

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

Допущено до захисту

“__” _____ 2026р.

Зав. кафедри Д.Т.Н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)

В.В. Дідур
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)
перший (бакалаврський)
(назва освітнього ступеня)

тема проекту: «Проект ділянки капітального ремонту двигунів
внутрішнього згоряння тракторі та комбайнів фірми «Case» з проектування
стенду для розбирально – складальних робіт»

Виконав: студент 3 курсу, групи 32-к-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Беркун Максим Сергійович
(прізвище та ініціали)

Керівник доктор філософії, доцент Шевчук М.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2026 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ.....	7
1.1. Обґрунтування напрямів модернізації ремонтної майстерні	7
1.2. Аналіз необхідності модернізації ремонтної системи	8
1.3. Удосконалення структури виробничих ділянок майстерні.....	9
РОЗДІЛ 2. ТЕХНІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ДІЛЯНОК З ВІДНОВЛЕННЯ ВУЗЛІВ ТА АГРЕГАТІВ	11
2.1. Організація виконання ремонту на спеціалізованих ділянках	11
2.2. Розрахунок площ, обладнання та кількості робочих місць	13
2.3. Технологічне проєктування відновлення зношеного вала соломотряса комбайна «Claas» Medion 340.....	20
2.4. Обґрунтування конструкції та принцип роботи знімача	38
2.5. Розрахунок та визначення основних параметрів гвинта	41
2.6. Визначення геометричних параметрів рукоятки.....	42
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	44
3.1. Загальні вимоги безпеки під час ремонту сільськогосподарської техніки	44
3.2. Вимоги безпеки під час вантажопідйомних операцій	44
3.3. Специфічні вимоги безпеки при ремонті комбайнів «Claas».....	45
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ КОМБАЙНІВ	47
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	54

ВСТУП

Сучасний розвиток аграрного сектору неможливий без використання високопродуктивної зернозбиральної техніки, яка забезпечує своєчасне та якісне проведення збиральних робіт. Особливе місце серед таких машин займають зернозбиральні комбайни компанії Claas, що характеризуються високим рівнем автоматизації, надійністю та значною продуктивністю. Разом із тим ефективність їх експлуатації значною мірою залежить від технічного стану машин, своєчасного проведення технічного обслуговування та якісного виконання ремонтних робіт. У процесі інтенсивної експлуатації комбайнів окремі вузли та агрегати зазнають значних навантажень, що призводить до поступового зношування деталей і необхідності проведення поточного ремонту.

В умовах сучасного сільськогосподарського виробництва особливої актуальності набуває питання вдосконалення технологічних процесів ремонту зернозбиральної техніки. Це пов'язано зі зростанням складності конструкцій машин, використанням електронних систем керування та необхідністю скорочення часу простою техніки в період проведення польових робіт. Рациональна організація ремонтного виробництва дозволяє забезпечити підвищення технічної готовності машинно-тракторного парку, зниження витрат на експлуатацію техніки та підвищення економічної ефективності діяльності аграрних підприємств.

Метою даної кваліфікаційної роботи є дослідження та вдосконалення технологічного процесу поточного ремонту зернозбиральних комбайнів виробництва компанії Claas. Для досягнення поставленої мети передбачено проведення аналізу існуючих методів ремонту, визначення найбільш поширених несправностей основних вузлів комбайна, обґрунтування вибору технологічного обладнання та розроблення заходів щодо підвищення ефективності ремонтних робіт.

Упровадження запропонованих рішень сприятиме підвищенню якості виконання ремонту, скороченню тривалості простоїв техніки, зниженню витрат на технічне обслуговування та покращенню організації виробничих процесів у ремонтній зоні. Крім економічного ефекту, удосконалення технології ремонту має важливе екологічне значення, оскільки забезпечує більш раціональне використання матеріальних ресурсів, зменшення кількості відходів та підвищення загального рівня енергоефективності аграрного виробництва.

РОЗДІЛ 1

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

1.1. Обґрунтування напрямів модернізації ремонтної майстерні

Оцінка існуючої технології та організації відновлювальних робіт у центральній ремонтній майстерні дозволили виявити низку системних недоліків, що знижують ефективність функціонування технічного сервісу. Зокрема, встановлено відсутність чіткого планування ремонтних робіт, що проявляється у відсутності обґрунтованого річного графіка ремонту машин. Це призводить до нерівномірного завантаження виробничих ділянок та виконання робіт у переважно стихійному режимі.

Окремо слід відзначити недостатній рівень технічного оснащення майстерні. Спостерігається дефіцит спеціалізованого діагностичного обладнання, пристосувань та технологічної оснастки, необхідних для якісного обслуговування сучасної складної техніки, зокрема зернозбиральних комбайнів Claas та John Deere. Також виявлено дисбаланс у використанні трудових ресурсів, оскільки чисельність персоналу на окремих ділянках не відповідає фактичній трудомісткості виконуваних операцій, що знижує загальну продуктивність праці. Додатково проблемним є рівень технологічної підготовки ремонтних процесів, оскільки відсутні відпрацьовані регламенти виконання складних операцій на сучасній техніці.

Особливої уваги заслуговує неналежне методичне забезпечення виробничого процесу, яке проявляється у дефіциті сучасної технологічної документації, зокрема карт технологічних операцій та діагностичних карт, призначених для обслуговування та ремонту вузлових елементів та агрегатів іноземного обладнання. Для усунення виявлених недоліків та підвищення ефективності роботи сервісної служби в межах даного дипломного проєкту передбачено реалізацію комплексу організаційно-технічних заходів. Передусім

пропонується удосконалення системи планування шляхом розробки науково обґрунтованої річної програми ремонту з урахуванням фактичного технічного стану машинно-тракторного парку. Наступним напрямом є технічне переоснащення ремонтної бази, зокрема розробка та впровадження спеціалізованої оснастки, у тому числі ручного знімача вала соломотряса, що дозволить скоротити тривалість демонтажно-монтажних операцій та знизити трудомісткість робіт. Важливим елементом модернізації є також формування комплекту технологічної документації на ремонт основних вузлів зернозбиральних комбайнів Claas, що забезпечить стандартизацію та підвищення якості виконання робіт. Крім того, передбачається оптимізація чисельності виробничого персоналу відповідно до нормативної трудомісткості операцій, а також посилення вимог щодо охорони праці та забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.

Завершальним етапом є оцінка економічної ефективності запропонованих рішень та визначення строків їх окупності, що дозволить обґрунтувати доцільність впровадження розроблених заходів.

1.2. Аналіз необхідності модернізації ремонтної системи

Результати аналізу виробничих можливостей ремонтної майстерні, оцінка площ її технологічних ділянок, а також стану наявного верстатного обладнання свідчать про необхідність модернізації існуючої системи відновлювальних робіт. Проведений аудит організації ремонтного виробництва підтверджує, що для забезпечення високого рівня технічної готовності зернозбиральних комбайнів та їх ефективної експлуатації в умовах інтенсивного навантаження, доцільним є вдосконалення процесів поточного та відновлювального ремонту.

Разом із тим ефективність такої організаційної моделі значною мірою залежить від рівня розвитку ремонтно-обслуговуючої бази. Значні навантаження та високий річний виробіток машин зумовлюють потребу у

забезпеченні:

- повного комплексу спеціалізованого діагностичного та ремонтного обладнання;
- достатнього запасу змінних частин, витратних матеріалів і технічних рідин;
- кваліфікованого інженерно-технічного та робітничого персоналу, здатного оперативно виявляти й усувати несправності різного рівня складності.

Таким чином, удосконалення технологічного процесу ремонту, що розглядається в даному розділі, спрямоване на забезпечення безперервної працездатності зернозбиральних комбайнів, з урахуванням зростання їхнього навантаження та інтенсивності експлуатації в перспективі.

1.3. Удосконалення структури виробничих дільниць майстерні

Проведений аналіз річного обсягу ремонтно-обслуговуючих робіт зернозбиральних комбайнів, а також розробка технологічного процесу їх відновлення свідчать про необхідність удосконалення внутрішньої структури ремонтної майстерні. З метою підвищення якості ремонту складних вузлів, скорочення тривалості простою техніки та підвищення ефективності виробничих процесів доцільним є створення додаткових спеціалізованих дільниць.

Зокрема, у структурі майстерні передбачається організація дільниці ремонту та балансування молотильних барабанів, оскільки відновлення даного вузла потребує застосування спеціального обладнання контролю геометричних параметрів і проведення балансування. Також доцільним є створення спеціалізованої зони розбирання та складання вузлів і агрегатів, що дозволить забезпечити належні умови для виконання точних монтажних операцій та підвищити якість складання. Новостворені виробничі зони функціонуватимуть у взаємозв'язку з наявними дільницями ремонтної майстерні. Ремонтно-монтажна дільниця виконуватиме загальне розбирання та складання комбайнів,

дільниця діагностування та технічного обслуговування забезпечуватиме контроль технічного стану машин і проведення регулювальних операцій, а слюсарно-механічне та ковальсько-зварювальне відділення здійснюватимуть відновлення деталей, металоконструкцій та виконання зварювальних робіт. Окремі спеціалізовані пости використовуватимуться для ремонту двигунів, паливної апаратури та електрообладнання.

Удосконалення структури ремонтної майстерні дозволить реалізувати принцип предметної спеціалізації, за якого кожен етап технологічного процесу ремонту виконуватиметься на відповідно оснащеному робочому місці із застосуванням спеціалізованого обладнання, інструменту та контрольно-вимірювальних засобів.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦЬ З ВІДНОВЛЕННЯ ВУЗЛІВ ТА АГРЕГАТІВ

2.1. Організація виконання ремонту на спеціалізованих дільницях

Ефективне функціонування ремонтної майстерні раціональним розподілом технологічних операцій між спеціалізованими виробничими дільницями. На новостворених дільницях з ремонту молотильних барабанів та відновлення вузлів і агрегатів передбачається виконання повного комплексу ремонтно-відновлювальних робіт, який включає відновлення молотильних барабанів із проведенням статичного та динамічного балансування, ремонт і правлення підбарабань, відновлення транспортних дощок (грохотів), верхніх та нижніх решіт системи очищення, а також технічний сервіс соломотрясів із подальшою стендовою обкаткою після завершення ремонту.

Такий підхід дозволяє підвищити якість виконання ремонтних операцій, забезпечити точність відновлення основних робочих органів комбайнів та скоротити тривалість простою техніки під час ремонтного періоду. Розподіл річного обсягу трудомісткості поточного ремонту між дільницями ремонтної майстерні наведено у таблиці 2.1.

Транспортування молотильних барабанів і підбарабань до дільниць відновлення здійснюється за допомогою мобільних візків та консольно-поворотних кранів. Найпоширенішими дефектами молотильних барабанів є знос бильних планок, деформація валів, пошкодження остова та порушення динамічного балансування. Відновлення барабанів передбачає встановлення вузла на спеціалізований стенд для перевірки биття та правлення вала. Тріщини у зварних з'єднаннях усуваються шляхом підготовки кромки із подальшим зварюванням, а послаблені заклепкові з'єднання повторно осаджуються. Диски остова з наявністю втомних тріщин підлягають вибраковуванню. Після завершення механічного ремонту виконується статичне балансування шляхом

встановлення балансувальних шайб під болти кріплення бильних елементів, а динамічне балансування здійснюється на спеціалізованих балансувальних машинах типу БМ-4У.

