{,}5B_к \quad (2.11)$$

$$y = 0{,}5 \cdot 50 = 25 \text{ мм}$$

$$L = 156 + 25 = 181 \text{ мм}$$

Коефіцієнт зачистних ходів приймаємо рівним $K = 1{,}4$:

$$T_0 = \frac{181 \cdot 20}{150 \cdot 15} 1{,}4 = 2{,}25 \text{ хв}$$

Час на встановлення деталі у пристосування та її зняття після обробки приймається $T_{в1} = 0{,}8$ хв. Значення допоміжного часу $T_{в2}$, що припадає на перший і наступні проходи, встановлюється відповідно до таблиці:

$$T_{в2} = 1{,}2 + 0{,}05(20 - 1) = 2{,}15 \text{ хв}$$

$$T_в = 0{,}8 + 2{,}15 = 2{,}95 \text{ хв}$$

Оперативний час обчислюємо за відповідною формулою:

$$T_{ОП} = 5{,}2 \text{ хв.}$$

Значення додаткового часу обчислюємо за формулою:

$$T_{ДОП} = \frac{T_{ОП} К}{100} \quad (2.12)$$

де К — відношення додаткового часу до оперативного, виражене у відсотках; у розрахунках приймаємо К = 9 %.

$$T_{ДОП} = 100 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 9 = 0{,}47 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час приймаємо $T_{пз} = 11$ хв. Тоді штучно-калькуляційний час на виконання даної операції становитиме:

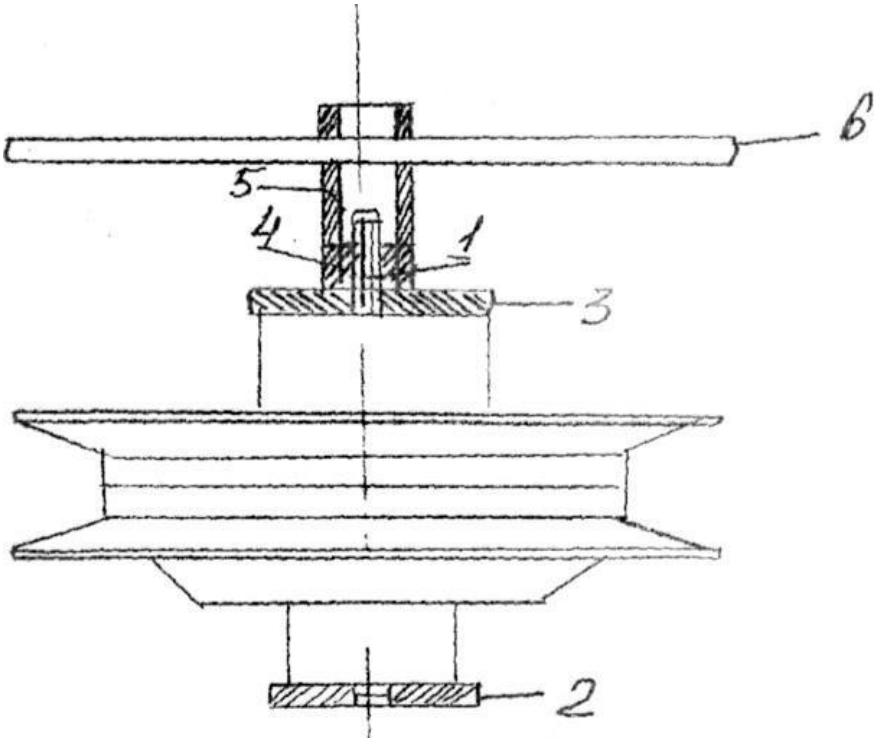
$$T_н = T_{ОП} + T_{ДОП} + \frac{T_{ПЗ}}{n_{ШТ}} \quad (2.13)$$

де $n_{ШТ}$ — кількість деталей у партії; у розрахунку приймаємо $n_{ШТ} = 1$.

$$T_н = 5{,}2 + 0{,}47 + \frac{11}{1} = 16{,}67 \text{ хв}$$

2.6 Призначення та пристрій пристосування для розбирання муфти зчеплення КПП комбайна СК-5

Під час виконання розбиральних робіт муфт зчеплення ходової частини комбайна доволі часто фіксується пошкодження кріпильних елементів, зокрема болтів і гайок, які забезпечують стягування деталей муфт [22–24].



1 – болт; 2 – шайба; 3 – опорна шайба; 4 – гайка; 5 – втулка; 6 – комір

Рисунок 2.3 – Конструктивна схема пристосування

Запропоноване пристосування призначене для полегшення та пришвидшення розбирання муфт, а також для збереження справності кріпильних деталей. Його використання дає змогу виконувати стягування елементів муфти без пошкодження різьбових з’єднань.

2.7 Порядок роботи пристосування

Для виконання розбирання муфти зчеплення болт поз. 1 пристосування вводять в отвір під підшипник 180707. На різьбову частину болта за допомогою коміра

встановлюють втулку. Подальшим обертанням коміра здійснюють стискання деталей муфти, що дає змогу безпечно відвернути болти кріплення корпусу муфти зчеплення.

