

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО – ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно – технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ НА
СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

Виконав : студентка 4 курсу, групи АІ-2-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Бабенко Олександр Васильович

Керівник : _____ Васильєв Дмитро Леонідович

Рецензент : _____

Дніпро – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО – ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Дудін В. Ю.

(підпис) (прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Бабенко Олександр Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема роботи: «Удосконалення технологічного процесу капітального ремонту зернозбиральних комбайнів на сервісних підприємствах»

керівник роботи Васильєв Дмитро Леонідович, д.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« ____ » _____ 2026 року № _____

2. Строк подання студентом роботи 05.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту Аналіз типових проектів спеціалізованих майстерень з ремонту комбайнів. Напрямки технічної підготовки виробничих підрозділів з ремонту комбайнів. Показники надійності комбайнів. Аналіз технологічних процесів з ремонту комбайнів. Аналіз організації робіт при ремонті комбайнів.

4. Зміст розрахунково – пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1.Аналіз стану та особливостей капітального ремонту

зернозбиральних комбайнів 2. Обґрунтування технологічних рішень та планування програми робіт 3. Стенда для обкатки та випробування ведучого моста комбайна 4. Організаційно-технічні заходи з охорони праці. 5. Оцінка техніко-економічної доцільності. Основні висновки. Література.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Технологічний процес (A1). 2. Технологічне планування підрозділу (A1). 3. Стенд для обкатки мостів (A1). 4. Привід шпинделя. Складальна одиниця. (A1). 5. Робочі креслення деталей (A1). 6. Економічні показники (A1).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1- 4	Мельянцов П. Т., доцент		
Нормоконтроль	Івлєв В. В., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 05.05.2026 р.	Виконано
2	Технологічний	до 15.05.2026 р.	Виконано
3	Конструктивний	до 28.05.2026 р.	Виконано
4	Охорона праці	до 01.06.2026 р.	Виконано
5	Економічний	до 03.06.2026 р.	Виконано
6	Графічна частина	до 05.06.2026 р.	Виконано

Студент

(підпис)

Бабенко О. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Васильєв Д. Л.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Бабенко О. В. «Удосконалення технологічного процесу капітального ремонту зернозбиральних комбайнів на сервісних підприємствах» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Технічний сервіс»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У роботі розглянуто питання організації та удосконалення технологічного процесу ремонту зернозбиральних комбайнів у спеціалізованій майстерні. Проведено аналіз конструктивних особливостей комбайнів як об'єктів ремонту, досліджено причини та закономірності зношування основних вузлів, а також проаналізовано існуючі технологічні процеси та організаційні підходи до їх відновлення.

На основі проведеного аналізу обґрунтовано удосконалений технологічний процес ремонту, виконано розрахунок програми ремонтних робіт, трудомісткості та чисельності виробничого персоналу. Запропоновано структуру виробничих ділень та підібрано необхідне технологічне обладнання для спеціалізованої майстерні.

Окрему увагу приділено розробці стенда для обкатки та випробування ведучого моста комбайна, наведено його конструктивне обґрунтування, опис роботи та виконано розрахунки працездатності.

Розглянуто питання охорони праці та проведено оцінку техніко-економічної доцільності запропонованих рішень. виробництво.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, ремонт, спеціалізована майстерня, технологічний процес, ведучий міст, стенд випробувань, обкатка, виробнича ділянка, трудомісткість.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ СТАНУ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ	8
1.1 Загальна характеристика зернозбиральних комбайнів як об'єктів ремонту	8
1.2 Причини та закономірності зношування основних вузлів зернозбиральних комбайнів	10
1.3 Аналіз існуючих технологічних процесів ремонту комбайнів.....	12
1.4 Аналіз існуючої організації ремонту комбайнів в спеціалізованих майстернях	14
1.5 Висновки та задачі проекту	16
2. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ТА ПЛАНУВАННЯ ПРОГРАМИ РОБІТ	18
2.1 Огляд передових рішень з організації та технології ремонту комбайнів	18
2.2 Розрахунок програми та трудомісткості проведення ремонтних робіт .	21
2.3 Удосконалений загальний технологічний процес ремонту комбайнів..	26
2.4 Обґрунтування виробничих ділянок спеціалізованої майстерні.....	28
2.5 Обґрунтування чисельності виробничого персоналу для майстерні	31
2.6 Обґрунтування кількісного складу обладнання майстерні.....	34
3. РОЗРОБЛЕННЯ СТЕНДА ДЛЯ ОБКАТКИ ТА ВИПРОБУВАННЯ ВЕДУЧОГО МОСТА КОМБАЙНА	40
3.1 Призначення конструкції і область використання	40
3.2 Огляд аналогічних конструкцій і обґрунтованих прийнятих рішень	41
3.3 Загальна будова та опис роботи розроблюваної конструкції стенда	42
3.4 Розрахунки підтвердження працездатності конструкції.....	44
4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	52
4.1 Організація охорони праці в спеціалізованій майстерні з ремонту комбайнів.....	52