Таблиця 2.1

**Розподіл річного обсягу трудомісткості поточного ремонту між дільницями
ремонтної майстерні**

Питома вага трудових затрат підрозділу від сукупної трудомісткості, %	Найменування структурного підрозділу	Обсяг трудомісткості підрозділу, люд.-год.
1,5	Мідницько-жестяницька майстерня	23,2
49,1	Ремонтно-монтажний відділ	758,3
2,9	Відділ ремонту агрегатів електрообладнання	44,8
4	Ковальсько-зварювальний цех	61,8
7,5	Дільниця відновлення молотильних барабанів	115,8
15	Секція поточного ремонту двигунів	231,7
5	Сектор діагностування та технічного обслуговування	77,2
10	Підрозділ ремонту агрегатів та вузлів	154,4
5	Механічна дільниця	77,2

Ремонт підбарабань та соломотрясів включає усунення деформацій прутків, відновлення площинності планок та перевірку геометричних параметрів на правильних стендах. У випадку відхилення елементів понад допустимі межі виконується їх вирівнювання спеціальними інструментами, а за необхідності — із попереднім термічним нагріванням. Зношені робочі поверхні планок відновлюються шляхом їх повороту або наплавлення з подальшою механічною обробкою. Під час ремонту соломотрясів основну увагу приділяють відновленню колінчастих валів, шийок та клавіш. Деформовані елементи правляться на стендах, а пошкоджені граблини замінюються із застосуванням напівавтоматичного зварювання в середовищі CO₂. Після завершення ремонтних операцій вузол проходить контрольне складання та

стендову обкатку для перевірки кінематичної точності й відсутності сторонніх вібрацій.

Відновлення механізмів очищення передбачає заміну ущільнювальних елементів, усунення тріщин на гребінках решіт, рихтування бортів та контроль стану грохотів. Для фіксації окремих елементів застосовується газове зварювання, після чого проводиться перевірка якості відновлення на спеціалізованих стендах. Після завершення всіх технологічних операцій відремонтовані вузли передаються на дільницю загального комплектування та остаточного складання комбайна.

2.2 Розрахунок площ, обладнання та кількості робочих місць

Технологічне проєктування виробничих дільниць передбачає визначення необхідної кількості основного та допоміжного обладнання відповідно до річного обсягу ремонтних робіт, трудомісткості операцій і особливостей технологічного процесу. Підбір засобів механізації, оснащення та виробничого інвентарю здійснюється з урахуванням прийнятої організації робіт і нормативних вимог технологічного проєктування ремонтних підприємств.

Дільниця ремонту молотарки об'єднує декілька спеціалізованих постів, призначених для відновлення основних вузлів систем обмолоту та сепарації зернозбиральних комбайнів. До її складу входить пост ремонту молотильного апарату, обладнаний стендами для перевірки та балансування барабанів, а також пристроями для правлення підбарабань. Окремо організовується пост ремонту систем очищення, де виконуються роботи з відновлення грохотів, верхніх і нижніх решітних станів та елементів транспортних дощок. На дільниці сервісу соломотрясів проводиться дефектування, заміна пошкоджених елементів, регулювання та стендова обкатка вузлів після ремонту.

Для забезпечення виконання технологічних операцій дільниця комплектується основним технологічним обладнанням, до якого належать спеціалізовані стенди для монтажу, діагностування, випробувань і

балансування агрегатів молотарки. Допоміжне оснащення включає слюсарні верстаки, універсальні стелажі для зберігання деталей та комплектувальні столи, що забезпечують раціональне розміщення вузлів у процесі ремонту. Для механізації вантажно-розвантажувальних робіт передбачено використання консольно-поворотних кранів, талів та мобільних транспортних візків, що дозволяє зменшити частку ручної праці та оптимізувати переміщення великогабаритних вузлів між робочими постами.

Розрахунок виробничої площі дільниці виконується на основі сумарної площі горизонтальних проєкцій обладнання з урахуванням нормативних проходів, зон обслуговування та вимог охорони праці. Такий підхід забезпечує безпечну організацію робочих місць, раціональне використання виробничого простору та створення належних умов для виконання ремонтно-відновлювальних робіт.

Обчислення кількості одиниць технологічного обладнання здійснюється на основі річної трудомісткості робіт, закріплених за відповідною виробничою дільницею. Такий підхід дозволяє забезпечити раціональне завантаження робочих місць, уникнути простоїв обладнання та підтримувати безперервність технологічного процесу ремонту.

Необхідна кількість спеціалізованого обладнання визначається за формулою:

$$N = T_{pm} / (\Phi_{до} \cdot \eta) \quad (2.1)$$

Де T_{pm} — річна трудомісткість відповідного виду робіт, люд.-год.;

$\Phi_{до}$ — дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.;

η — коефіцієнт використання обладнання за часом.

Для розрахунків приймаємо:

$$\Phi_{до} = 2010 \text{ год.};$$

$$\eta = 0,9.$$

Кількість стендів ремонту та статичного балансування молотильних барабанів визначається:

$$N_{pm} = 2601,45 / (2010 \cdot 0,9) \approx 0,7$$

Для машини динамічного балансування барабанів при трудомісткості робіт 564,8 люд.-год. розрахунок має вигляд:

$$N_d = 564,8 / (2010 \cdot 0,9) \approx 0,31$$

До встановлення також приймається одна одиниця балансувального обладнання.

Кількість стендів для правлення підбарабань при трудомісткості 624,2 люд.-год. визначається за формулою:

$$N_n = 624,2 / (2010 \cdot 0,9) \approx 0,35$$

За результатами розрахунку приймається один правильний стенд.

Для верстата розточування планок підбарабання при трудомісткості 523,3 люд.-год. маємо:

$$N_p = 523,3 / (2010 \cdot 0,9) \approx 0,29$$

У виробничу структуру дільниці включається один верстат типу РР-4А або його модернізований аналог.

Оскільки отримані розрахункові значення не перевищують одиницю, для забезпечення повної технологічної автономності та безперебійної роботи дільниці до встановлення приймається по одній одиниці відповідного обладнання:

$$N_c = 963,4 / (2010 \cdot 0,9) \approx 0,5$$

Відповідно до подібного принципу визначається оптимальне число спеціалізованих стендів для технічного обслуговування та ремонту клавіш соломотряса

$$N_c = 873,9 / (2010 \cdot 0,9) \approx 0,48$$

Для забезпечення виконання комплексу робіт, що включає монтаж, налагодження та випробування соломотряса, застосовується спеціалізований технологічний стенд. Відтак, оптимальна чисельність необхідних стендів визначатиметься відповідно до цієї загальної трудомісткості:

$$N_{oc} = \frac{1123}{2010 \cdot 0,9} = 0,63.$$

З метою реалізації вищеописаних операцій використовується єдина

експериментальна установка

На основі проведених розрахунків та прийнятої технології ремонту складаємо відомість необхідного оснащення дільниці (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2

Відомість необхідного оснащення дільниці

Найменування технічного засобу	Кількість, од.	Тип / Модель	Позиціонування
Спеціалізований стенд для відновлення грохотів	1	ОР-6795	9
Оглядова яма			23
Високоточний розточувальний верстат для підбарабань	1	власного виробництва	5
Пристрій для правки підбарабань	1	ОР-6689	4
Шафа для інструментів дефектоскопіста	1	власн. вигот.	17,18
Слюсарний робочий стіл	2	ОРГ-5365	13
Системний стелаж для зберігання молотильних барабанів	1	ОР-65	6
Машина для динамічного балансування обертових елементів	1	БМ-4У	2
Комплекс для газополум'яного зварювання	1	ОПТ-1153	12
Стенд для монтажу та випробування клавіш соломотрясу	1	власн. вигот.	16
Випрямляч струму для зварювальних робіт	1	ВДУ-500	1
Системний стелаж для зберігання підбарабань	1	ОР-64	7
Підйомно-транспортний кран-балка	1	власного виробництва	19
Пристрій для ремонту клавіш соломотрясу	1	ОР-69	14
Промислові моніторні мийні установки	1		21,22
Стенд для відновлення решітних систем	1	ОР-6793	10
Консольно-поворотний вантажопідйомний механізм, номінальною потужністю 0,5 т	2		3
	3		8
Стенд для обслуговування молотильного барабану	1	ОР-6827	1
Спеціалізоване місце зберігання знімачів	1		20
Системний стелаж для зберігання клавіш соломотрясу	1	ОР-6243	15

**Склад основного обладнання та технічних засобів деталізовано на другому аркуші графічної документації проєкту*

При організації робіт у майстерні за основу прийнято тупиковий метод ремонту та бригадно-постову форму організації праці. Дана схема передбачає, що основні операції з розбирання, збирання, регулювання та випробування машин виконуються комплексною групою, до складу якої залучаються трактористи-машиністи, що безпосередньо експлуатують ці комбайни. У свою чергу, вузькопрофільні спеціалісти майстерні залучаються для відновлення специфічних вузлів та агрегатів.

Кількість додаткових штатних одиниць обумовлюється зростанням інтенсивності виробничих процесів у пікові періоди ремонту комбайнового парку. Чисельність основних виробничих робітників визначається за формулою:

$$P = \frac{T_z}{\Phi_{др} \cdot K}, \quad (2.2)$$

Де $\Phi_{др}$ – фактичний фонд робочого часу працівника, виражений у годинах;

T_z – сукупна трудомісткість всіх операцій з технічного обслуговування та ремонту комбайнів, яка вимірюється в людино-годинах;

K – прогнозований коефіцієнт надпланового виконання встановлених виробничих нормативів, діапазон значень якого становить від 1,05 до 1,15 [4].

Звідси випливає, що:

$$P = \frac{2601,45}{1840 \cdot 1,10} = 1,28 \text{ ос.}$$

З огляду на викладені розрахунки та обсяги запланованих ремонтно-обслуговуючих робіт, виникає обґрунтована потреба у формуванні відповідного кадрового забезпечення виробничої ділянки. Для забезпечення виконання повного комплексу операцій з технічного обслуговування та відновлення працездатності зернозбиральних комбайнів доцільним є введення в штат одного основного кваліфікованого працівника та однієї одиниці допоміжного персоналу.

Таким чином, для ефективної організації виробничого процесу

передбачається закріплення за ділянкою основного робітника, який безпосередньо виконуватиме технологічні операції з ремонту та відновлення вузлів і агрегатів сільськогосподарської техніки, забезпечуючи стабільне функціонування ремонтної майстерні відповідно до встановленого обсягу робіт.

З огляду на те, що ділянка є невід'ємною виробничою одиницею ремонтного комплексу, необхідно здійснити обчислення площі виробничого простору саме для цієї функціональної частини. До сукупної виробничої площі приміщень відносяться такі складові: ділянки, зайняті технологічним обладнанням та робочими позиціями, зокрема верстатним парком, випробувальними стендами та іншим спеціалізованим устаткуванням; зони для тимчасового складування наземних транспортних засобів, комплектуючих та складальних вузлів; а також простори, призначені для робочих зон, технологічних проходів та проїздів між одиницями обладнання.

Визначення площі ремонтної ділянки, призначеної для обслуговування молотарних агрегатів, може бути здійснене шляхом застосування наступного аналітичного виразу:

$$F_{ВД} = F_{ОБ} \cdot \sigma \quad (2.3)$$

Де σ – коефіцієнт, що репрезентує просторові вимоги для забезпечення проходів та зон пересування, значення якого, згідно з [8], коливається в діапазоні від 4,0 до 4,5;

$F_{об}$ – площа, відведена під розміщення технологічного устаткування, виражена в квадратних метрах, m^2 .

Розрахунок загальної площі, яку займає технологічне обладнання, виконується шляхом сумування площ, необхідних для розміщення основного та допоміжного устаткування виробничої ділянки. Альтернативним підходом є визначення площі на основі габаритних розмірів кожної одиниці обладнання з урахуванням її експлуатаційної зони обслуговування. Отримані значення є базовими для раціонального планування виробничого простору, оскільки дозволяють забезпечити оптимальне розташування обладнання, зручність його обслуговування та безпечні умови праці. Такий підхід сприяє ефективному

використанню площі приміщення та підвищенню загальної організації виробничого процесу.