Після зняття всіх гайок кріпильні болти вільно виймають із наскрізних отворів муфти. Далі втулку разом із гайкою, використовуючи комір, відкручують від болта, після чого болт витягують і виконують повне розбирання корпусу муфти на складові елементи.

Дане пристосування є технологічно нескладним у виготовленні та зручним в експлуатації, що робить можливим його використання в умовах будь-якого господарства, яке здійснює ремонт коробок передач комбайнів СК-5 і СК-6.

2.8 Інженерний розрахунок елементів конструкції технологічного оснащення

Дано: $d = 30$ мм, $F_3 = 46$ кН, $D = 41$ мм; для різьби М30 $D_1 = 26{,}2$ мм, Р $= 3{,}55$ мм

1. Коефіцієнт тертя для пари матеріалів «сталь — чавун» приймаємо рівним $f = 0{,}13$.

Кут підйому різьби визначаємо за відповідною формулою:

$$\Psi = arctg\left(\frac{n \cdot P}{\pi \cdot d_2}\right) = arctg\left(\frac{1 \cdot 3{,}5}{\pi \cdot 26{,}2}\right) = arctg 0{,}04 = 2°18'' \qquad (2.14)$$

2. Визначаємо приведений кут тертя при $\alpha = 60°$

$$\text{Р}' = arctg\left(\frac{f}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}\right) = arctg\left(\frac{13}{\cos\left(\frac{60}{2}\right)}\right) = 8°32' \qquad (2.15)$$

3. Відстань від точки прикладання зусилля до осі болта визначається за залежністю:

$$L = 15d = 15 \cdot 30 = 450 \text{ мм} \qquad (2.16)$$

4. Допустиме зусилля затягування болта приймається на рівні 45 кН за діаметра $D = 41$ мм.

5. Далі визначають допустиму силу, що може бути прикладена робітником до рукоятки ключа, при коефіцієнті $f_{\text{оп}} = 0{,}13$.

$$F_p \cdot L = F_3\left(\frac{d_2 \cdot tg(\Psi + \text{Р}')}{2} + \frac{f_{\text{оп}}(D^3 - d_{om}^3)}{3(D^2 - d_{om}^2)}\right) \qquad (2.17)$$

$$\frac{45 \cdot 10^3}{450} \cdot \left(\frac{26{,}2 \cdot tg(2°18'' + 8°32')}{2} + \frac{0{,}13 \cdot (41^3 - 31^3)}{3 \cdot (41^2 - 31^2)}\right) = 44{,}2 \text{ Н}$$

Розрахункове значення діаметра різьби становить $d_{\text{р}} = d - 0{,}98P = 30 - 0{,}9 \cdot 3{,}5 = 26{,}85$ мм.

Отриманий результат відповідає метричній різьбі М30**.**

$$\frac{\pi_1^{\cdot 2}}{4} \cdot [\sigma_{\text{р}}] = \text{Р}_{\text{р}} \tag{2.18}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4*P}{\pi \cdot [\sigma_p]}} \tag{2.19}$$

де P — осьове навантаження;

d_1 — внутрішній діаметр різьбової частини, см;

$[\sigma_{\text{р}}]$ — допустиме напруження при розтягу, $[\sigma_{\text{р}}] = 1400$ кгс/см².

$$\text{Р}_{\text{р}} = \frac{\pi \cdot 2{,}62^2}{4} \cdot 1400 = 75{,}44 \text{ кгс} = 7544{,}00 \text{ Н} \tag{2.20}$$

Під час виконання розрахунків на міцність було здійснено перевірку болта, що виконує функцію основного стягувального елемента муфти зчеплення в процесі її розбирання.

2.9 Техніко-економічні показники виготовлення технічної оснастки

$$\text{С}_{\text{од}} = \text{С}_{\text{пр1н}} + \text{С}_{\text{м1}} \tag{2.21}$$

де $\text{С}_{\text{пр1н}}$ — сукупні витрати на виробничих працівників, зайнятих виготовленням оригінальних деталей, включаючи додаткову оплату праці та нарахування на соціальне страхування [22–28];

$\text{С}_{\text{м1}}$ — витрати на матеріал.

$$\text{С}_{\text{пр}} = t \cdot \text{С}_{\text{ч}} \cdot \text{К}_t \tag{2.22}$$

де t — середня трудомісткість робіт, що приймається на рівні 2 люд.-год;

$\text{С}_{\text{ч}}$ — годинна ставка оплати праці робітника, яка становить 51,2 грн;

К_{t} — коефіцієнт доплат, значення якого дорівнює 1,025.

$$\text{С}_{\text{пр}} = 2 \cdot 51{,}2 \cdot 1{,}025 = 104 \text{ грн}$$

Додаткова заробітна плата визначається за формулою:

$$\text{С}_{\text{д}} = (8 \cdot \text{С}_{\text{пр}})/100 \tag{2.23}$$

$$\text{С}_{\text{д}} = \frac{8 \cdot 104}{100} = 8 \text{ грн}$$

Нарахування на соціальне страхування визначаються за формулою:

$$\text{С}_{\text{соц}} = 4{,}4(\text{С}_{\text{пр}} + \text{С}_{\text{ч}})/100 \tag{2.24}$$

$$\text{С}_{\text{соц}} = \frac{4{,}4(104+8)}{100} = 5{,}6 \text{ грн}$$

Повну заробітну плату визначаємо за формулою:

$$С_{прп1} = С_{пр} + С_{д} + С_{соц} \quad (2.25)$$

$$С_{прп1} = 104 + 8 + 5{,}6 = 117{,}6 \text{ грн}$$

Вартість матеріалу визначаємо за формулою:

$$С_{м} = Ц_{1} \cdot Q_{З} \quad (2.26)$$

де Ц — вартість 1 кг матеріалу, яка становить 6,5 грн;