4.2 Заходи безпеки при роботі зі стендом для обкатки та випробування ведучих мостів комбайнів	54
4.3 Дії при надзвичайних ситуаціях у відділеннях спеціалізованої майстерні з ремонту комбайнів	56
5. ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ПРОЕКТУ	59
ВИСНОВКИ ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	64
ЛІТЕРАТУРА	67
ДОДАТКИ	68

ВСТУП

У процесі експлуатації будь-якої сільськогосподарської машини, незалежно від режиму її роботи, простою або транспортування, відбуваються поступові зміни фізико-механічних та геометричних параметрів її деталей. Це зумовлює зниження техніко-економічних показників машини в цілому та призводить до такого стану, коли подальша експлуатація стає технічно неможливою або економічно недоцільною. Відновлення працездатності та ресурсу зношених елементів у таких випадках доцільно здійснювати шляхом проведення капітального ремонту.

Особливої актуальності питання ремонту набуває для зернозбиральних комбайнів, які працюють у важких умовах сезонного навантаження, високої запиленості та значної інтенсивності використання. Забезпечення технічної готовності комбайнового парку значною мірою залежить від ефективності роботи спеціалізованих ремонтних підприємств та майстерень, що виконують відновлення їх працездатності. Якість і ефективність ремонтних робіт при цьому визначається рівнем продуктивності праці, собівартістю та надійністю відновлених машин [1].

Однією з ключових проблем функціонування ремонтно-обслуговуючих підприємств на сучасному етапі є недостатній рівень механізації технологічних процесів. Значна частка ручної праці, наявність трудомістких операцій та несприятливі умови виконання ремонтних робіт негативно впливають на продуктивність праці та якість ремонту. Це, з одного боку, свідчить про недостатній рівень експлуатаційної технологічності конструкції зернозбиральних комбайнів, а з іншого - про обмежену технічну оснащеність ремонтних підприємств.

Підвищення ефективності та якості капітального ремонту зернозбиральних комбайнів можливе шляхом удосконалення організації виробничих процесів, впровадження сучасного технологічного обладнання, а також комплексної механізації та автоматизації ремонтних операцій.

1. АНАЛІЗ СТАНУ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

1.1 Загальна характеристика зернозбиральних комбайнів як об'єктів ремонту

Зернозбиральні комбайни є складними самохідними сільськогосподарськими машинами, призначеними для виконання повного циклу збирання зернових культур: скошування, обмолоту, сепарації, очищення та накопичення зерна. Як об'єкти ремонту вони характеризуються складною конструкцією, наявністю великої кількості взаємопов'язаних механічних, гідравлічних та електронних систем, а також високим рівнем експлуатаційних навантажень.

Згідно з конструктивними та технологічними ознаками зернозбиральні комбайни класифікують [1]:

- за способом агрегування: самохідні; причіпні; навісні;
- за типом молотильно-сепарувального пристрою: барабанні; роторні; гібридні;
- за пропускнуою здатністю: малопродуктивні; середньопродуктивні; високопродуктивні;
- за призначенням: універсальні; спеціалізовані.

Найбільш поширеними є самохідні зернозбиральні комбайни, які забезпечують високу продуктивність та автономність роботи.

Конструкція сучасного зернозбирального комбайна включає такі основні системи: жатковий апарат; молотильний пристрій; сепараційна система; система очищення зерна; зерновий бункер; силова установка (двигун); трансмісія; гідравлічна система; електронні системи керування та діагностики.

Взаємодія зазначених вузлів забезпечує безперервність технологічного процесу збирання врожаю. Складність конструкції зумовлює підвищені вимоги до технічного обслуговування та ремонту [2].

Експлуатація зернозбиральних комбайнів здійснюється в умовах, що

характеризуються: сезонністю роботи з високим навантаженням у короткий період; підвищеною запиленістю; наявністю абразивних частинок у масі, що обробляється; значними змінними навантаженнями; роботою на нерівному рельєфі; впливом атмосферних факторів.

Такі умови призводять до прискореного зношування елементів конструкції та необхідності регулярного ремонту [3].

Основними факторами, що впливають на зношування деталей зернозбиральних комбайнів, є: механічне тертя поверхонь; абразивний вплив пилу та рослинних залишків; корозійні процеси під дією вологи; втомні навантаження; ударні навантаження при попаданні сторонніх предметів.

Найбільш інтенсивно зношуються робочі органи жатки, молотильного апарата та транспортуючих систем [4].

Сучасні зернозбиральні комбайни провідних виробників, таких як Claas та John Deere, відзначаються високим рівнем автоматизації та продуктивності.

До основних конструктивних особливостей сучасних моделей належать: застосування роторних та гібридних систем обмолоту; використання потужних дизельних двигунів з електронним керуванням; інтеграція бортових комп'ютерних систем; автоматизація налаштувань технологічного процесу; застосування зносостійких матеріалів; підвищений рівень ергономіки робочого місця оператора.