Деталізовані габаритні параметри кожної одиниці обладнання та відповідна зайнята площа наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Аналіз просторового розподілу технологічного обладнання на виробничій ділянці

Фактична займана площа, м ²	Число, од	Найменування одиниці устаткування	Габаритні параметри, м
1,2	1	Стелажна система для зберігання клавіш соломотряса	1500x800
2,17	1	Установка для динамічного врівноваження	3100x700
4,48	1	Стенд для ремонту ситової системи (грохота)	1600x2800
0,35	1	Зварювальний випрямний пристрій	700x500
3,5	1	Стенд для механічної обробки (розточування) підбарабання	2500x1400
2,04	1	Стелажна система для зберігання молотильних барабанів	1700x1200
1,92	1	Стелажна система для зберігання підбарабань	1600x1200
5,46	1	Стенд для складання і випробування клавіш соломотрясу	3250x1680
1,87	1	Стенд для коригування геометрії підбарабання	1700x1100
2,56	1	Стенд для ремонту клавіш соломотрясу -	3200x800
3,6	2	Слюсарний робочий стіл (верстак)	1800x1000
4,0	1	Стенд для ремонту решітного стану	1600x2500
2,52	1	Стенд для відновлення молотильного барабана	2100x1200
35,67	Загальна площа		

Зважаючи на вихідні дані, згідно з якими габаритна площа технологічного обладнання складає 35,67 м², розрахункова мінімальна сукупна площа виробничої ділянки може бути визначена наступним чином:

$$F_{dil} = F_{об} \cdot K,$$

Де K – коефіцієнт використання площі. Отже,

$$F_{dil} = 35,67 \text{ м}^2 \cdot 4,5 = 160,5 \text{ м}^2.$$

Таким чином, мінімально необхідна загальна площа ділянки становить 160,5 м².

2.3. Технологічне проектування відновлення зношеного вала соломотряса комбайна «Claas» Medion 340

Аналіз експлуатаційних відмов вузлів зернозбиральних комбайнів свідчить, що значна частка несправностей припадає на вали, осі та підшипникові вузли. Це пояснюється їх конструктивними особливостями, оскільки вали мають значну довжину між опорами при відносно невеликих діаметрах, що знижує їхню жорсткість. Додатково робота зазначених елементів відбувається в умовах підвищеного запилення, дії абразивних частинок та недостатнього змащування, що призводить до інтенсивного зношування робочих поверхонь.

З урахуванням цього пропонується технологія відновлення вала привода соломотряса комбайна Claas Medion 340, яка дозволяє відновити працездатність деталі з мінімальними витратами матеріальних і трудових ресурсів. Вал виготовлений зі сталі 45, має твердість поверхні 40 HRC та масу 18,75 кг. У процесі роботи він сприймає значні динамічні та циклічні навантаження, а його поверхні піддаються інтенсивному абразивному зношуванню внаслідок тертя та впливу зовнішнього середовища. Найбільш характерними дефектами є знос посадкових поверхонь у місцях контакту з внутрішніми кільцями підшипників кочення та маточиною ведучого шківів, а також деформація шпонкового паза, що проявляється у збільшенні його ширини внаслідок дії крутних моментів і порушення щільності посадкових з'єднань. Методи відновлення зазначених поверхонь та їх техніко-технологічні характеристики наведено в таблиці 2.3.

Глибоке розуміння дефектів вала соломотряса та володіння методами їх усунення є фундаментом для якісної діагностики та оперативного відновлення працездатності зернозбиральної техніки. Це не лише спрощує процес планування ремонтних робіт та закупівлі запчастин, а й дозволяє оптимізувати використання ресурсів, підвищити кваліфікацію персоналу та забезпечити високий рівень надійності й безпеки експлуатації машини, мінімізуючи ризики аварійних поломок.

Несправності вала соломорозподілювача та методи їхнього відновлення

Тип дефекту	Методи відновлення	
	Прийнятний метод	Рекомендований метод
Зношення посадкової поверхні для приводного шківa зі зменшенням діаметра до критичного значення 29,87 мм	Аналогічний підхід	Аналогічний підхід
Зношення посадкової поверхні для підшипника зі зменшенням діаметра до граничного значення 29,87 мм	Напилення металевого покриття дротом НХ-109 із подальшою механічною обробкою до номінальних параметрів розміру	Вібродугове наплавлення з використанням дроту марки 2-НП 30ХГСА та подальшою механічною обробкою
Розширення шпонкового паза по ширині, що перевищує 8 мм	Заварювання дефекту дротом 2-СВ 08 під захисним шаром флюсу АН-348 з подальшою механічною обробкою	Ручне зварювання електродом з наступним фрезеруванням нового паза на альтернативному місці

Обґрунтування вибору методу відновлення за В.А. Шандричевим базується на застосуванні комплексної методики, що передбачає послідовний аналіз трьох основних критеріїв оцінювання доцільності відновлювального процесу. Першим є технологічний критерій (застосовності), який визначає принципову можливість використання конкретного методу відновлення з урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалу деталі, характеру та ступеня зносу, а також наявності відповідного технологічного обладнання та оснащення на ремонтному підприємстві. Другим є критерій довговічності (технічний), який характеризує здатність відновленої деталі забезпечувати необхідний ресурс роботи в експлуатації та оцінюється через коефіцієнт довговічності K_d , що визначається як відношення ресурсу відновленої деталі T_B до ресурсу нової деталі T_H , тобто

$$K_d = T_B / T_H, \quad (2.4)$$

при цьому чим ближче значення коефіцієнта до одиниці, тим вищою є ефективність застосованого методу відновлення та його відповідність вимогам надійності.

Або,

$$K_D = K_I \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_{\Pi} \quad (2.5)$$

Де K_{Π} – є корегуючим фактором, що відображає фактичну експлуатаційну спроможність регенованої деталі протягом її робочого циклу, зі значеннями в діапазоні від 0,8 до 0,9 [4];

K_i , K_B , K_C – коефіцієнти, які характеризують стійкість до зношування, втомну міцність та адгезійні властивості (зчеплюваність) відповідно.

Інтегральний техніко-економічний критерій, який встановлює кореляцію між тривалістю експлуатаційного ресурсу компонента та витратами на його регенерацію, описується такою математичною залежністю:

$$C_B = K_D / C_H \quad (2.6)$$

Де C_B , C_H – позначають, відповідно, вартість виробництва нового та відновленого елемента.

У разі, якщо вартість нового компонента не визначена, зазначений критерій може бути розрахований за допомогою емпіричної формули, запропонованої В.А. Шандричевим:

$$K_T = C_B / K_D \quad (2.7)$$

Де K_T – коефіцієнт техніко-економічної раціональності. Оптимальним підходом вважається той, у якому значення K_T перевищує встановлений мінімальний критерій.

Відновлюваний елемент характеризується низкою типових дефектів, зокрема: інтенсивним спрацюванням шпонкового паза у поперечному напрямку (дефект поверхні 3) та деградацією посадкової поверхні, призначеної для монтування підшипника та шківів (дефекти 1, 2). Для відновлення вала соломотряса комбайна «Claas» Medion 340 розглянуто декілька альтернативних технологічних маршрутів, що ґрунтуються на застосуванні різних способів нарощування металу з подальшою механічною обробкою до номінальних розмірів. Для усунення дефектів 1 та 2, які стосуються зношених посадкових місць, можуть бути використані такі методи відновлення: вібродугове наплавлення, що передбачає нанесення шару металу з наступною токарною

обробкою; осталювання, яке полягає в електролітичному нарощуванні металевому шару з подальшим шліфуванням до необхідних розмірів; електроконтактне приварювання сталеві стрічки з подальшою механічною обробкою; а також металізація дротом, яка включає нанесення покриття методом напилення з наступним точінням і чистовим шліфуванням.

Для відновлення дефекту 3, пов'язаного зі зношуванням шпонкового паза, розглядаються два основні варіанти технологічного виконання: ручне заварювання із повним заповненням паза з подальшим фрезеруванням нового конструктивного елемента до номінальних розмірів, а також механізоване заплавлення під шаром флюсу з наступною токарною обробкою та остаточним фрезеруванням шпонкового паза.

Оцінка розглянутих технологічних методів здійснюється відповідно до технічних критеріїв шляхом визначення показників експлуатаційної стійкості, а саме коефіцієнтів довговічності, для дефектів першої та другої категорій. Ці дефекти характеризуються інтенсивним поверхневим зносом у критичних зонах взаємодії з підшипниками та зубчастими шестернями [11].

Для технології електроконтактного приварювання стрічки показник $K_{Д3}$ становить:

$$K_{Д3} = 0,76 \cdot 0,75 \cdot 0,80 \cdot 0,9 = 0,41$$

Для технології вібродугового наплавлення показник $K_{Д1}$ становить:

$$K_{Д1} = 0,95 \cdot 0,97 \cdot 0,98 \cdot 0,9 = 0,83$$

Для дротової металізації показник $K_{Д4}$ становить:

$$K_{Д4} = 0,91 \cdot 0,87 \cdot 0,87 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,41$$

Для методу упрочнення показник $K_{Д2}$ становить

$$K_{Д2} = 0,91 \cdot 0,82 \cdot 0,65 \cdot 0,9 = 0,43.$$

Отже, на підставі отриманих результатів, для усунення дефектів першої та другої категорій, пріоритетними визначено дві технології: вібродугове наплавлення та дротову металізацію

Обрання методу усунення дефекту №3 передбачає застосування ручного

зварювання канавки, що супроводжується подальшою механічною обробкою та наплавленням під шаром флюсу.

Кінцеве рішення щодо вибору оптимального методу відновлення базується на результатах техніко-економічної оцінки його ефективності, яка здійснюється за формулою (2.18).

Для процесу металізації:

$$K_T = 61 / 0,71 = 86,6 ;$$

Для процесу вібродугового наплавлення:

$$K_T = 52 / 0,83 = 62,66 ;$$

Для гальванічного нарощування (осталювання):

$$K_T = 30,2 / 0,43 = 70,2 .$$

На основі порівняльного аналізу отриманих значень коефіцієнтів K_T для регенерації посадкових поверхонь, найбільш доцільним визнано метод вібродугового наплавлення. Для відновлення зношеного шпонкового паза вала соломотряса доцільно використовувати ручне електродугове зварювання, оскільки цей спосіб забезпечує надійне відновлення геометричних параметрів деталі та дозволяє ефективно усунути локальні пошкодження без значних витрат матеріалу. Технологічний процес ремонту вала соломотряса комбайна Claas Medion 340 складається з комплексу взаємопов'язаних операцій, які виконуються у визначеній технологічній послідовності.

На першому етапі виконується зварювальна операція, під час якої проводиться зварювання зношеного шпонкового паза. Роботи здійснюються на столі для електрозварювальних робіт ОРС-1549А із використанням зварювального випрямляча ВС-600. Перед початком зварювання поверхню паза очищають від залишків мастила, окалини та продуктів корозії металевою щіткою. Контроль геометричних параметрів здійснюється штангенциркулем ШЦ-II-250 ГОСТ 166-80. Для забезпечення безпечних умов праці застосовується захисна маска зварника №1. Після відновлення шпонкового паза переходять до наплавочної операції, що передбачає відновлення посадкових поверхонь вала у місцях зносу. Наплавлення здійснюється із застосуванням наплавочної головки ГМВК-1 та зварювального випрямляча ВС-600. Як

присадний матеріал використовується спеціальний наплавочний дріт, що забезпечує достатню твердість і зносостійкість поверхні після механічної обробки. Вал установлюють у трикулачковий патрон 7100-0062 токарно-гвинторізного верстата 1К62, що дозволяє забезпечити рівномірне обертання деталі в процесі наплавлення. Контроль товщини наплавленого шару виконується штангенциркулем ШЦ-II-125 ГОСТ 166-80.