$Q_{З}$ — маса заготовки, прийнята в розрахунку 12 кг.

$$С_{м} = 6{,}5 \cdot 12 = 78 \text{ грн}$$

$$С_{од} = 117{,}6 + 78 = 195{,}6 \text{ грн}$$

Заробітну плату робітників, зайнятих на складанні, визначаємо за формулою:

$$С_{сб} = Т_{сб} \cdot С_{ч} \cdot К_{t} \quad (2.27)$$

де $Т_{сб}$ – нормативна трудомісткість на збирання конструкції;

$$Т_{сб} = К_{с} \cdot \sum t_{сб} \quad (2.28)$$

де $К_{с}$ — коефіцієнт переходу від оперативного часу до повного часу складання, який приймається 1,07;

$t_{сб}$ — трудомісткість виконання складальних робіт для окремих елементів конструкції.

$$Т_{сб} = 0{,}7 + 0{,}3 + 0{,}6 = 1{,}6 \text{ люд-год}$$

$$Т_{сб} = 1{,}6 \cdot 1{,}08 = 1{,}104$$

$$С_{сб} = 2{,}64 \cdot 51{,}3 \cdot 1{,}025 = 168{,}96 \text{ грн}$$

Додаткову заробітну плату визначаємо за формулою:

$$С_{доп} = (8 \cdot С_{сб})/100 \quad (2.29)$$

$$С_{доп} = \frac{8 \cdot 168{,}96}{100} = 13{,}53 \text{ грн}$$

Відрахування на соціальне страхування визначаємо за формулою:

$$С_{соц} = 4{,}4(С_{об} + С_{деб})/100 \quad (2.30)$$

$$С_{соц} = \frac{4{,}4(168{,}96+13{,}52)}{100} = 8{,}04 \text{ грн}$$

Повну заробітну плату визначаємо за формулою:

$$С_{сбн} = С_{сб} + С_{деб} + С_{соцстр} \quad (2.31)$$

$$С_{сбн} = 168{,}96 + 13{,}52 + 8{,}04 = 190{,}52 \text{ грн}$$

Загальновиробничі накладні витрати визначаємо за формулою:

$$С'_{он} = (l'_{пр} \cdot R_{он})/100 \quad (2.32)$$

де $С_{пр}$ — основна заробітна плата, що припадає на виготовлення виробу.

$$С'_{пр} = С_{пр} + С_{об} \quad (2.33)$$

$$С'_{пр} = 117,6 + 168,96 = 286,56 \text{ грн}$$

де $R_{он}$ — норматив загальновиробничих накладних витрат, що приймається на рівні 74,5 %.

За результатами розрахунку отримуємо: $С_{он} = 20,23$ грн.

$$С_к = Q_к \cdot С_{кд} \quad (2.34)$$

де $С_к$ — витрати на виготовлення корпусних деталей;

$Q_к$ — маса використаного матеріалу, яка становить 6 кг;

$С_{кд}$ — вартість одного кілограма готових деталей, що дорівнює 10 грн.

$$С_к = 6 \cdot 10 = 60 \text{ грн}$$

$$С_{цкоп} = С_к + С_{од} + С_{оп} \quad (2.35)$$

$$С_{цкоп} = 60 + 286,56 + 20,23 = 366,79 \text{ грн}$$

2.10 Опис пристосування для свердління стрічки гальмівної КПП СК-5

Запропоноване пристосування з охорони праці розроблене для підвищення безпечності та зручності виконання слюсарно-ремонтних операцій під час свердління гальмівної стрічки коробки перемикання передач. Його застосування особливо доцільне під час ремонту КПП зернозбиральних комбайнів, коли виникає потреба у заміні зношеної фрикційної накладки та подальшому її надійному з’єднанні з гальмівною пластиною.

Основне призначення пристрою полягає в тому, щоб забезпечити правильне положення фрикційної стрічки під час свердління, зменшити ризик її зміщення, перекосу або пошкодження, а також підвищити точність виконання отворів. Без використання спеціального пристосування така операція може бути небезпечною, оскільки деталь має криволінійну форму, її складно надійно зафіксувати, а під час свердління можливе прокручування, вібрація або виривання заготовки з рук працівника. Це створює ризик травмування та погіршує якість ремонту.

Конструктивно пристрій складається зі стійки, яка виконує функцію основного несучого елемента. На стійці закріплено два диски, з’єднані між собою втулкою. Втулка приварюється до дисків за допомогою електрозварювання, що забезпечує достатню жорсткість і міцність конструкції. Така будова дає змогу створити опорну поверхню, яка за формою відповідає положенню гальмівної стрічки під час її обробки.