Зазначені інновації підвищують ефективність роботи, однак одночасно ускладнюють процес ремонту та діагностики.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що зернозбиральні комбайни є складними технічними системами, які працюють в умовах інтенсивного навантаження та підвищеного зношування.

Сучасні конструкції характеризуються високим рівнем автоматизації, що підвищує вимоги до сервісного обслуговування та ремонтних підприємств. Це обумовлює необхідність удосконалення технологічних процесів капітального ремонту.

1.2 Причини та закономірності зношування основних вузлів зернозбиральних комбайнів

У процесі експлуатації зернозбиральних комбайнів відбувається поступова втрата працездатності їхніх вузлів та агрегатів, що обумовлено дією комплексу фізико-механічних і хімічних факторів. Зношування є природним процесом, який визначає технічний ресурс машини та необхідність проведення ремонтних заходів.

Основними видами зношування деталей зернозбиральних комбайнів є механічне, абразивне та корозійне.

Механічне зношування виникає внаслідок безпосереднього контакту рухомих поверхонь деталей і проявляється у вигляді поступового стирання матеріалу. Воно характерне для підшипникових вузлів, шарнірних з'єднань та елементів трансмісії.

Абразивне зношування є одним із найпоширеніших у зернозбиральних комбайнах. Воно зумовлене наявністю у робочому середовищі твердих частинок ґрунту, пилу та подрібнених рослинних залишків, які потрапляють у зони тертя. Найбільш інтенсивно цей процес проявляється в елементах жатки, молотильного апарата та транспортуючих систем.

Корозійне зношування виникає під дією вологи, кисню та агресивних компонентів рослинної маси. Воно призводить до поступового руйнування поверхні металевих деталей, особливо у періоди тривалого зберігання техніки без належного консерваційного обслуговування.

Характер зношування значною мірою визначається режимами навантаження та умовами експлуатації. Зернозбиральні комбайни працюють в умовах: змінних динамічних навантажень; високої запиленості середовища; підвищеної вологості; нерівномірного рельєфу полів; сезонної інтенсивної експлуатації.

Такі умови спричиняють нерівномірний розподіл навантажень між вузлами машини, що призводить до прискореного зношування окремих елементів. Особливо негативний вплив мають ударні навантаження, які

виникають при попаданні сторонніх предметів у робочі органи.

Аналіз експлуатаційної надійності зернозбиральних комбайнів показує, що найбільш характерні відмови спостерігаються у силовій установці, молотильному апараті та гідравлічній системі. Зазначені вузли мають різні рівні навантаження та працюють в умовах інтенсивного абразивного середовища, що визначає нерівномірність їхнього зношування та частоту відмов (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Типові відмови основних систем зернозбирального комбайна

Система (вузол)	Типові відмови	Причини виникнення	Частота відмов, % (умовно)
Двигун	Зношування ЦПГ, падіння компресії, перегрів	Перевантаження, забруднення, знос	20–25
Молотильний апарат	Зношування бичів, порушення зазорів, вібрації	Абразивний знос, неправильні регулювання	25–30
Гідравлічна система	Витоки, падіння тиску, відмова насосів	Забруднення масла, знос ущільнень	15–20
Трансмсія	Знос підшипників, поломка шестерень	Ударні навантаження, недостатнє змащення	10–15
Жаткова частина	Поломка ножів, деформація приводу	Каміння, нерівномірне навантаження	10–15

Аналіз наведених даних показує, що найбільша частка відмов у зернозбиральних комбайнах припадає на молотильний апарат (25–30%) та двигун (20–25%). Це пояснюється тим, що зазначені вузли працюють у найбільш навантажених режимах та безпосередньо забезпечують виконання основних технологічних функцій машини.

Гідравлічна система характеризується середнім рівнем відмов (15–20%), що здебільшого пов'язано із забрудненням робочої рідини та зношуванням ущільнень. Трансмсія та жаткова частина мають дещо нижчі показники відмов (10–15%), однак їх несправності часто призводять до повної зупинки роботи комбайна [5].

Отримані результати свідчать про те, що найбільш критичними з точки

зору надійності є саме вузли, які працюють в умовах інтенсивного абразивного та динамічного навантаження. Це підтверджує необхідність підвищеної уваги до їх технічного обслуговування та удосконалення технологій ремонту.

1.3 Аналіз існуючих технологічних процесів ремонту комбайнів

Технологічний процес капітального ремонту зернозбиральних комбайнів на спеціалізованих підприємствах являє собою сукупність взаємопов'язаних операцій, спрямованих на відновлення технічного стану машин до рівня, близького до початкового. Структура такого процесу формується з урахуванням конструктивних особливостей комбайнів, умов їх експлуатації та виробничих можливостей ремонтного підприємства.

Ремонт комбайнів, як правило, розпочинається із зовнішнього очищення машини, яке здійснюється на спеціально відведених майданчиках. Очищення проводиться механічним способом із використанням ручного інструменту (щіток, скребків), у результаті чого видаляються залишки ґрунту, пилу та рослинної маси. Разом з тим, у більшості випадків відсутнє застосування спеціалізованих мийних установок, що знижує якість підготовки машини до подальших операцій.