Наступною операцією є токарна обробка, у ході якої наплавлені поверхні обточуються до ремонтного або номінального розміру. Роботи виконуються на токарно-гвинторізному верстаті 1К62 із використанням різця 2101-0038. Вал закріплюється у патроні 7100-0062, після чого проводиться чорнове та чистове точіння. Під час обробки контролюється співвісність посадкових поверхонь і точність геометричних параметрів. Вимірювання здійснюються штангенциркулем ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-80. Після токарної обробки виконується фрезерування шпонкового паза. Для цього застосовується консольно-фрезерний верстат 6М80Ш, конусна оправка та пальцева фреза відповідно до ГОСТ 6637-73. Під час операції особлива увага приділяється дотриманню ширини та глибини шпонкового паза, оскільки навіть незначні відхилення можуть спричинити порушення роботи привідного механізму. Контроль параметрів здійснюється штангенциркулем ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-80.

Для забезпечення необхідної твердості та підвищення ресурсу експлуатації проводиться термічна обробка відновлених поверхонь. Загартування виконується на високочастотній установці ППЗ-67 із використанням цехового індуктора та спеціальних кліщів для утримання деталі. Високочастотний нагрів дозволяє локально зміцнити робочі поверхні без суттєвого впливу на внутрішню структуру металу. Після термічної обробки проводиться шліфувальна операція. Відновлені шийки вала шліфують на круглошліфувальному верстаті 3Б12 із використанням шліфувального круга типу ПП ГОСТ 2424-67. Вал установлюється в патрон 6500-015, після чого здійснюється чистове шліфування до необхідної точності та шорсткості

поверхні. Контроль остаточних розмірів проводиться мікрометром МК-50 ГОСТ 6507-90.

Завершальним етапом технологічного процесу є контрольна операція. На цьому етапі перевіряються геометричні параметри відновлених поверхонь, точність виконання шпонкового паза, твердість поверхневого шару та відповідність деталі технічним вимогам. Контроль здійснюється за допомогою мікрометра МК-50 та спеціального цехового шаблона. Після позитивного висновку технічного контролю вал вважається придатним до подальшої експлуатації та може бути встановлений в склад соломотряса комбайна.

На даному етапі, 005 Зварювальна операція, виконується заварювання шпонкового паза розміром $80 \times 8 \times 4$ мм. Для визначення основного часу ручного дугового зварювання спочатку необхідно встановити масу наплавленого металу. Розрахунок проводиться за формулою:

$$G = L \cdot F \cdot \gamma \quad (2.8)$$

Де F – площа повздовжнього перерізу зварного шва, см^2 ;

L – довжина шва, см ;

γ – щільність металу, г/см^3 .

Підставивши вихідні значення, отримаємо:

$$G = 8,0 \cdot 0,32 \cdot 7,8 = 19,96 \text{ г}$$

Основний час, необхідний для ручного дугового зварювання, обчислюється за такою формулою:

$$T_o = G / V_H \quad (2.9)$$

Де V_H – швидкість наплавлення металу (у грамах за годину);

G – загальна маса наплавленого металу (у грамах).

Визначення швидкості наплавлення, що є ключовим технологічним параметром, розраховується за формулою:

$$V_H = \alpha \cdot I, \quad (2.10)$$

Де I – позначає силу струму, виміряну в амперах (у цьому випадку $I=160\text{A}$);

α - це коефіцієнт наплавки, виражений у г/А·год, що має значення 10.

Таким чином,

$$V_H = 10 \cdot 160 = 1600 \text{ г / год}$$

Тривалість основного етапу зварювального процесу значною мірою залежить від положення шва в просторі та інших супутніх чинників. Для точного розрахунку цього показника застосовується наступна формула:

$$T_o = \frac{G \cdot 60 \cdot A \cdot m}{\alpha \cdot I}, \quad (2.11)$$

Де m – поправочний коефіцієнт, який враховує просторове розташування шва (приймаємо $m=1$) [11];

A – являє собою коефіцієнт, який відображає вплив довжини шва, і має чисельне значення 1,4.

$$T_o = \frac{19,96 \cdot 60 \cdot 1,4 \cdot 1}{10 \cdot 160} = 1,04 \text{ хв.}$$

Почнемо з визначення першої складової допоміжного часу, яка безпосередньо стосується процесу зварювання. Цей час на виконання зварювальних робіт (T_{B1}) оцінюється в 1,5 хвилини. Далі, враховується додатковий час, необхідний для маніпуляцій із заготовкою – а саме її встановлення та надійного утримання. Для деталей, маса яких не перевищує 15 кілограмів, цей час (T_{B2}) становить 0,6 хвилини.

Визначення загальної тривалості допоміжних операцій. щоб отримати повний сумарний допоміжний час (T_B), необхідно підсумувати зазначені вище компоненти:

$$T_B = T_{B1} + T_{B2} = 1,5 + 0,6 = 2,1 \text{ хв}$$

Наступним кроком є обчислення оперативного часу (T_{OP}), який включає як основний технологічний час (T_o), так і щойно розрахований нами допоміжний час (T_B). Припускаючи, що основний час виконання операції становить 1,04 хвилини, отримуємо:

$$T_{OP} = T_o + T_B = 1,04 + 2,1 = 3,14 \text{ хв}$$

Додатковий час визначається у відсотковому співвідношенні від оперативного часу за формулою:

$$T_{\text{дод}} = T_{\text{оп}} \cdot K / 100, \quad (2.12)$$

Де K – є коефіцієнтом, що визначає частку додаткового часу відносно основного оперативного часу, і його значення дорівнює 8 (згідно з джерелом [11]).

Оперативний час становить 3,14 хвилини, то додатковий час розраховується як:

$$T_{\text{дод}} = 3,14 \cdot 8 / 100 = 0,25 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час ($T_{\text{пз}}$) визначено як 10 хвилин.

Загальна норма часу на виконання операції розраховується за такою формулою:

$$T_H = T_O + T_B + T_{\text{дод}} + T_{\text{пз}} / n, \quad (2.13)$$

Де n – кількість одиниць продукції у партії.

У даному випадку, кількість деталей у партії n дорівнює 1. Таким чином, з використанням наданих значень, загальна норма часу на операцію становить:

$$T_H = 1,04 + 2,1 + 0,25 + 10 / 1 = 13,39 \text{ хв}$$

Отже, загальна норма часу на виконання зварювальної операції становить 13,39 хв.

На поточній стадії технологічного процесу, що ідентифікується як операція наплавлення (010), здійснюється відновлення деградованих посадкових поверхонь валу. Ця процедура реалізується методом вібродугового наплавлення в захисному середовищі діоксиду вуглецю (CO_2). Попередньо, перед початком зазначених робіт, оброблюваний виріб встановлюється в центрах верстатного обладнання та жорстко фіксується. Це необхідно для забезпечення стабільності його обертання протягом процесу нанесення нарощеного шару. Регенерація поверхні у зоні дефекту 1 виконується до досягнення кінцевого діаметра 33 мм, із використанням електродного дроту діаметром 2 мм. Для забезпечення належної якості наплавленого шару встановлюються наступні технологічні параметри: крок нарощування становить 2,3 мм/об, а сила струму — 180 А; швидкість подачі присадкового дроту — 1,3 м/хв, при швидкості наплавлення — 0,8 м/хв;

Тривалість основної фази вібродугового наплавлення встановлюється згідно з наведеною залежністю:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot s}, \quad (2.14)$$

Де s – величина поздовжньої подачі робочого інструмента або крок формування шару, виміряна в міліметрах на оберт (мм/об);

n – частота обертання деталі, хв^{-1} ;

i – число послідовних проходів процесу;

L – протяжність ділянки поверхні, що підлягає обробці або модифікації, виражена в міліметрах (мм).

Кількість необхідних проходів для виконання операції наплавлення визначається за наступною формулою:

$$i = \frac{D - d}{2t}, \quad (2.15)$$

Де t – позначає товщину наплавленого шару металу за один прохід, виміряну в міліметрах (прийнято $t = 2$ мм, згідно з [11]);

D, d – є діаметрами деталі до та після операції наплавлення, відповідно.

$$i = \frac{33 - 29,8}{2 \cdot 2} = 1.$$

Частота обертання деталі розраховується за такою формулою:

$$n = 318 \cdot \frac{V}{d}, \quad (2.16)$$

Де V – колова швидкість деталі, виміряна в метрах за хвилину.

Приклад розрахунку частоти обертання:

$$n = 318 \cdot 0,8 / 29,8 = 8,5 \text{ хв}^{-1}$$

Наступним етапом є розрахунок основного технологічного часу (T_O). Розрахунок виконано наступним чином:

$$T_O = 60 \cdot 1 / (8,5 \cdot 2,3) = 3,1 \text{ хв.}$$

Допоміжний час формується з кількох складових. Для деталей, що фіксуються в центральних положеннях, час, необхідний для монтажу та демонтажу, становить $T_{д1} = 1$ хв. Додатковий допоміжний час, зумовлений

безпосередньо процесом наплавлення, становить $T_{д2} = 0.9$ хв за один прохід.

Таким чином, загальний допоміжний час визначається як:

$$T_{д} = T_{д1} + T_{д2} = 1 + 0,9 = 1,9 \text{ хв}$$

Перехід 3 передбачає наплавлення поверхні дефекту 2 з відновленням діаметра від 29,87 мм до 33 мм на ділянці довжиною 160 мм. Режими вібродугового наплавлення приймаються аналогічними до попереднього переходу, що забезпечує стабільність технологічного процесу та однакову якість нанесеного шару металу.

Основний час виконання операції визначається за формулою:

$$T_o = 160 \cdot 1 / (8,5 \cdot 2,3) = 8,18 \text{ хв}$$

Тривалість допоміжних операцій становить 1,9 хв. Додаткові часові витрати на виконання цієї операції визначаються за наступною методикою:

$$T_{доп} = 0,15 \cdot 14,3 = 2,1 \text{ хв.}$$

Тривалість підготовчо-завершальних робіт ($T_{пз}$) становить 16 хвилин.

Відповідно, нормативний час на виконання даної технологічної операції (T_H) обчислюється шляхом додавання складових елементів процесу (10,5; 3,8; 2,1) та підготовчо-завершального часу (16/1), що сумарно складає:

$$T_H = 10,5 \cdot + 3,8 + 2,1 + 16 / 1 = 32,4 \text{ хв.}$$

Отже, повна тривалість вібродугового наплавлення поверхонь, що включає усунення дефектів типу 1 та 2, дорівнює 32,4 хвилини.

На даному етапі технологічного процесу, 015, виконується механічна обробка наплавлених поверхонь вала з метою відновлення номінальних геометричних параметрів та забезпечення необхідної точності посадкових місць. Спочатку деталь установлюють у патрон токарного верстата та надійно закріплюють. Після цього проводиться обточування поверхні дефекту 1 з діаметра 33 мм до 30,1 мм на довжині 60 мм. Далі формується фаска розміром $2 \times 45^\circ$ на відновленій шийці. Аналогічна операція виконується для поверхні дефекту 2, де проводиться обточування ділянки довжиною 160 мм з наступним зняттям фаски.

Припуск на механічну обробку визначається за формулою:

$$h = \frac{D-d}{2} = \frac{33-30,1}{2} = 1,45 \text{ мм}$$

Оскільки величина припуску становить 1,45 мм, глибину різання приймаємо рівною даному значенню, що дозволяє виконати обробку за один прохід. Тому кількість проходів приймається $i=1$. За прийнятою глибиною різання та діаметром заготовки вибирається поздовжня подача $s=0,3$ мм/об. Базова швидкість різання для даних умов становить $V=63$ м/хв.