Під час виконання ремонтної операції на диски встановлюють нову фрикційну стрічку. Після цього за допомогою обтискної стрічки, з якої попередньо видаляють зношену накладку, нову стрічку фіксують у потрібному положенні. Це дозволяє точно сумістити елементи між собою та уникнути їх зміщення під час подальшого свердління. Надійна фіксація є важливою умовою безпечної роботи, оскільки вона зменшує потребу утримувати деталь руками безпосередньо біля зони різання.

Свердління отворів у фрикційній накладці виконують, використовуючи отвори в металевій стрічці як напрямні. Завдяки цьому забезпечується точне розташування отворів і відповідність їх положення місцям майбутнього заклепкового з’єднання. Такий спосіб спрощує виконання операції, знижує імовірність помилок під час розмітки та покращує якість подальшого складання вузла.

Після завершення свердління фрикційну накладку знімають із пристосування, перевіряють якість виконаних отворів і встановлюють її на гальмівну стрічку. Остаточне кріплення виконується за допомогою заклепок, які забезпечують міцне та надійне з’єднання накладки з металевою основою. Правильне встановлення фрикційної накладки має важливе значення для ефективної роботи гальмівного механізму КПП, оскільки від якості її кріплення залежить рівномірність притискання, зносостійкість і стабільність гальмування.

До переваг запропонованого пристосування можна віднести простоту конструкції, невелику кількість деталей, доступність матеріалів для виготовлення та можливість використання в умовах звичайної ремонтної майстерні. Воно не потребує складного обладнання або спеціальної підготовки персоналу, а його застосування дозволяє підвищити безпеку праці, зменшити трудомісткість операції та забезпечити більш високу точність свердління.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Вимоги до безпеки праці під час виконання гальванічних робіт

Загальні вимоги безпеки [25]

Вимоги з охорони праці, викладені в цій Типовій інструкції, поширюються на працівників, які виконують роботи за професією гальваніка.

До виконання робіт гальваніка допускаються особи, які досягли 18-річного віку, мають відповідний кваліфікаційний розряд, пройшли медичний огляд, інструктаж з охорони праці та мають належну групу допуску з електробезпеки.

Проходження інструктажу з безпеки праці, а також навчання безпечним способам і прийомам виконання робіт є обов'язковим для всіх працівників, у тому числі для новоприйнятих осіб і тих, хто проходить виробничу практику.

Під час виконання робіт гальванік може піддаватися впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Небезпечним виробничим фактором вважають такий чинник, вплив якого за певних умов може викликати травмування або раптове погіршення стану здоров'я працівника. Шкідливим виробничим фактором є чинник, дія якого може спричинити зниження працездатності або розвиток захворювань. До таких факторів належать токсичні хімічні речовини, шум, вібрація, несприятливий мікроклімат виробничих приміщень та інші.

Гальванік повинен знати про можливість контакту з небезпечними та шкідливими виробничими факторами, зокрема під час роботи в цеху — із шкідливими речовинами в повітрі робочої зони, електричним струмом, токсичними хімічними сполуками, пилом та несприятливими параметрами мікроклімату.

Умови та характер праці поділяють на три класи:

– **1 клас** — оптимальні умови праці. За таких умов виключається несприятливий вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів на організм людини.

– **2 клас** — допустимі умови праці. Рівні небезпечних і шкідливих виробничих факторів не перевищують установлених гігієнічних нормативів. Можливі незначні функціональні зміни в організмі відновлюються під час регламентованого відпочинку впродовж робочого дня або до початку наступної зміни.

– **3 клас** — шкідливі та небезпечні умови праці. Рівень впливу виробничих факторів перевищує гігієнічні норми, що може призвести до стійкого зниження працездатності, порушення здоров'я, травмування або розвитку професійних захворювань

із ураженням серцево-судинної, дихальної, нервової систем, а також печінки, нирок та інших органів.

Під час виконання робіт, залежно від характеру небезпечних і шкідливих виробничих факторів, гальванік зобов'язаний користуватися засобами індивідуального захисту, зокрема спецодягом, спеціальним взуттям та іншими захисними пристроями, а також неухильно дотримуватися правил особистої гігієни.

Під час виконання дорученої роботи гальваніку забороняється залишати робоче місце без дозволу майстра або брати участь у виконанні робіт, які йому не доручалися. У процесі роботи не допускається паління, вживання їжі, сторонні розмови чи відволікання на інші справи. Перед прийманням їжі або палінням у спеціально відведених місцях необхідно обов'язково вимити руки з милом і прополоскати рот.

Про всі виявлені несправності обладнання, пристроїв або інструменту гальванік повинен негайно повідомити майстра.

Під час ручного виконання допоміжних операцій дозволяється переносити вантаж масою до 20 кг чоловікам і до 10 кг жінкам. В інших випадках, а також під час завантаження у ванни чи вивантаження з них великогабаритних або важких виробів, маса яких перевищує зазначені норми, необхідно застосовувати вантажопідіймальні механізми та спеціальні пристрої.

До виконання робіт за допомогою вантажопідіймальних машин, що керуються з підлоги, а також до стропування вантажів на гак цих машин працівники допускаються лише після проходження відповідного інструктажу та перевірки практичних навичок керування такими машинами і виконання стропувальних робіт.