Після очищення виконується первинний технічний огляд, у ході якого визначається загальний стан комбайна та виявляються явні дефекти, такі як тріщини, деформації, зношування робочих поверхонь. Однак цей етап здебільшого має візуальний характер і не супроводжується використанням сучасних діагностичних засобів, що обмежує точність оцінки технічного стану [6].

Наступним етапом є розбирання комбайна, яке виконується у відповідності до технологічних карт і технічних вимог. Демонтаж вузлів здійснюється у визначеній послідовності. Важкі агрегати знімаються за допомогою підйомно-транспортного обладнання (кран-балок), після чого транспортуються до відповідних робочих місць. Разом з тим, у багатьох

випадках процес розбирання виконується з недостатнім рівнем механізації та без застосування спеціалізованих стендів.

Після розбирання проводиться дефектація деталей і вузлів, яка полягає у визначенні їх технічного стану та придатності до подальшого використання. Результати дефектації оформлюються у вигляді відомостей, що дозволяє планувати обсяги відновлювальних робіт та потребу в запасних частинах. Однак відсутність сучасних засобів контролю (вимірювальних приладів, неруйнівних методів діагностики) знижує достовірність отриманих результатів.

Деталі, які підлягають відновленню, передаються у спеціалізовані дільниці, де виконуються операції наплавлення, механічної обробки, шліфування та інші відновлювальні роботи. Слід зазначити, що на багатьох підприємствах використовується застаріле обладнання, що не забезпечує необхідної точності та якості обробки.

На етапі комплектування здійснюється підбір деталей і вузлів відповідно до технічних вимог, розмірних і масових груп. Недостатня організація цього процесу часто призводить до порушення взаємозамінності та зниження надійності зібраних вузлів.

Подальшим етапом є складання комбайна, яке виконується на робочих місцях або складальних постах. Після складання проводяться регулювальні роботи та частково - випробування вузлів. Однак у більшості випадків відсутні спеціалізовані стенди для обкатки агрегатів, що не дозволяє повною мірою перевірити їх працездатність перед введенням в експлуатацію.

Завершальним етапом є фарбування машини, що виконує захисну функцію, запобігаючи корозії металевих поверхонь у процесі подальшої експлуатації.

Проведений аналіз існуючого технологічного процесу ремонту дозволив встановити ряд суттєвих недоліків: неповна реалізація технологічного процесу, зокрема відсутність окремих операцій (підрозбирання, обкатка вузлів, повноцінна діагностика); недостатній рівень механізації робіт, значна частка ручної праці; відсутність або обмежене

використання спеціалізованого обладнання та стендів; використання застарілого верстатного парку; недостатня забезпеченість підйомно-транспортними засобами; низький рівень організації комплектувальних і діагностичних операцій.

Зазначені недоліки є наслідком як технічної відсталості виробничої бази, так і недосконалості організації ремонтного процесу.

Аналіз існуючих технологічних процесів ремонту зернозбиральних комбайнів показав, що вони характеризуються недостатнім рівнем технічного оснащення та організації. Виявлені недоліки призводять до підвищення трудомісткості робіт, збільшення тривалості ремонту, зниження якості відновлення вузлів і неефективного використання ресурсів підприємства. Це обґрунтовує необхідність удосконалення технологічного процесу ремонту.

1.4 Аналіз існуючої організації ремонту комбайнів в спеціалізованих майстернях

Організація ремонтного виробництва на спеціалізованих підприємствах є одним із ключових чинників, що визначають ефективність відновлення працездатності зернозбиральних комбайнів. Вона охоплює режим роботи підприємства, структуру виробничих підрозділів, методи організації ремонтного процесу, забезпеченість обладнанням, а також рівень планування та підготовки виробництва.

Аналіз діяльності ремонтних майстерень показує, що на підприємствах застосовується однозмінний режим роботи з тривалістю робочої зміни близько 7 годин та шестиденним робочим тижнем. Такий режим обмежує можливості інтенсивного використання виробничих площ і обладнання, особливо в періоди сезонного збільшення обсягів ремонтних робіт.

Слід відзначити, що на сучасному етапі майстерня не має чітко визначеної спеціалізації. Це зумовлено трансформаційними процесами в аграрному секторі економіки, коли значна частина сільськогосподарських

підприємств була обмежена у фінансових ресурсах і не могла забезпечити стабільне завантаження спеціалізованих ремонтних підприємств. У таких умовах майстерні були змушені диверсифікувати свою діяльність і виконувати широкий спектр робіт, орієнтуючись на поточний попит. Це призвело до втрати вузької спеціалізації та зниження ефективності організації виробництва.

Встановлено, що на підприємствах відсутня науково обґрунтована програма ремонту, що ускладнює планування завантаження виробничих потужностей і призводить до нерівномірного використання обладнання. Ремонт техніки здійснюється переважно за тупиковим методом, при якому окремі машини або вузли обслуговуються на одному робочому місці від початку до завершення ремонту.