Для врахування фізико-механічних властивостей матеріалу вводиться поправочний коефіцієнт для сталі 45 — $K_m=1,7$

Тоді фактична швидкість різання визначається як:

$$V = 63 \cdot 1,7 = 107,1 \text{ м / хв}$$

Частота обертання деталі розраховується за формулою:

$$n=318 \cdot V/d$$

Після підстановки значень отримаємо:

$$n=318 \cdot 107,1/30,1=1131,4 \text{ об/хв}$$

Згідно з технічною документацією [11], для подальших розрахунків приймається номінальне значення частоти обертання шпинделя верстата, яке становить $n=960$ об/хв. Визначається довжина оброблюваної поверхні, з урахуванням величини врізання та загальної траєкторії руху різального інструменту:

$$L = 1 + y,$$

Де y — величина врізання та виходу інструменту, виміряна в міліметрах ($y = 3,5$ мм);

l — довжина оброблюваної поверхні заготовки.

Загальна довжина обробки розраховується за формулою:

$$L = 60 + 3,5 = 63,5 \text{ мм}, \quad (2.17)$$

Тривалість основного технологічного часу становить:

$$T_o=63,5/(960 \cdot 0,3)=0,22 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання переходу, пов'язаний із проходом інструмента, відповідно до нормативних даних для верстатів із висотою центрів 200 мм становить $T_d=0,5$ хв [11]. Далі виконується перехід 3 — зняття фаски

2×45° на діаметрі 30,1 мм, який входить до загального комплексу токарної операції та виконується після чорнового та чистового обточування поверхонь.

Під час виконання технологічної операції проточування фасок використовується ручний спосіб виконання з регульованою подачею, при цьому кількість проходів попередньої або наступної стадії обробки залишається незмінною. У цій ситуації параметри різання не регламентуються. Основний машинний час, що виділяється для виконання фасок, представлений у табличних даних [1] і становить $T_o = 0,08$ хв.

Технологічний перехід 4 передбачає обточування поверхні деталі (позиція 2) від початкового діаметра 33 мм до кінцевого 30,1 мм на ділянці довжиною 160 мм. Параметри різання, що застосовуються для цього переходу, є ідентичними тим, які використовувалися під час другого технологічного переходу.

Надалі проводиться обчислення довжини поверхні, що підлягає механічній обробці.

$$L = 160 + 8,0 = 168 \text{ мм}$$

Тривалість основного технологічного часу становить:

$$T_o = 168 / (960 \cdot 0,3) = 0,58 \text{ хв.}$$

Етап 5 передбачає формування фаски розміром 2×45° на деталі діаметром 30,1 мм. Безпосередній технологічний час для цього елемента операції становить 0,08 хв. Відповідний допоміжний час складає 0,07 хв.

Сумарний технологічний час для виконання всієї операції розраховується шляхом агрегування часу окремих елементів:

$$T_o = 0,22 + 0,08 + 0,51 + 0,08 = 0,89 \text{ хв}$$

Аналогічно обчислюється сукупний допоміжний час на операцію:

$$T_d = 0,5 + 0,07 + 0,5 + 0,07 = 1,14 \text{ хв.}$$

Операційний час, який є сумою технологічного та допоміжного часу, визначається як:

$$T_{on} = 0,89 + 1,14 = 2,03 \text{ хв.}$$

Додаткові витрати часу на операцію, що враховують потенційні перерви чи інші обставини, становлять:

$$T_{\text{доп}} = 0,08 \cdot 2,03 = 0,16 \text{ хв.}$$

Час підготовки та завершення роботи визначений як $T_{\text{пз}} = 9 \text{ хв.}$

Таким чином, нормативний час на виконання даної операції, розрахований за представленою формулою, складає:

$$T_n = 0,89 \cdot 1,14 + 0,15 + 9 / 1 = 11,19 \text{ хв.}$$

020 Етап фрезерної обробки. На цій фазі виробничого циклу здійснюється фрезерування паза для шпонки, з метою усунення дефекту №3, відновлюючи його геометричні показники до необхідних стандартів: забезпечується точна ширина $8^{+0,098}_{+0,040}$ з урахуванням усіх допустимих відхилень, а також глибина у 4 міліметри. Довжина цієї оброблюваної поверхні складає 80 міліметрів. Визначено, що глибина зрізу (t) становитиме 4 міліметри. Завдяки цьому всю роботу можна виконати за один прохід, тобто, іншими словами, за одну операцію ($i=1$).

Для виконання цих робіт застосовується кінцева фреза, яка має діаметр 8 міліметрів та оснащена п'ятьма ріжучими елементами – зубцями. Подача матеріалу під час фрезерування встановлена на рівні (s) 0,05 міліметра за один оберт. Оптимальна швидкість різання (V) визначена як 99 метрів за хвилину. Це забезпечує відповідну частоту обертання шпинделя (n), яка становить 3950 хв^{-1} . Для більш точного відтворення реальних умов технологічного процесу запроваджуються коригувальні множники: коефіцієнт K_x , який становить 0,7, обумовлений наявністю шлакових утворень на поверхні матеріалу після його наплавлення, та коефіцієнт K_m , що дорівнює 1,2, застосовується у випадку обробки сталі, межа міцності якої складає 57 кг/мм^2 .

Зважаючи на сукупний вплив цих чинників, відкоригована частота обертання розраховується таким чином:

$$n = 3950 \cdot 1,2 \cdot 0,7 = 3318 \text{ хв}^{-1}.$$

На підставі технічних характеристик фрезерного верстата визначається найближче нормативне значення обертової частоти, яке становить $n=1500$

об/хв.

У процесі подальших розрахунків не передбачається врахування корекції швидкості різання, адже визначення основного технологічного часу базується безпосередньо на обраній частоті обертання шпинделя.

Головний технологічний час фрезерної операції обчислюється відповідно до наступного виразу:

$$T_O = 80 \cdot 1 / (1500 \cdot 0,05) = 1,06 \text{ хв.} \quad (218)$$

Супровідний час для позиціонування та демонтажу заготовки в затискному пристрої, за умов середньої складності, встановлюється на рівні 0,2 хв. Додатковий допоміжний час, який асоціюється з виконанням робочого проходу інструмента, дорівнює 1,6 хв.

Загальний супровідний час операції обчислюється шляхом агрегації її складових елементів:

$$T_D = T_{D1} + T_{D2} = 2 + 1,6 = 3,6 \text{ хв}$$

Оперативний час, що включає безпосереднє виконання технологічних процесів, становить:

$$T_{OP} = 0,47 \text{ хв} + 3,6 \text{ хв} = 4,07 \text{ хв.}$$

Допоміжний час, який враховує час на обслуговування робочого місця та інші необхідні дії, обчислюється як:

$$T_{ДОД} = 4,07 \text{ хв} \cdot 0,07 = 0,28 \text{ хв.}$$

Приймається, що базовий підготовчо-завершальний час становить 16 хвилин. До нього додається 2 хвилини, які необхідні для налаштування ріжучого інструменту (фрези). Таким чином, загальний підготовчо-завершальний час складає:

$$T_{ПЗ} = 16 \text{ хв} + 2 \text{ хв} = 18 \text{ хв.}$$

З огляду на те, що виробнича партія складається з однієї одиниці виробу, сумарний нормативний час на виконання операції визначається шляхом додавання всіх розрахованих компонентів:

$$T_H = 0,47 \text{ хв} + 3,6 \text{ хв} + 0,28 \text{ хв} + 18 \text{ хв} = 22,35 \text{ хв.}$$

На поточному етапі, 025 Операція термічної обробки, виробничого

циклу передбачено проведення вибіркового термічного зміцнення відновлених ділянок вала. Ця процедура має на меті суттєво підвищити їхню опірність зносу та забезпечити довговічність експлуатації. Процес загартування здійснюється з досягненням цільової твердості на рівні HRC 40. Глибина зміцненого шару при цьому становить від 0,8 до 1,0 мм, що є критично важливим для гарантування оптимальних механічних властивостей та надійності у подальшому використанні.

Перша стадія даної операції зосереджена на термообробці конкретної дефектної зони, позначеної як дефект 1. Час, виділений безпосередньо на нагрівання та активний термічний вплив (основний час), встановлено згідно з чинними технологічними нормативами і дорівнює 0,12 хвилини. Додаткові часові витрати, необхідні для підготовчих та завершальних маніпуляцій, пов'язаних з виконанням цієї частини операції (допоміжний час), складають 0,18 хвилини. Друга стадія, стосується ідентичної термічної обробки другої ідентифікованої зони пошкодження – дефекту 2. Параметри загартування для цього етапу залишаються повністю аналогічними. Відповідно, як основний час активної обробки, так і допоміжні часові витрати становлять ті ж самі 0,12 хвилини та 0,18 хвилини.

Сумарний основний час операції визначається як:

$$T_o = 0,12 + 0,12 = 0,24 \text{ хв}$$

Загальна тривалість оперативної діяльності:

$$T_{оп} = 0,24 + 0,36 = 0,6 \text{ хв}$$

Сумарний допоміжний час становить:

$$T_d = 0,18 + 0,18 = 0,36 \text{ хв}$$

Значення підготовчо-заключного часу встановлено на рівні 7 хвилин. Таким чином, загальний нормативний час виконання операції визначається як сума окремих часових складових та тривалості підготовчо-заключного періоду.

Формула розрахунку сукупного нормативного часу матиме такий вигляд:

$$T_H = 0,24 + 0,36 + 0,06 + 7 = 7,66 \text{ хв}$$

На фінальному етапі механічної обробки здійснюється точне шліфування відновлених ділянок вала. Це має на меті забезпечення встановленої точності розмірів та високої якості зовнішнього шару. Особлива увага приділяється двом зонам, котрі попередньо пройшли процедуру відновлення шляхом наплавлення та подальшу механічну обробку на токарному верстаті.

Зокрема, перший технологічний перехід передбачає шліфування поверхні першого дефекту. При цьому діаметр цієї зони зменшується з початкового значення 30,1 мм до фінального розміру $30^{+0,0013}$ мм по всій довжині, що становить 60 мм. Для забезпечення оптимального процесу цієї операції застосовуються наступні параметри: поперечна подача становить 0,01 мм за оберт, коефіцієнт поздовжньої подачі встановлений на рівні 0,2, швидкість різання досягає 20 метрів за хвилину, а ширина застосовуваного шліфувального круга дорівнює 60 мм.

Поздовжня подача визначається як:

$$S_{\Pi} = \beta \cdot b = 0,2 + 60 = 12 \text{ мм / об} \quad (2.19)$$

Для початку було визначено величину припуску на механічну обробку:

$$h = \frac{30,1 - 30}{2} = 0,05 \text{ мм}.$$

Наступним кроком стало визначення необхідної кількості робочих проходів:

$$i = h/t = 0,05/0,01 = 5. \quad (2.20)$$

Далі, для оптимізації процесу, була розрахована швидкість обертання деталі:

$$n = 318 \frac{20}{30} = 212 \text{ хв}^{-1}.$$

Однак, зважаючи на технічні можливості та наявні режими роботи верстатного обладнання, для практичного застосування було прийнято найближче стандартне паспортне значення, яке дорівнює 115 хв⁻¹.

Безпосередній час шліфування є ключовим параметром, що відображає тривалість активної фази обробки. Він визначається за формулою:

$$T_O = L \cdot i \cdot k_3 / (n \cdot S_{II}) \quad (2.21)$$

Де k_3 – це коефіцієнт, що враховує необхідність зачисних ходів для досягнення заданої якості поверхні ($k_3 = 1, 2 \dots 1,7$).

Після розрахунку отримано:

$$T_O = 0,26 \text{ хв}$$

Другий етап технологічного процесу передбачає обробку іншої ділянки (дефекту 2) з відновленням діаметра на довжині 160 мм. Для цього переходу застосовуються ідентичні технологічні режими обробки. Виконавши аналогічні розрахунки, було отримано, що основний час, витрачений на виконання цього етапу, складає 0,69 хвилини.