Гальванік повинен знати правила надання першої долікарської допомоги у разі нещасних випадків (Додаток) і вміти застосовувати їх на практиці.

У разі виникнення нещасного випадку необхідно негайно надати потерпілому першу допомогу, викликати лікаря та повідомити про подію майстра або начальника цеху (дільниці). За можливості слід зберегти обстановку на місці події без змін для подальшого розслідування.

3.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

У разі виконання небезпечних, малознайомих або рідко здійснюваних робіт гальванік повинен пройти цільовий інструктаж з охорони праці, який проводить майстер.

Робоче місце має бути впорядкованим і достатньо освітленим. Проходи між ваннами

повинні залишатися вільними, а дерев’яні решітки біля робочих місць — утримуватися у справному стані.

Перед початком роботи слід привести до належного стану робочий одяг, підготувати справні засоби індивідуального захисту, зокрема захисні окуляри закритого типу, гумові рукавички, гумові чоботи та прогумований фартух. Також потрібно оглянути необхідний інструмент, пристрої та вантажопідіймальні засоби, перевірити їхню справність, розмістити їх у зручному й безпечному для користування місці та переконатися у чистоті струмопровідних штанг на гальванічних ваннах.

Виконання робіт на гальванічній дільниці дозволяється лише за наявності справно діючої вентиляції. Припливно-витяжна вентиляція та місцеві відсмоктувачі повинні забезпечувати чистоту повітря і температурний режим відповідно до вимог санітарних норм. Перед початком роботи необхідно перевірити ефективність функціонування витяжних пристроїв вентиляційної системи.

Зберігати отруйні речовини та інші хімікати безпосередньо на робочому місці забороняється.

Перед початком роботи руки необхідно змащувати захисними мазями або пастами відповідно до рекомендацій лікаря.

Особи, які мають ушкодження шкірного покриву, можуть бути допущені до роботи лише за наявності висновку лікаря.

3.3 Вимоги безпеки під час роботи

Вміст шкідливих парів і газів у повітрі робочої зони повинен контролюватися не рідше одного разу на шість місяців, а також обов’язково після впровадження кожного нового гальванічного процесу.

Бутлі з кислотами слід зберігати щільно закритими у спеціальних кошиках або пристроях, що забезпечують їх стійке й безпечне розміщення, у прохолодному місці. Перевезення кислот допускається лише на спеціальних ношах або візках, при цьому між бутлями та стінками тари обов’язково повинні бути м’які прокладки.

Приготування розчинів для травлення металів необхідно виконувати шляхом додавання кислот у воду. Якщо використовується суміш кислот, їх слід вливати послідовно в порядку зростання густини. Під час розбавлення кислот їх потрібно вводити тільки в холодну воду тонким струменем.

Наповнення ванн, а також розливання кислот і лугів слід здійснювати за допомогою

сифонів, обладнаних герметичними кранами, дія яких ґрунтується на всмоктуванні або нагнітанні повітря. Забороняється створювати вакуум у сифонній трубці шляхом засмоктування повітря ротом. Розлив кислот і лугів у ванни шляхом нахилу бутлів не допускається.

Перед зливанням кислоти в сулію в її шийку необхідно встановити спеціальну лійку з трубкою для відведення повітря.

Гальваніку забороняється:

– вливати воду в кислоту;

– додавати кислоту у воду, температура якої перевищує 20 °С;

– вносити хімічні речовини у ванну без дозволу майстра.

Порожні бутлі з-під кислот перед передаванням на склад необхідно попередньо промити содовим розчином, а потім водою.

Шматки лугу слід вводити в розчин повільно, занурюючи їх за допомогою щипців або спеціальних сіток.

Місцеву вентиляцію ванн, що працюють із підігрівом, потрібно вмикати одночасно з початком нагрівання ванн і вимикати лише після їх повного охолодження.

Завантаження деталей у ванни та виймання їх із ванн виконують лише при знятій напрузі та обов’язково із застосуванням засобів індивідуального захисту, зокрема спецодягу, гумових рукавичок, гумових чобіт, прогумованого фартуха та захисних окулярів закритого типу. Вироби слід опускати в розчин і виймати з нього плавно, користуючись щипцями або підвісками, не допускаючи розбризкування електроліту. Дрібні деталі занурюють у розчин у дротяних кошиках. Під час виконання гальванічних робіт забороняється опускати у ванни брудні або вологі вироби, а також працювати без належних засобів індивідуального захисту.

Для виймання деталей, що впали у ванну, необхідно використовувати лише спеціально призначені для цього пристрої.

Під час виконання процесу гальванічного покриття кришка закритої ванни повинна залишатися закритою, оскільки це підвищує ефективність роботи бортової вентиляції та запобігає потраплянню шкідливих газів у повітря виробничого приміщення.

У неробочий час ванни, що містять розчини кислот, лугів, ціаністих, хромових та інших шкідливих речовин, необхідно щільно закривати кришками. За 10–15 хвилин до початку роботи або перед відкриванням кришок слід увімкнути вентиляцію.

У ваннах для хромування, електрознежирення та інших аналогічних процесів, щоб не допустити утворення гримучого газу, необхідно періодично видаляти з поверхні розчину забруднення та піну.