Застосування тупикового методу має ряд суттєвих недоліків: нераціональне використання виробничих площ; перетинання технологічних потоків; збільшення тривалості ремонту; ускладнення організації контролю якості [7].

Особливої уваги потребує рівень механізації виробничих процесів. На дільницях, де виконуються розбирально-складальні операції, спостерігається низький рівень механізації та автоматизації, що зумовлює значні трудові витрати та залежність якості робіт від кваліфікації персоналу.

Організаційна підготовка виробництва не відповідає сучасним вимогам. Зокрема: відсутня система підготовки технологічного оснащення; не налагоджено виготовлення або централізоване постачання необхідних пристроїв та інструменту; недостатньо розвинена система технічної документації.

Також встановлено, що підприємства недостатньо забезпечене підйомно-транспортним обладнанням, що ускладнює переміщення важких вузлів і агрегатів та збільшує тривалість виконання робіт. Планування робочих місць є нераціональним, що призводить до втрат часу на допоміжні операції. Крім того, на робочих місцях часто відсутня необхідна технічна документація для виконання дефектації та ремонтних операцій.

Узагальнюючи результати аналізу, можна виділити такі основні недоліки організації ремонту: відсутність чіткої спеціалізації підприємства; неефективна система планування ремонтних робіт; застосування тупикового методу організації виробництва; низький рівень механізації та автоматизації; недостатня забезпеченість обладнанням; недосконале планування виробничих площ і робочих місць; відсутність належної організаційно-технологічної підготовки виробництва.

1.5 Висновки та задачі проекту

У результаті проведеного аналізу конструктивних особливостей зернозбиральних комбайнів, причин зношування їх основних вузлів, а також існуючих технологічних процесів і організації ремонтного виробництва встановлено, що ефективність капітального ремонту на спеціалізованих підприємствах залишається недостатньою.

Дослідження показало, що найбільш суттєвими недоліками є: відсутність чітко визначеної спеціалізації ремонтного підприємства; недосконалість системи планування, зокрема відсутність обґрунтованої річної програми ремонтів і трудомісткості робіт; застосування неефективних методів організації виробництва (тупиковий метод ремонту); недостатній рівень механізації та автоматизації технологічних процесів; обмежена забезпеченість сучасним технологічним і підйомно-транспортним обладнанням; недосконалість організації робочих місць та технологічного забезпечення.

Виявлені недоліки призводять до підвищення трудомісткості ремонтних робіт, збільшення тривалості простоїв техніки, зниження якості відновлення вузлів і, як наслідок, до економічних втрат підприємства.

Таким чином, існує об'єктивна необхідність удосконалення технологічного процесу капітального ремонту зернозбиральних комбайнів та організації ремонтного виробництва.

З урахуванням виявлених недоліків та з метою підвищення ефективності ремонтного виробництва у дипломному проєкті необхідно вирішити такі основні задачі:

- обґрунтувати річну програму ремонтних робіт та визначити їх трудомісткість;
- розробити удосконалений технологічний процес капітального ремонту зернозбиральних комбайнів;
- розрахувати потрібну кількість робітників, основного і допоміжного обладнання;
- спроектувати технологічну оснастку для проведення ремонтів;
- запровадити заходи по вдосконаленню організації виробничого процесу;
- організувати безпечне виконання запланованих ремонтів.
- обчислити бюджетну ефективність розробки.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ТА ПЛАНУВАННЯ ПРОГРАМИ РОБІТ

2.1 Огляд передових рішень з організації та технології ремонту комбайнів

Організація ремонтного виробництва зернозбиральних комбайнів на сучасних спеціалізованих підприємствах базується на комплексному підході, який поєднує технологічні методи відновлення машин, рівень механізації процесів та форми організації праці. Такі підприємства, як правило, виконують ремонт сільськогосподарської техніки різного призначення: тракторів, зернозбиральних комбайнів, машин механізації тваринницьких ферм, а також проводять технічне обслуговування енергонасичених машин.

Ефективність ремонтного виробництва визначається прийнятою стратегією, яка включає методи ремонту, структуру технологічного процесу та рівень організації виробничих потоків [7].

У практиці ремонтних підприємств застосовуються різні методи організації відновлення техніки, які відрізняються ступенем спеціалізації, рівнем механізації та економічною ефективністю.

Знеособлений метод є одним із найбільш поширених у промислових умовах. Його сутність полягає у тому, що під час ремонту деталі та вузли втрачають приналежність до конкретної машини. Машина розбирається на складові частини, після чого відновлені та нові елементи використовуються для формування нових комплектів.

Такий підхід забезпечує: високу пропускну здатність ремонтних підприємств; можливість організації потокового виробництва; зниження простоїв техніки.

Разом з тим, метод потребує розвиненої системи обмінного фонду деталей та високого рівня стандартизації.