Отже, загальний чистий час механічної обробки для всієї операції, що охоплює обидва технологічні переходи, визначається як сума їхніх основних часів:

$$T_o = 0,26 + 0,69 = 0,95 \text{ хв}$$

Крім основного, також враховується сукупний допоміжний час. Цей час охоплює всі супутні дії, такі як установлення та зняття деталі, вимірювання, зміна інструменту тощо. Він був визначений як:

$$T_d = 2 + 2 = 4 \text{ хв}$$

Таким чином, $T_{оп}$, який відображає час безпосередньої участі оператора та роботи обладнання, розраховується як сума основного та допоміжного часу:

$$T_{оп} = 0,88 + 4 = 4,28 \text{ хв}$$

До цієї величини додається $T_{дод}$, який зазвичай включає час на регламентовані перерви, відпочинок працівника, особисті потреби та короткочасне обслуговування робочого місця. Цей час прийнятий у розмірі 9% від оперативного часу і був обчислений як:

$$T_{дод} = 0,09 \cdot 4,8 = 0,44 \text{ хв}$$

Окремо враховується $T_{пз}$, який охоплює всі дії, пов'язані з

налагодженням обладнання перед початком роботи та завершенням операції. Його фіксована величина становить 6 хвилин.

Підсумовуючи всі вищезазначені компоненти, загальний нормативний час, необхідний для виконання всієї шліфувальної операції, був остаточно визначений як:

$$T_H = 0,25 + 2,1 + 0,16 + 0,28 + 0,44 + 6/1 = 9,63 \text{ хв}$$

Ця норма часу є важливим показником для планування виробництва та оцінки продуктивності.

На завершальному етапі технологічного процесу виконується контроль геометричних параметрів відновлених поверхонь вала (дефекти 1, 2, 3). Основною метою даної операції є перевірка відповідності фактичних розмірів, шорсткості та взаємного розташування поверхонь вимогам ремонтної та конструкторської документації. Контроль здійснюється із застосуванням стандартного вимірювального інструменту та шаблонів: мікрометрів, штангенінструменту, калібрів та контрольних пристроїв. Особлива увага приділяється посадковим ділянкам, які працюють у з'єднанні з підшипниками та шківками, оскільки саме ці зони визначають ресурс відновленої деталі.

За результатами вимірювань виконується остаточне приймання деталі або, у разі виявлення відхилень, повернення її на доопрацювання.

Загальний час на відновлення деталі, включаючи всі технологічні, допоміжні та контрольні операції, становить:

$$T_{\text{заг}} = 93 \text{ хв}$$

2.4. Обґрунтування конструкції та принцип роботи знімача

Ефективна організація технічного сервісу та виконання ремонтних робіт зернозбиральної техніки значною мірою залежать від рівня механізації процесів розбирання і складання вузлів. У структурі капітального ремонту комбайнів операції демонтажу та монтажу займають значну частину загальної трудомісткості, оскільки більшість агрегатів мають значну масу, складну

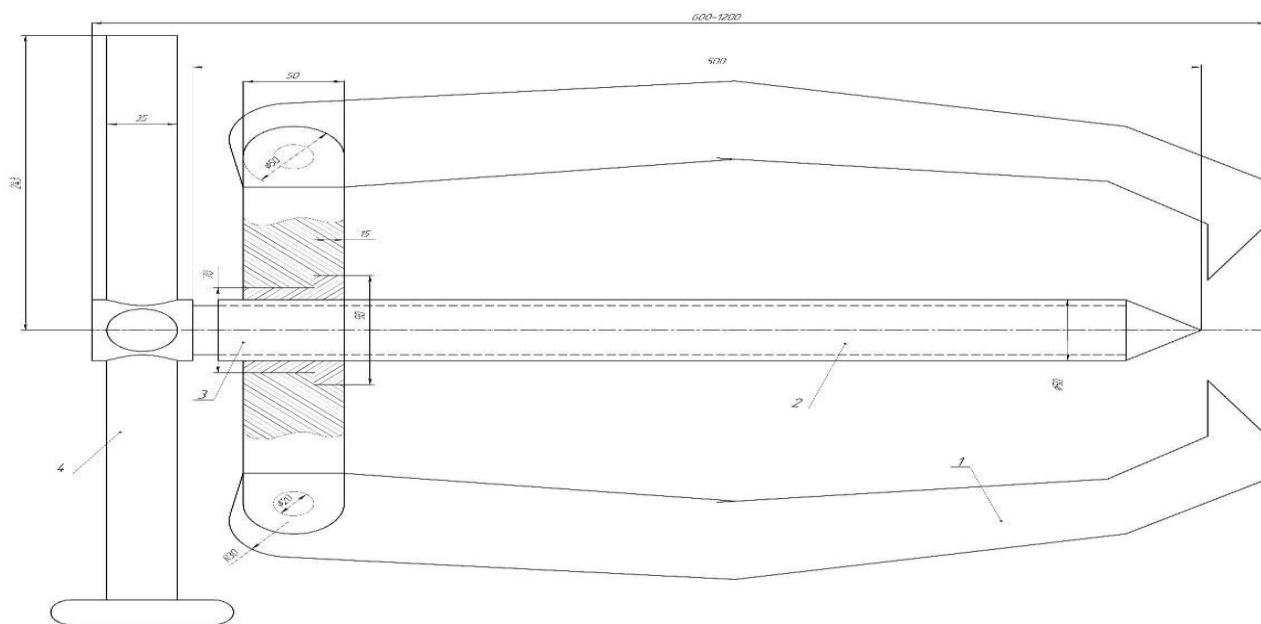
конструкцію та щільні посадки деталей.

Аналіз ремонтної практики показує, що найбільш трудомісткими є роботи, пов'язані з демонтажем молотильного барабана, валів привода, шківів, елементів системи очищення та вузлів соломотряса. Для сучасних зернозбиральних комбайнів фірми Claas характерне ускладнення конструкції приводних механізмів, що призводить до підвищення складності ремонтно-складальних операцій. У порівнянні з комбайнами попередніх поколінь трудомісткість окремих демонтажних робіт може збільшуватись майже на половину. Особливі труднощі виникають під час зняття клинопасових шківів заднього контрпривода та приводів систем очищення. Використання стандартних гвинтових знімачів, які застосовувалися для комбайнів типу СК-5 «Нива», не забезпечує необхідної ефективності при ремонті сучасної техніки. Це пояснюється більшими габаритами деталей, значними зусиллями запресування та застосуванням алюмінієвих сплавів, чутливих до перекосів і локальних навантажень. Нерівномірне прикладання сили під час демонтажу може спричинити деформацію шківів або пошкодження посадкових поверхонь.

З метою підвищення ефективності ремонтних робіт запропоновано конструкцію ручного механічного знімача, призначеного для демонтажу шківів та інших деталей, установлених із натягом. Конструкція забезпечує рівномірне прикладання осьового зусилля, що дозволяє зменшити ризик пошкодження деталей та скоротити тривалість ремонтних операцій.

Принцип роботи знімача полягає у створенні осьового зусилля за допомогою силового гвинта. Під час обертання рукоятки гвинт переміщується вздовж різьби гайки та передає навантаження на демонтовану деталь. Захвати при цьому фіксують шків або інший вузол, забезпечуючи його рівномірне стягування з посадкового місця. Завдяки використанню різьбової пари досягається значне збільшення прикладеної сили при відносно невеликому фізичному зусиллі оператора. Основними перевагами розробленого пристрою є універсальність застосування, простота конструкції, зручність експлуатації та можливість використання без демонтажу суміжних елементів привода. Крім

Для проєктування ручного знімача прийнято такі вихідні дані: матеріал основних силових елементів — сталь Ст3; границя текучості матеріалу становить $\sigma_m \cong 240 \text{ МПа}$; границя міцності — $\sigma_B \cong 470 \text{ МПа}$. Максимальне зусилля розпресування, яке має забезпечувати конструкція, прийнято на рівні $Q = 32000 \text{ Н}$, [8]. Загальний вигляд конструкції представлений на рисунку 2.1.



1 – захвати (лапи); 2 – силовий гвинт; 3 – траверса (гайка); 4 – рукоятка

Завдяки плавному наростанню зусилля виключається перекіс деталі та зменшується ймовірність пошкодження посадкових поверхонь або руйнування шківів, виготовлених із алюмінієвих сплавів. Конструкція знімача передбачає

можливість регулювання положення захватів, що дозволяє використовувати пристрій демонтажу деталей різних типорозмірів і забезпечує універсальність його застосування в умовах ремонтної майстерні.

2.5. Розрахунок та визначення основних параметрів гвинта

Для забезпечення надійності конструкції знімача необхідно провести розрахунок силового гвинта на міцність, стійкість та самогальмування. Матеріал гвинта — Сталь Ст3. Фізико-механічні характеристики: $\sigma_T \cong 240 \text{ МПа}$, $\sigma_s \cong 470 \text{ МПа}$. Допустиме напруження на стиск розраховуємо за формулою:

$$\sigma_{ст} = \sigma_T / (n_1 \cdot n_2 \cdot n_3) = 240 / 1,1 \cdot 1,5 \cdot 1,5 \cong 107 \text{ МПа} \quad (2.22)$$

Де n_1 - коефіцієнт довговічності, становить 1;

n_3 - коефіцієнт запасу міцності, 1,5;

n_2 - коефіцієнт, що враховує пластичність матеріалу. Згідно зі співвідношенням:

$$\sigma_T / \sigma_s = 240 / 470 = 0,53 \quad (2.23)$$

Приймаємо $n_2 = 1,5$ [4]. Для врахування складного напруженого стану визначаємо розрахункове допустиме напруження:

$$[\sigma']_{CT} \cong 0,6[\sigma]_{CT} \cong 0,6 \cdot 107 = 64 \text{ МПа}.$$

Внутрішній діаметр різьби визначаємо з умови міцності на стиск:

$$d_1 \cong 1,13 \sqrt{\frac{Q}{[\sigma']_{CT}}} = 1,13 \sqrt{\frac{32000}{64}} \cong 25,2 \text{ мм} \quad (2.24)$$

З метою підвищення жорсткості конструкції, прийнято рішення про збільшення внутрішнього діаметра гвинтової нарізки d_1 до значення 40 мм.

Наступним кроком здійснюється визначення кроку різьби (P) з прямокутним профілем. Згідно з рекомендаціями, доцільно застосувати наступні співвідношення:

$$P = d_1 / 4 = 2t, \quad (2.25)$$

звідси,

$$P = d_1 / 4 = 40/4 = 10\text{мм},$$

відповідно, висота профілю становить:

$$t = P/2 = 10/2 = 5\text{мм}. \quad (2.26)$$

Далі виконується розрахунок зовнішнього діаметра гвинтової нарізки:

$$d \equiv d_1 + 2t = 40 + 2 \cdot 5 = 50\text{мм}.$$

Подальше визначення стосується середнього діаметра різьби:

$$d_{cp} = (d + d_1) / 2 = 50 + 40/2 = 45\text{мм} \quad (2.27)$$

Насамперед, здійснюється оцінка виконання критерію самогальмування для розрахованих параметрів різьби:

$$\operatorname{tg} \beta \equiv \frac{P}{\pi d_{cp}} = \frac{10}{\pi \cdot 45} = 0,071 \quad (2.28)$$

Звідси, кут підйому різьби, β становить приблизно 4° . Відповідно до критерію самогальмування, тангенс кута тертя $\operatorname{tg} \rho$ прирівнюється до коефіцієнта тертя f . Для сталевого гвинта, що працює в бронзовій гайці, коефіцієнт тертя $f = 0,1$, що дозволяє визначити кут тертя ρ як приблизно 6°

Таким чином, умова самогальмування виконується, оскільки кут підйому різьби менший за кут тертя.