Під час роботи на електрованнах хімічного оксидування (вороніння), феросульфідування та інших процесах із використанням концентрованих розчинів їдких лугів температура не повинна перевищувати 150 °С**.** Перед нагріванням ванни потрібно обережно долити розчин до робочого рівня гарячою водою невеликими порціями, спрямовуючи її по стінці ванни, після чого ретельно перемішати розчин, руйнуючи сольову кірку на його поверхні. Щоб уникнути викидання розчину під час нагрівання до кипіння, його необхідно періодично й обережно перемішувати.

Під час прибирання приміщення забороняється підмітати суху підлогу. Очищення слід виконувати вологим способом, використовуючи тирсу, змочену в 10%-му розчині залізного купоросу.

Забороняється зливати у каналізацію відпрацьовані ціаністі розчини. Перед зливанням вони повинні бути знешкоджені хлорним вапном відповідно до вимог спеціальної інструкції.

Очищення штангів допускається виконувати тільки вологим способом.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Економічна ефективність відновлення КПП

Техніко-економічна оцінка запропонованого технологічного процесу ремонту коробки перемикання передач зернозбирального комбайна СК-5М «Нива» виконується з метою встановлення доцільності впровадження розроблених заходів у ремонтне виробництво. Основним завданням такого розрахунку є порівняння базового варіанта ремонту з удосконаленим, який передбачає більш раціональну організацію технологічного процесу, застосування спеціального пристосування для розбирання муфти зчеплення, підвищення якості дефектації та відновлення деталей КПП.

Економічна ефективність у цьому випадку формується за рахунок кількох чинників. До них належать збільшення післяремонтного ресурсу коробки передач, зменшення тривалості окремих ремонтних операцій, скорочення простоїв техніки, підвищення якості складання вузла, зменшення кількості повторних ремонтів і зниження витрат, пов’язаних із передчасним виходом агрегату з ладу.

Коробка перемикання передач є одним із відповідальних вузлів ходової частини комбайна. Її технічний стан безпосередньо впливає на надійність руху машини, можливість вибору необхідного швидкісного режиму та стабільність роботи під час збирання врожаю. Вихід КПП з ладу в період польових робіт призводить не лише до витрат на ремонт, а й до значних непрямих втрат, пов’язаних із простоєм комбайна, порушенням строків збирання та зниженням продуктивності господарства.

Тому впровадження вдосконаленої технології ремонту має не тільки технічне, а й економічне значення. Запропонований варіант ремонту дозволяє підвищити ресурс відновленого агрегату, зменшити трудомісткість допоміжних операцій та покращити якість виконання ремонтних робіт.

Таблиця 4.1 – Вхідні параметри для розрахунку

Найменування показників	Позначення	Базовий	Новий
Річний обсяг ремонтів	N	2600	4000
Післяремонтний ресурс	R	950	1000
Річний доробок	W	200	200
Питомі капітальні вкладення	K	0	23,1
Собівартість ремонту	C	760	7330

Утримування в експлуатації	I	21,4	21,4

Міжремонтний період коробки передач визначаємо за формулою [26–28]:

$$\mathrm{T} = R/W \tag{4.1}$$

де T — міжремонтний період, років;

R — післяремонтний ресурс коробки передач, год;

W — річний доробок агрегату, год/рік.

Для базового варіанта:

$$\mathrm{T_б} = \frac{950}{200} = 4{,}75 \text{ року}$$

Для нового варіанта:

$$\mathrm{T_н} = \frac{1000}{200} = 5 \text{ року}$$

Отримані значення свідчать, що застосування вдосконаленої технології ремонту забезпечує збільшення міжремонтного періоду з 4,75 до 5,0 року. Хоча приріст ресурсу на перший погляд є незначним, у масштабах ремонтної програми це має позитивний економічний ефект, оскільки зменшується частота повторного ремонту агрегатів і підвищується готовність техніки до роботи.

Частку відрахувань на ремонт коробки передач за варіантами визначаємо за формулою:

$$\mathrm{A} = \mathrm{C}/\mathrm{T} \tag{4.2}$$

де A — річна частка витрат на ремонт, грн/рік;

C — собівартість ремонту коробки передач, грн;

T — міжремонтний період, років.

Для базового варіанта:

$$\mathrm{A_б} = \frac{760}{4{,}75} = 160{,}0 \text{ грн/рік}$$

Для нового варіанта:

$$\mathrm{A_н} = \frac{7330}{5{,}0} = 1466{,}0 \text{ грн/рік}$$

Річні витрати на експлуатацію визначаємо за формулою:

$$\mathrm{B} = \mathrm{A} + \mathrm{I} \tag{4.3}$$

де B — загальні річні витрати на експлуатацію та ремонт, грн/рік;

A — річна частка витрат на ремонт, грн/рік;

I — витрати на утримання агрегату в експлуатації, грн.

Для базового варіанта:

$$В_б = 160{,}0 + 21{,}4 = 181{,}4 \text{ грн/рік}$$

Для нового варіанта:

$$В_н = 1466{,}0 + 21{,}4 = 1487{,}4 \text{ грн/рік}$$

Оскільки новий варіант передбачає додаткові питомі капітальні вкладення, необхідно врахувати їх у складі приведених витрат. Приведені витрати визначаються за формулою:

$$З = В + Е_н \cdot К \quad (4.4)$$

де З — приведені витрати, грн;

B — річні витрати на ремонт та експлуатаційне утримання, грн;

$E_н$ — нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

K — питомі капітальні вкладення, грн.