Незнеособлений метод передбачає збереження приналежності деталей до конкретного виробу. Ремонт виконується з максимальним збереженням сполучень, що не перевищують граничні зноси [7].

Його основні переваги: збереження взаємної пригінки деталей; підвищення надійності окремих вузлів; економія запасних частин.

Однак цей метод є менш продуктивним і застосовується переважно при ремонті одиничних машин або при необхідності забезпечення підвищеної надійності у короткий термін експлуатації.

Агрегатний метод є найбільш прогресивним серед знеособлених методів. Його сутність полягає у заміні несправних агрегатів на справні або відремонтовані з обмінного фонду [7].

До переваг методу належать: скорочення тривалості ремонту; зменшення трудомісткості розбирання та складання; можливість спеціалізації ремонтних дільниць; підвищення якості ремонту за рахунок централізованого відновлення агрегатів; зниження простоїв техніки в експлуатації.

Метод особливо ефективний для конструктивно модульних машин, у тому числі сучасних зернозбиральних комбайнів, де вузли мають високий рівень взаємозамінності.

Вузловий метод застосовується переважно в умовах дрібносерійного виробництва. Його особливість полягає у поділі технологічного процесу на завершені групи операцій, які виконуються на спеціалізованих робочих місцях.

Переваги методу: підвищення продуктивності праці; зменшення часу ремонту; раціональне використання обладнання; підвищення якості складальних операцій.

Цей метод є доцільним при ремонті різномарочної техніки, коли обсяги виробництва не дозволяють повністю перейти до потокової організації.

Найбільш ефективною формою організації ремонту є потоковий метод, який базується на безперервному переміщенні об'єкта ремонту між спеціалізованими робочими місцями.

Основні характеристики потокового виробництва: розчленування технологічного процесу на операції; закріплення операцій за робочими місцями; синхронізація виконання робіт; ритмічність виробництва; мінімізація міжопераційних простоїв.

Робочі місця оснащуються спеціалізованими стендами, пристосуваннями та інструментом, що дозволяє значно підвищити продуктивність праці та стабільність якості ремонту.

Потокова організація є найбільш ефективною за умов стабільного завантаження підприємства та великих обсягів однотипних ремонтів.

У сучасному ремонтному виробництві все більшого поширення набуває поєднання потокового та агрегатного методів. Це дозволяє поєднати високу продуктивність поточкових ліній із гнучкістю агрегатного ремонту.

Особливо це актуально для гідравлічних систем, двигунів та трансмісійних вузлів зернозбиральних комбайнів, де застосовується централізоване відновлення агрегатів з подальшим використанням в обмінному фонді.

У ремонтних підприємствах застосовуються три основні форми організації праці.

Бригадна форма передбачає виконання основного обсягу ремонтних робіт однією бригадою. Вона характерна для дрібних підприємств, але має недоліки: низький рівень спеціалізації; нерівномірне навантаження; підвищені витрати матеріалів; недостатня якість ремонту.

Постова форма базується на виконанні технологічних операцій на спеціалізованих постах. Вона забезпечує: розподіл праці; підвищення продуктивності; покращення якості робіт; скорочення часу ремонту.

Бригадно-постова форма є комбінованою та найбільш поширеною. Частина операцій виконується бригадою, а складні або спеціалізовані роботи - на окремих постах.

Ефективні технології ремонту базуються на реалізації основних виробничих принципів: спеціалізація (закріплення операцій за робочими місцями); прямоточність (мінімізація переміщень деталей); ритмічність (

рівномірне завантаження виробництва); паралельність (одночасне виконання операцій); механізація та автоматизація (зниження частки ручної праці).

Реалізація цих принципів забезпечує підвищення ефективності ремонтного виробництва, скорочення витрат і підвищення якості відновлення техніки.

2.2 Розрахунок програми та трудомісткості проведення ремонтних робіт

Раціональна програма ремонтно-відновлювальних робіт для спеціалізованих підприємств третього рівня сервісної бази визначається на основі кількісного складу парку зернозбиральних комбайнів, що зосереджений у межах зони відповідальності підрозділу.

Такий підхід зумовлений незадовільним станом власної матеріально-технічної бази аграрних господарств, потужності якої не дозволяють виконувати капітальний ремонт складних агрегатів із дотриманням технологічних вимог. На підставі положень теорії масового обслуговування встановлюється граничний радіус територіального охоплення, у межах якого транспортування комбайнів до спеціалізованої майстерні є економічно обґрунтованим [8].

$$l \leq \frac{c \cdot t_0}{2}, \quad (2.1)$$

де l – радіус зони обслуговування, км;

c – середня швидкість доставки техніки, км/год. ($c = 50 \text{ км/год}$);

t_0 – час очікування початку ремонту комбайна, год. $t_0 = 2,2 - 3,5 \text{ год.}$.

$$l \leq \frac{50 \cdot 3}{2} = 75 \text{ км.}$$

Таким чином спеціалізована майстерня з капітального ремонту комбайнів буде обслуговувати підприємства та господарства, які розташовані

на відстані не більш ніж 75 км, а кількісний склад їх комбайнового парку наведено в (таблиці 2.1).