Далі, розраховується робоча довжина гвинта. Згідно з інженерними рекомендаціями, висота підйому (робочий хід) повинна знаходитись у діапазоні $(8 - 10)d$. Приймається значення $L_{под} = 10d = 10 \cdot 50 = 500\text{мм}$. Загальна довжина гвинта обчислюється як сума робочої довжини та додаткової величини, яка прийнята рівною 100 мм.

Отже,

$$L = L_{под} + H = 500 + H = 500 + 100 = 600\text{ мм}$$

Проводиться перевірка гвинта на стійкість, зокрема на поздовжній вигин.

2.6. Визначення геометричних параметрів рукоятки

Довжина рукоятки розраховується з урахуванням обертаючого моменту, необхідного для підйому вантажу. Обертаючий момент може бути визначений за формулою: $T_{BP} \equiv 0,14Qd_{cp}$. Це значення прирівнюється до добутку зусилля,

що прикладається одним працівником (S_p), та довжини важеля (L_p), тобто $S_p L_p$. Зазвичай, зусилля одного працівника коливається в діапазоні від 2 до 4 МПа [8].

Для подальших розрахунків приймається участь двох працівників, кожен з яких прикладає зусилля $S_p = 3$ МПа (за умови середньої тривалості роботи). На основі цих даних довжина рукоятки обчислюється наступним чином:

$$L_p = \frac{0,14 Q d_{cp}}{2 S_p} = \frac{0,14 \cdot 32000 \cdot 45}{2 \cdot 30} = 336 \text{ мм} \quad (2.29)$$

З метою забезпечення ергономічної зручності для двох працівників, початкова розрахункова довжина рукоятки збільшується на 150 мм. Таким чином, скоригована довжина рукоятки становить:

$$L'_p = 336 + 150 = 486 \text{ мм}$$

Діаметр рукоятки розраховується на основі критерію міцності при вигині. При цьому допустиме напруження на вигин встановлюється як 1,2 від граничного напруження що дорівнює $[\sigma]_l = 1,2[\sigma]_{CT} = 1,2 \cdot 107 = 129 \text{ МПа}$. [8]

Розрахунок діаметра рукоятки здійснюється за наступною формулою:

$$d_p = \sqrt[3]{\frac{2 S_p L_p}{0,1[\sigma]_l}} = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 300 \cdot 486}{0,1 \cdot 129}} \cong 33 \text{ мм} \quad (2.30)$$

На основі отриманого значення приймається стандартний або округлений діаметр рукоятки $d_p = 35 \text{ мм}$

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Загальні вимоги безпеки під час ремонту сільськогосподарської техніки

Організація ремонтних робіт зернозбиральних комбайнів у виробничих умовах здійснюється відповідно до чинних нормативних документів з охорони праці для підприємств, що виконують технічне обслуговування та капітальний ремонт сільськогосподарської техніки, а також загальних вимог безпеки для самохідних і тракторних машин після ремонту.

Безпечне виконання робіт забезпечується системною підготовкою персоналу та контролем умов праці. Усі працівники проходять обов'язковий вступний інструктаж під час працевлаштування, первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці, а також періодичні повторні інструктажі не рідше одного разу на шість місяців. Для ділянок із підвищеним рівнем виробничої небезпеки (зварювальні, фарбувальні, мийні та акумуляторні відділення) періодичність повторного інструктажу скорочується до одного разу на три місяці.

Кожне робоче місце має бути оснащено наочними матеріалами з охорони праці, включаючи інструкції, попереджувальні знаки та схеми евакуації. Виконання робіт без використання встановлених засобів індивідуального захисту (спецодягу, спецвзуття, захисних окулярів, рукавичок та респіраторів за потреби) не допускається.

3.2. Вимоги безпеки під час вантажопідйомних операцій

Під час переміщення важких вузлів і агрегатів комбайна, маса яких перевищує 20 кг, обов'язковим є використання вантажопідйомних механізмів і пристроїв. Усі підйомні засоби повинні мати чітке маркування із зазначенням

інвентарного номера, допустимої вантажопідйомності та дат планових технічних оглядів. Стропи, траверси та інші вантажозахватні елементи допускаються до роботи лише за умови наявності відповідного маркування та відсутності пошкоджень. Сталеві канати підлягають заміні у випадку перевищення допустимої кількості обірваних дротів або інших ознак зносу.

Категорично забороняється перебування працівників під підвішеним вантажем, а також залишення вантажу у піднятому стані без нагляду навіть на короткий час.

3.3. Специфічні вимоги безпеки при ремонті комбайнів «Claas»

З огляду на конструктивні особливості зернозбиральних комбайнів марки Claas та підвищену складність їх вузлів, при виконанні ремонтних робіт необхідно дотримуватися спеціальних вимог безпеки. Під час виконання робіт, пов'язаних із підйомом або демонтажем коліс, мостів та інших масивних елементів, машина повинна бути встановлена на надійні стаціонарні опори. Використання лише домкратів або підвішеного стану на вантажопідіймальних механізмах без додаткової фіксації не допускається.

Демонтаж редукторів та силових вузлів виконується із застосуванням спеціалізованих транспортних візків і пристосувань. Використання кранового обладнання для неконтрольованого зміщення вузлів забороняється. Під час ремонту жаткової частини, шнеків та ріжучих механізмів роботи виконуються виключно на технологічних підставках із застосуванням справного інструменту та засобів індивідуального захисту, зокрема рукавичок. При обслуговуванні молотильного апарата необхідно враховувати наявність гострих кромek і виступаючих елементів конструкції, що можуть становити небезпеку травмування. Усі операції виконуються з дотриманням обережності та використанням штатного монтажного оснащення.

З метою запобігання екологічному забрудненню робочої зони під час зливу мастильних матеріалів обов'язково застосовуються герметичні ємності та

піддони для збору відпрацьованих рідин. Обкатка вузлів і механізмів допускається лише після повної перевірки справності обладнання, відсутності сторонніх осіб у небезпечній зоні та подачі попереджувального сигналу. Виконання ремонтних, регулювальних або очищувальних робіт під час руху механізмів категорично забороняється. Усе електрообладнання має бути надійно заземлене.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ КОМБАЙНІВ

Проект передбачає модернізацію процесів технічного обслуговування сільськогосподарської техніки (комбайнів) на виробничій базі підприємства. Це включало оптимізацію організації та технології ремонтних робіт, що призвело до скорочення трудовитрат. Одночасно було здійснено закупівлю та інтеграцію нового обладнання в існуючу майстерню, а також залучено додаткові капіталовкладення. Ключовими техніко-економічними індикаторами цього проекту є рівень рентабельності, обсяги виробництва, річний економічний ефект та період окупності капітальних інвестицій.

Далі буде проведено розрахунок витрат на поточне обслуговування машин. Фонд оплати праці з урахуванням нарахувань (З) обчислюється за формулою (5.1):

$$З = З_о + З_{\text{дод}} + З, \text{ грн} \quad (4.1)$$

Де $З_о$ – річна основна заробітна плата;

$З_{\text{дод}}$ – додаткова заробітна плата, що становить 20% від основної;

$З_н$ – відрахування на соціальні заходи, які складають 37,5% від суми основної та додаткової заробітної плати [8];

$З$ – загальна річна заробітна плата з нарахуваннями.

Основна заробітна плата розраховується як:

$$З_о = Н_з \cdot T_{\text{заг}}, \quad (4.2)$$

Де $T_{\text{заг}}$ – повна трудомісткість робіт. Для базового варіанту $T_{\text{загб}} = 1501$ людино-година, для проєктного варіанту $T_{\text{загпр}} = 2601,45$ людино-годин;

$Н_з$ – середньогодинна тарифна ставка, що становить 16,27 грн/год [8].

Таким чином, основна заробітна плата для базового сценарію становить:

$$З_о^б = 16,27 \cdot 1501 = 24421,27 \text{ грн};$$

А для проєктного сценарію:

$$З_о^{пр} = 16,27 \cdot 2601,45 = 42309,32 \text{ грн}$$

Нижче представлено розрахунок компонентів додаткової заробітної плати та визначення річного фонду оплати праці для двох різних сценаріїв.

Розрахунок додаткових виплат для сценарію А:

$$З_{\text{дод(б)}} = 0,2 \times 24421,27 = 4884,24 \text{ грн}$$

Для сценарію Б:

$$З_{\text{дод(нр)}} = 0,2 \times 42309,32 = 8460,46 \text{ грн}$$

Далі, отримані показники інтегруються у відповідну формулу (6.1) з метою обчислення сукупного річного фонду оплати праці:

$$З_{\text{н}}^{\text{б}} = 24421,27 + 4884,24 + 10989,56 = 40295,07 \text{ грн}$$

Для сценарію Б, річний фонд оплати праці формується з відповідних показників:

$$З_{\text{н}}^{\text{нр}} = 42309,32 + 8460,46 + 19038,66 = 69808,44 \text{ грн}$$

Крім того, амортизаційні відрахування за основні засоби визначаються згідно з такою залежністю:

$$A = \frac{B \cdot H_A}{100} \quad (4.3)$$

Де B – інвестиційний капітал, виражений у гривнях. Для базового сценарію цей показник становить 129800 грн, тоді як для проектного – 167200 грн.;

H_A – норма амортизаційних відрахувань, що застосовується для обчислення, встановлена на рівні 15 % [8].

Виходячи з цих даних, сума амортизаційних відрахувань для кожного сценарію обчислюється наступним чином:

Для базового сценарію:

$$A^{\text{б}} = \frac{129800 \cdot 15}{100} = 19470 \text{ грн.}$$

Для проектного сценарію:

$$A^{\text{нр}} = \frac{167200 \cdot 15}{100} = 25080 \text{ грн.}$$

Далі, визначаються витрати, пов'язані з поточним технічним обслуговуванням та ремонтом обладнання. Ці витрати розраховуються за

формулою (5.4):

$$P = (B \cdot H_p) / 100 \quad (4.4)$$

Де H_p – нормативний відсоток відрахувань на ремонт обладнання, який становить 3,5 % [8].

Наприклад, застосування даної методології до конкретних випадків ілюструє такі результати:

Витрати на ремонт для обладнання з вартістю 129800 грн складають:

$$P_o = 129800 \cdot 3,5 / 100 = 4543 \text{ грн.}$$

Відповідно, для обладнання вартістю 167200 грн:

$$P_{np} = 167200 \cdot 3,5 / 100 = 5852 \text{ грн.}$$

Додатково встановлено, що видатки на запасні частини та допоміжні матеріали становлять 150% від загального обсягу фонду оплати праці.

$$C_{зп} = 1,5 \cdot 3n \quad (4.5)$$

$$C_{зп}^E = 1,5 \cdot 40295,07 = 60442,60 \text{ грн.}$$

$$C_{зп}^{PP} = 1,5 \cdot 69808,44 = 104712,66 \text{ грн.}$$

Витрати на електричну енергію розраховуються з урахуванням сумарної споживаної потужності технологічного обладнання та загальної тривалості його функціонування протягом розрахункового періоду (року). Крім того, до розрахунку включається потужність освітлювальних приладів, задіяних у виробничому приміщенні впродовж робочої зміни.