Для базового варіанта, оскільки додаткові капітальні вкладення відсутні:

$$З_б = 181{,}4 + 0 = 181{,}4 \text{ грн}$$

Для нового варіанта:

$$З_н = 1487{,}4 + Е_н \cdot 23{,}1$$

Якщо прийняти нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень $Е_н = 0{,}15$, тоді:

$$З_н = 1487{,}4 + 0{,}15 \cdot 23{,}1 = 1490{,}87 \text{ грн}$$

Однак під час оцінювання ефективності нового технологічного процесу необхідно враховувати не лише прямі витрати на ремонт, а й економію, що виникає за рахунок зменшення простоїв техніки, підвищення якості відновлення та скорочення втрат від передчасного виходу КПП з ладу.

Економічний результат від упровадження вдосконаленої технології ремонту можна подати у вигляді сукупної економії:

$$Е_р = Е_п + Е_т + Е_я - К_д \quad (4.5)$$

де $Е_р$ — річний економічний ефект, грн;

$Е_п$ — економія від зменшення простоїв комбайна, грн;

$Е_т$ — економія трудових витрат під час виконання ремонтних операцій, грн;

$Е_я$ — економія за рахунок підвищення якості ремонту та зменшення повторних

відмов, грн;

$К_д$ — додаткові витрати на впровадження нового технологічного рішення, грн.

Економія від зменшення простоїв техніки може бути визначена за формулою:

$$Е_п = С_{пр} \cdot \Delta t \cdot N \quad (4.6)$$

де $С_{пр}$ — вартість однієї години простою комбайна, грн/год;

Δt — скорочення тривалості простою на один ремонт, год;

N — кількість ремонтів за рік.

Скорочення простоїв досягається за рахунок застосування спеціального пристосування для розбирання муфти зчеплення, зменшення часу на демонтажні операції, зниження ймовірності пошкодження кріпильних деталей і підвищення організованості ремонтного процесу.

Економія трудових витрат визначається за формулою:

$$Е_т = \Delta Т \cdot С_г \cdot N \quad (4.7)$$

де ΔT — зменшення трудомісткості ремонту однієї КПП, люд.-год;

$С_г$ — годинна тарифна ставка ремонтного робітника, грн/год;

N — річна кількість ремонтів.

Зменшення трудомісткості забезпечується завдяки тому, що пристосування спрощує виконання операцій розбирання муфти зчеплення та знижує потребу в додаткових допоміжних діях. Крім того, зменшується ризик пошкодження деталей під час розбирання, що позитивно впливає на загальні витрати ремонтного виробництва.

Економія за рахунок підвищення якості ремонту може бути визначена за формулою:

$$Е_я = С_{повт} \cdot \Delta n \quad (4.8)$$

де $С_{повт}$ — середні витрати на повторний ремонт або усунення дефектів після неякісного складання, грн;

Δn — зменшення кількості повторних ремонтів за рік.

Покращення якості ремонту пов’язане з більш точним виконанням розбирально-складальних операцій, дотриманням технологічної послідовності та зменшенням механічного впливу на деталі КПП. Це дає змогу підвищити ресурс агрегату після ремонту та забезпечити більш стабільну роботу комбайна в польових умовах.

Для узагальнення результатів розрахунку доцільно подати основні техніко-економічні показники у вигляді таблиці.

Таблиця 4.2 – Порівняльна оцінка базового та нового варіантів ремонту КПП

Показник	**Базовий варіант**	**Новий варіант**	**Результат**
Міжремонтний період, років	4,75	5,0	Збільшення на 0,25 року
Післяремонтний ресурс, год	950	1000	Збільшення на 50 год
Річний обсяг ремонтів, шт.	2600	4000	Зростання виробничої програми
Питомі капітальні вкладення, грн	0	23,1	Незначне збільшення витрат
Утримання в експлуатації, грн	21,4	21,4	Без змін
Очікуваний річний економічний ефект, грн		19314	Позитивний результат

Очікуваний річний економічний ефект від упровадження вдосконаленого технологічного процесу ремонту КПП становить: $E_р = 19314$ грн.

Отримане значення підтверджує економічну доцільність запропонованих рішень. Незважаючи на наявність додаткових витрат, пов’язаних із виготовленням і застосуванням технологічного оснащення, вони компенсуються за рахунок підвищення ресурсу коробки передач, зменшення простоїв техніки та покращення якості ремонтних робіт.

Крім прямого економічного ефекту, удосконалення технології ремонту має також організаційні переваги. До них можна віднести підвищення культури виробництва, покращення умов праці ремонтних робітників, зменшення кількості ручних трудомістких операцій, раціональніше використання робочого часу та зниження ймовірності пошкодження деталей під час розбирання.

Важливою перевагою запропонованого пристосування є його конструктивна простота. Воно не потребує складного обладнання для виготовлення, може бути виконане в умовах ремонтної майстерні та використовуватися багаторазово. Це зменшує питомі витрати на один ремонт і робить запропоноване рішення доступним для

сільськогосподарських підприємств, які самостійно виконують ремонт зернозбиральної техніки.