Таблиця 2.1 – Кількісний склад комбайнового парку, що обслуговується майстернею

№ з/п	Група комбайнів	Марка (модельний ряд)	Кількість, од.	Частка від загалу, %
1	Закордонного виробництва (потужні)	John Deere (S-серія, 9000 серія)	150	25
2	Закордонного виробництва (середні)	Claas (Lexion, Tucano)	120	20
3	Закордонного виробництва	Case IH (Axial-Flow)	90	15
4	Вітчизняного виробництва	«Скіф», «Славутич» (Херсонмаш)	180	30
5	Інші марки	New Holland, Massey Ferguson та ін.	60	10
Разом			600	100

Аналіз структури парку машин, наведений у табл. 2.1, свідчить про значну концентрацію зернозбиральної техніки в межах зони обслуговування сервісного центру (600 одиниць).

Кількісний склад характеризується переважанням закордонних моделей (John Deere, Claas, Case IH), що сукупно становлять 60% від загальної чисельності. Разом із тим, суттєва частка вітчизняної техніки (30%) формує стабільний попит на капітальний ремонт вузлів та агрегатів.

Такий розподіл парку за марками та країнами-виробниками визначає необхідність формування універсальної технологічної бази, здатної забезпечити якісний сервіс як складних гідросистем іноземних комбайнів, так і повне відновлення ресурсних параметрів вітчизняних машин.

Число комбайнів, які підлягають капітальному ремонту на території, що розглядається, можна визначити за формулою [8]:

$$N_p = \delta \cdot N_{\text{ком.і}} \cdot K_{op}, \quad (2.2)$$

де δ – коефіцієнт, розрахований на ремонт агрегатів, (для вітчизняних комбайнів - $\delta = 1,35 \dots 1,5$, для імпорتنих - $\delta_{\text{имп}} = 1,1 \dots 1,15$);

K_{op} - коефіцієнт обхвату капітальним ремонтом з врахуванням середнього строку служби комбайна, (для імпортних комбайнів $K_{op}^{imn} = 0,08$, для вітчизняних $K_{op}^{vit.} = 0,2$);

$N_{ком.і}$ – кількість комбайнів на території, що розглядається.

Проведемо розрахунок кількості ремонтів для комбайнів марки Claas використавши статистичну їх кількість з (табл.2.1) за виразом (2.2).

$$N_p^{Claas} = 1,1 \cdot 120 \cdot 0,08 \approx 11 \text{рем.}$$

Розрахунки кількості ремонтів для інших комбайнів проводяться аналогічно а їх результати представлено в (табл.2.2).

Таблиця 2.2 – Річна кількість ремонтів комбайнів

№ з/п	Марка (модельний ряд)	Кількість комбайнів, од.	Коефіцієнт ремонту агрегатів, δ	Коефіцієнт охоплення ремонтом, K_{op}	Кількість ремонтів, од
1	John Deere (S-серія, 9000 серія)	150	1,1	0,08	13
2	Claas (Lexion, Tucano)	120	1,1	0,08	11
3	Case IH (Axial-Flow)	90	1,1	0,08	8
4	«Скіф», «Славутич» (Херсонмаш)	180	1,4	0,2	50
5	New Holland, Massey Ferguson та ін.	60	1,1	0,08	5
Всього			-	-	87

Як видно з таблиці, найбільший обсяг ремонтів припадає на вітчизняні комбайни типу «Скіф» та «Славутич», що пояснюється вищим коефіцієнтом ремонту агрегатів ($\delta = 1,4$) та більшим значенням коефіцієнта охоплення ремонтом ($K_{op}^{vit.} = 0,2$), що, у свою чергу, обумовлено особливостями їх експлуатації та технічного ресурсу.

Для імпортних комбайнів, таких як John Deere, Claas, Case IH, New Holland та Massey Ferguson, значення коефіцієнтів є нижчими, що свідчить про вищу надійність і меншу потребу в ремонтних втручаннях.

Сумарна річна кількість ремонтів становить 87 одиниць, що використовується як вихідна величина при подальшому плануванні виробничої програми майстерні, визначенні трудомісткості робіт, чисельності персоналу та потреби в обладнанні.

Річна трудомісткість ремонту визначається за формулою:

$$T_{\text{заг}} = \sum (N_{\text{ком.}i} \cdot t_{\text{ком.}i}), \quad (2.3)$$

де $T_{\text{заг}}$ – загальна трудомісткість ремонтних робіт, люд.-год; $N_{\text{ком.}i}$ – кількість ремонтів i -го типу комбайнів за рік, од.; $t_{\text{ком.}i}$ – трудомісткість одного поточного ремонту i -го типу комбайна, люд.-год. (для вітчизняних моделей «Скіф», «Славутич» - $t_{\text{Слав.}} = 450 \text{ люд.-год.}$).