Зазначені витрати обчислюються за такою формулою:

$$E = N_{об} \cdot t_{об} \cdot \Pi + N_{OCB} \cdot t_{OCB} \cdot \Pi, \quad (4.6)$$

Де $N_{об}$ – сукупна електрична потужність всього задіяного устаткування та приладів, що функціонують у процесі виробництва/діяльності (наприклад, для базового варіанту $N_6 = 22$ кВт, для проектного $N_{np} = 29$ кВт);

Π – поточна вартість одиниці електричної енергії (1 кВт·год), грн (2,94 грн/кВт·год);

$t_{об}$ – загальний період функціонування або експлуатації обладнання за вказаний проміжок часу, год (наприклад, 1500 год)

$t_{\text{осв}}$ – тривалість функціонування/використання освітлювальних приладів, 2070 год [10];

$N_{\text{осв}}$ – сумарна встановлена потужність усіх освітлювальних приладів, що експлуатуються у робочій зоні/приміщенні (3,52 кВт).

$$E^B = 22 \cdot 1500 \cdot 2,94 + 3,52 \cdot 2070 \cdot 2,94 = 118563,73 \text{ грн.}$$

$$E^{IP} = 29 \cdot 1500 \cdot 2,94 + 3,52 \cdot 2070 \cdot 2,94 = 149433,73 \text{ грн.}$$

Інші операційні витрати, що охоплюють додаткові видатки, пов'язані із забезпеченням безпеки праці, придбанням та обслуговуванням необхідного спеціального обладнання, спецодягу, а також іншими заходами, спрямованими на підтримання ефективної діяльності та гарантування належних умов праці та безпеки персоналу

Розрахунок інших непрямих витрат (ЗІН) здійснюється за формулою (5.7):

$$Z_{\text{IH}} = (Z + A + P_o + C_{\text{ЗП}} + E) \cdot 0,03 \quad (4.7)$$

$$Z_{\text{IH}}^B = (40295,07 + 19470 + 4543 + 60442,60 + 118563,73) \cdot 0,03 = 7299,43 \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{IH}}^{IP} = (69808,44 + 25080 + 5852 + 104712,66 + 149433,73) \cdot 0,03 = 10646,60 \text{ грн.}$$

Сукупні загальні витрати, що включають усі попередньо обчислені компоненти, визначаються за формулою (5.8):

$$Z_{\text{заг}} = Z + A + P_o + C_{\text{ЗП}} + E + Z_{\text{IH}} \quad (4.8)$$

$$Z_{\text{заг}}^B = 40295,07 + 19470 + 4543 + 60442,60 + 118563,73 + 7299,43 = 250613,83 \text{ грн.}$$

$$Z_{\text{заг}}^{IP} = 69808,44 + 25080 + 5852 + 104712,66 + 149433,73 + 10646,60 = 365533,43 \text{ грн.}$$

Для оцінки економічної ефективності проєкту розраховується показник питомих поточних витрат на одиницю продукції, що визначається за формулою (5.9):

$$Z_{\text{од}} = \frac{Z_{\text{заг}}}{n}, \quad (4.9)$$

Де n – обсяг виконаних робіт, виміряний кількістю відремонтованих одиниць техніки (у базовому варіанті $n=3$ комбайни, у проєктному – $n=6$ комбайнів).

Для початкового або традиційного сценарію були ретельно розраховані одиничні (питомі) витрати. Загальна сума понесених витрат становила 250 613,83 гривень, і при розподілі її на 3 умовні одиниці отриманий показник питомих витрат склав:

$$З_{од}^{\delta} = 250613,83 / 3 = 83537,94 \text{ грн.}$$

Натомість, для проєктного варіанта, що передбачає нові рішення та оптимізацію процесів, розрахунок одиничних (питомих) витрат показав значно нижчий результат. При сукупних витратах у 365533,43 гривень та збільшеному обсязі випуску до 6 одиниць, питомі витрати, що припадають на одну одиницю, зменшилися:

$$З_{од}^{np} = 365533,43 / 6 = 60922,24 \text{ грн.}$$

Величина капітальних інвестицій на одиницю продукції визначається за формулою (5.10):

$$KB = \frac{K}{n}$$

$$KB^{\delta} = \frac{129800}{3} = 43266,66 \text{ грн.} \quad (4.10)$$

$$KB^{np} = \frac{167200}{6} = 27866,66 \text{ грн.}$$

Зведені витрати на одиницю продукції обчислюються за формулою (4.11):

$$ЗП = З_{од} + 0,15 \cdot KB, \quad (4.11)$$

$$ЗП^{\delta} = 83537,94 + 0,15 \cdot 43266,66 = 90027,93 \text{ грн.}$$

$$ЗП^{np} = 60922,23 + 0,15 \cdot 27866,66 = 65102,23 \text{ грн.}$$

Визначається за формулою повна цехова собівартість од. продукції:

$$C = ЗП + K_H \cdot ЗП,$$

Де K_H коефіцієнт накладних витрат ($K_H=0,1$ або 10%) [8].

$$C^{\delta} = 90027,93 + 0,1 \cdot 90027,93 = 99030,72 \text{ грн.}$$

$$C^{np} = 65102,23 + 0,1 \cdot 65102,23 = 71612,45 \text{ грн.}$$

Далі, щорічний економічний ефект від реалізації проєкту:

$$E = (C^{np} \cdot n) - (C^{\delta} \cdot n) = (71612,45 \cdot 6) - (99030,72 \cdot 3) = 132582,54 \text{ грн.}$$

Отже, річний економічний ефект становить 132582,54 грн

Обчислення періоду окупності додаткових капітальних вкладень (O_k) здійснюється за такою формулою:

$$O_k = \frac{K^{np} - K^o}{E_p} = \frac{167200 - 129800}{132582,54} = 0,3 \text{ рік} \quad (4.14)$$

Ключові результати виконаного розрахунку детально представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 4.1

Оцінка економічної ефективності інвестиційного проєкту

Ключові показники	Числові значення	
	Модернізований	Традиційний
Повна виробнича собівартість одиниці, грн	71612,45	99030,72
Питомі капітальні інвестиції на одиницю, грн	27866,66	43266,66
Загальна площа виробничих приміщень, м ²	190	150
Сукупні трудовитрати на виконання робіт, людино-годин	2601,45	1501
Річний обсяг ремонту комбайнів, умовних ремонтів	8	4
Сукупний обсяг капітальних інвестицій, грн	167200	129800
Поточні експлуатаційні витрати, грн:		
- витрати на енергоносії (електроенергію)	149433,73	118563,73
- витрати на оплату праці та соціальні відрахування	69808,44	40295,07
- витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання	5852	4543
- амортизаційні відрахування за основними засобами	25080	19470
- інші операційні витрати	10646,60	7299,43
- вартість запасних частин та матеріалів	104712,66	60442,60
Зокрема, питомі поточні витрати на одиницю	60922,23	83537,94
Річний економічний ефект від впровадження проєкту, грн	132582,54	-
Приведені витрати на одиницю продукції, грн	65102,63	90027,93
Загальні поточні експлуатаційні витрати, грн	365533,43	250613,83
Термін окупності додаткових капітальних інвестицій, років	0,3	-

На підставі проведеного аналізу розрахункових даних можна дійти висновку, що впровадження заходів з оптимізації технічного обслуговування зернозбиральної техніки забезпечить щорічний економічний ефект у розмірі 132582,54 грн. При цьому термін окупності додаткових капіталовкладень становитиме 0,3 року, що свідчить про високу ефективність та економічну привабливість даного проєкту.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломного проєкту було комплексно опрацьовано питання вдосконалення технології ремонту зернозбиральних комбайнів марки «Claas».

В межах технологічної розробки створено процес відновлення вала соломотряса для комбайна Claas Medion 340, для якого сформовано послідовність операцій із застосуванням вібродугового наплавлення. На основі технічного нормування встановлено тривалість виконання кожного етапу обробки, включаючи зварювальні, наплавлювальні, токарні, фрезерні, термічні та шліфувальні операції. Отримане значення загального часу відновлення деталі, яке становить 93 хвилини з урахуванням контрольних операцій, підтверджує ефективність обраної технологічної схеми та її придатність для практичного використання.

Конструкторська частина проєкту передбачала розробку ручного механічного знімача демонтажу шківів та підшипникових вузлів. Проведені розрахунки основного силового елемента — гвинта — на міцність і стійкість засвідчили його працездатність при навантаженні до 32 кН, що гарантує надійність конструкції в умовах експлуатації. Запропоноване технічне рішення дозволяє зменшити ризик пошкодження деталей під час демонтажу та знизити трудові витрати на виконання ремонтних операцій. Економічний аналіз показав, що впровадження розроблених заходів є доцільним, оскільки додаткові капітальні вкладення в обсязі 132582,54 грн повертаються протягом приблизно 0,3 року, що свідчить про високу ефективність запропонованого проєкту.

Узагальнюючи отримані результати, можна зробити висновок, що реалізація запропонованих рішень сприяє підвищенню якості ремонтних робіт, продовженню строку служби зернозбиральної техніки та загальному зростанню ефективності виробничого процесу збирання сільськогосподарських культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Армашов Ю.В. Основи надійності технічних і технологічних систем в сільськогосподарському машинобудуванні: навч. посіб./ Ю.В. Армашов, А.С.Кобець, П.Т. Мельянцов ; за ред. проф. А.С. Кобця.– Дніпро: Видавець Біла К.О., 2022.– 632 с. (Рекомендовано до друку Вченою радою ДДАЕУ, протокол №2 від 28.10.2021 р.).
2. Географія Дніпропетровської області. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://surl.li/hscfo>.
3. Деталі машин: навчально-методичний комплекс: навчальний посіб-ник для студентів інженерних спеціальностей / А.С. Кобець, В.І. Дирда, С.П. Сокол, А.М. Пугач, О.В. Толстенко, Ю.М. Овчаренко, Л.М. Тіщенко, Р.В. Рід-ний, В.С. Ловейкін, Ю.О. Борхаленко. За редакцією: А.С. Кобця, В.І. Дирди. – Дніпро: Журфонд, 2016. – 428 с.
4. Дирда В. І. Ремонт машин та обладнання. Підручник для вищих на-вчальних закладів [Текст] /. В. І. Дирда, П. Т. Мельянцов, О. І. Кириленко та ін. – Дні-вськ, Журфонд, 2015. – 292 с.
5. Комбайны зерноуборочные „Дон-1500”, „Дон-1200”. Технические требования на капитальный ремонт. – М.: ГОСНИТИ, 1988. – 223 с.
6. Підйомно-транспортні машини : підручник / [А. С. Кобець, В. І. Дирда, Ю. Г. Козуб, С. В. Ракша, Ю М. Овчаренко, А. М. Пугач, І. Є. Рижков, О. А. Черній, І. М. Цаніді ; за ред. : А. С. Кобця, В. І. Дирди] ; М-во освіти і на-уки України, ДЗ «ЛНУ ім. Тараса Шевченка», Дніпропетр. держ. аграр. ун-т. – Луганськ ; Дніпропетровськ : Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2014. – 218с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/598>.
7. Посібник з ремонту зернозбиральних комбайнів фірми «Claas» мо-делі Medion 310-340. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: claas/medion_340.pdf?dcdd6d4a1e3f78d7e6220ec840e3e303.
8. Ремонт машин. Дипломне проектування.: Посібник для вищих на-вчальних

закладів/ [Кобець А.С., Дирда В.І., Сокол С.П. та інш.]. - Дніпропет-ровськ: Журфонд, 2016, - 284 с.

9. Сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю Комісарівка. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/30627400/.

10. Технологія ремонту машин [підручник]/ А.С. Кобець, В.І Дирда., С.П. Сокол, П.Т.Мельянцов, О.І.Кириленко та інш. 4 особи // Дніпро: Журфонд, 2017.- 160 с. – рекомендований до друку Вченою радою ДДАЕУ.

11. Черний А. А., Калганков Е. В. Исследования истираемости современных материалов для защиты деталей машин от абразивного износа// Modern research in world science. Proceedings of the 1st International scientific and practical conference “Modern research in world science” (April 17-19, 2022) SPC “Sci-conf.com.ua”. Lviv, Ukraine. 2022. Pp. 57-63. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sci-conf.com.ua/i-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskaya-konferentsiya-modern-research-in-world-science-17-19-aprelya-2022-goda-lvov-ukraina-arhiv/>.