Таким чином, проведені розрахунки свідчать, що впровадження вдосконаленої технології ремонту коробки перемикання передач комбайна СК-5М «Нива» є економічно обґрунтованим. Запропонований варіант дозволяє підвищити надійність агрегату, збільшити його післяремонтний ресурс, зменшити експлуатаційні втрати та отримати позитивний річний економічний ефект у розмірі 19314 грн.

ВИСНОВОК

Удосконалення технології ремонту коробки перемикання передач зернозбирального комбайна СК-5М «Нива», яке передбачає розроблення повного комплекту технологічної документації на виконання операцій розбирання, дефектації та відновлення корпусу КПП, є технічно обґрунтованим і економічно доцільним рішенням. Запропонований підхід дає можливість підвищити якість виконання ремонтних робіт, забезпечити більш раціональну організацію виробничого процесу та зменшити ймовірність виникнення помилок під час відновлення деталі.

Реалізація запропонованих техніко-технологічних заходів сприяє підвищенню ресурсу корпусу коробки перемикання передач, зниженню витрат на ремонт і відновлення, а також покращенню експлуатаційної надійності агрегату в цілому. Крім того, впровадження розробленої технології дозволяє скоротити простої техніки, що особливо важливо в період інтенсивного використання зернозбиральних комбайнів у виробничих умовах.

Проведені техніко-економічні розрахунки показали, що очікуваний річний економічний ефект від застосування запропонованої технології становить 19314 грн. Такий результат свідчить про ефективність розробленого рішення та підтверджує практичну доцільність його впровадження у ремонтне виробництво. Отже, запропонована технологія ремонту є перспективною для використання на підприємствах, що здійснюють технічне обслуговування і відновлення сільськогосподарської техніки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шаткус Д. І. Довідник по комбайнах «Нива» і «Колос». — Київ : Урожай, 1986. — 304 с.

2. Сільськогосподарські машини : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. — Київ : Вища освіта, 2004. — 544 с.

3. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. — Київ : Вища освіта, 2005. — 464 с.

4. Хомич С. М. Ремонт сільськогосподарських машин : навчальний посібник. — Луцьк : Луцький НТУ, 2021. — 242 с.

5. Герук С. М., Ружило З. В., Тарабрін Є. Є. Відновлення деталей сільськогосподарських машин : навчальний посібник. — Житомир : ЖНАЕУ, 2011. — 268 с.

6. Гасило Ю. А. Основи технології відновлення деталей : конспект лекцій. — Кам’янське : ДДТУ, 2017. — 147 с.

7. Ремонт машин : підручник / за ред. О. І. Сідашенка, А. Я. Поліського. — Київ : Урожай, 1994. — 400 с.

8. Сідашенко О. І., Науменко О. А., Тіхонов О. В. Ремонт машин та обладнання : підручник. — Харків : Міськдрук, 2010. — 744 с.

9. Молодик М. В., Зенкін А. С. Відновлення деталей машин. — Київ : Урожай, 1989. — 240 с.

10. Канарчук В. Є., Полянський С. К., Дмитрієв М. М. Надійність машин : підручник. — Київ : Либідь, 2003. — 424 с.

11. ДСТУ ГОСТ 2.604:2005. Єдина система конструкторської документації. Кресленики ремонтні. Загальні вимоги. — Київ : Держспоживстандарт України, 2005.

12. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. — Київ : Держспоживстандарт України, 2005.

13. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров’я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.

14. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризику та зменшення ризику. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

15. Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями. — Київ : Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2013.

16. Правила охорони праці під час виконання робіт у хімічних лабораторіях та

гальванічних дільницях. — Київ : Держгірпромнагляд України, 2012.

17. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. — Київ : Держнаглядохоронпраці України, 2005.

18. Методичні рекомендації з техніко-економічного обґрунтування інженерних рішень у дипломних проєктах для спеціальності 208 «Агроінженерія». — Умань : Уманський НУС, 2024. — 48 с.

19. Bello R. S. Guide to Agricultural Machinery Maintenance and Operation. — Ishiagu : Federal College of Agriculture, 2006. — 152 p.

20. FAO. Training of Trainers Manual on the Operation, Maintenance and Repair of Farm Machinery. — Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023. — 180 p.

21. Hunt D. Farm Power and Machinery Management. — 10th ed. — Ames : Iowa State University Press, 2001. — 368 p.

22. Srivastava A. K., Goering C. E., Rohrbach R. P., Buckmaster D. R. Engineering Principles of Agricultural Machines. — 2nd ed. — St. Joseph : ASABE, 2006. — 559 p.

23. Oberg E., Jones F. D., Horton H. L., Ryffel H. H. Machinery’s Handbook. — 31st ed. — New York : Industrial Press, 2020. — 2896 p.

24. ISO 6336-1:2019. Calculation of Load Capacity of Spur and Helical Gears — Part 1: Basic Principles, Introduction and General Influence Factors. — Geneva : International Organization for Standardization, 2019.

25. ISO 12100:2010. Safety of Machinery — General Principles for Design — Risk Assessment and Risk Reduction. — Geneva : International Organization for Standardization, 2010.