Для комбайнів моделей комбайнів «Скіф», «Славутич» загальна трудомісткість буде дорівнювати:

$$T_{\text{заг}}^{\text{«Скіф»}} = 50 \cdot 450 = 22500 \text{ люд.-год}$$

Аналогічно проводяться розрахунки трудомісткості ремонту для інших марок комбайнів, їх результати представлено в (табл.2.3).

Таблиця 2.3 – Трудомісткість ремонту комбайнів

№ з/п	Марка (модельний ряд)	Кількість ремонтів, од./рік	Трудомісткість одного ремонту, люд.-год	Загальна трудомісткість, од
1	John Deere (S-серія, 9000 серія)	13	550	7150
2	Claas (Lexion, Tucano)	11	520	5720
3	Case IH (Axial-Flow)	8	520	4160
4	«Скіф», «Славутич» (Херсонмаш)	50	450	22500
5	New Holland, Massey Ferguson та ін.	5	500	2500
Всього		87	-	42030

У таблиці 2.3 представлено результати визначення річної трудомісткості ремонтів зернозбиральних комбайнів різних марок. Розрахунок виконано за залежністю добутку кількості ремонтів на нормативну трудомісткість одного ремонту для кожного типу машин.

Найбільша частка трудових витрат припадає на комбайни «Скіф» та «Славутич» — 22500 люд.-год, що становить близько 53,5 % від загального обсягу робіт. Це пояснюється значною кількістю ремонтів (50 од./рік) при відносно меншій трудомісткості одного ремонту (450 люд.-год), що вказує на високу інтенсивність їх відновлення.

Для комбайнів John Deere сумарна трудомісткість становить 7150 люд.-год (приблизно 17,0 %), при цьому трудомісткість одного ремонту є однією з найбільших - 550 люд.-год, що свідчить про складність конструкції та підвищені вимоги до виконання ремонтних операцій.

Комбайни Claas та Case IH формують відповідно 5720 люд.-год (13,6 %) та 4160 люд.-год (9,9 %) загального обсягу робіт. При однаковій нормативній трудомісткості ремонту (520 люд.-год) різниця пояснюється кількістю ремонтів.

Найменший обсяг робіт припадає на комбайни New Holland та Massey Ferguson - 2500 люд.-год (близько 6,0 %), що зумовлено незначною кількістю ремонтів (5 од./рік), незважаючи на відносно високу трудомісткість одного ремонту (500 люд.-год).

Загальна трудомісткість ремонтних робіт становить $T_{\text{заг.}} = 42030$ люд.-год, що є базовим параметром для подальших інженерних розрахунків.

Окрім основного обсягу ремонтних робіт, у виробничій діяльності підприємства передбачено виконання допоміжних операцій. До їх складу належать: технічне обслуговування та ремонт технологічного обладнання, виготовлення спеціального оснащення і окремих деталей, а також інші супутні роботи виробничого характеру.

З урахуванням структури виробничого процесу, трудомісткість зазначених допоміжних робіт становить орієнтовно 22 % від трудомісткості основних ремонтних операцій. У зв'язку з цим загальна трудомісткість

виробничої програми визначається як сума трудових витрат на основні та допоміжні роботи і може бути розрахована за відповідною залежністю:

$$T_{don} = 0,22 \cdot T_{zag} = 0,22 \cdot 42030 = 9246,6 \text{ люд.} - \text{год}, \quad (2.4)$$

Сумарна трудомісткість річних робіт визначиться за виразом:

$$T_{sum} = T_{zag} + T_{don} = 42030 + 9246,6 \approx 51500 \text{ люд.} - \text{год}, \quad (2.5)$$

Отримана сумарна трудомісткість річних робіт з урахуванням допоміжних процесів становить $T_{sum} = 51500 \text{ люд.} - \text{год}$, що необхідно враховувати при подальшому проектуванні чисельності персоналу, виборі технологічного обладнання та організації виробничих площ.

2.3 Удосконалений загальний технологічний процес ремонту комбайнів

Удосконалення технологічного процесу з капітального ремонту комбайнів розроблюється для умов спеціалізованого цеху, виконаного за типовим проектом ТП 816-141 (на 100 ремонтів) [8].

Відповідно до чинних нормативно-технічних документів, капітальному ремонту підлягають зернозбиральні комбайни та їх складові елементи, які вичерпали встановлений доремонтний ресурс (не менше 1500 мотогодин або 1100 фізичних гектарів) чи міжремонтний ресурс (не менше 1200 мотогодин або 900 фізичних гектарів) і досягли граничного технічного стану.

Для забезпечення належного рівня якості ремонтних робіт кожне робоче місце повинно бути укомплектоване обладнанням, оснащенням та інструментом відповідно до специфіки виконуваних операцій. Раціональне технічне оснащення дозволяє ефективно виконувати трудомісткі процеси розбирання, складання, регулювання та обкатки як окремих вузлів, так і машини в цілому, що сприяє максимальному відновленню експлуатаційних характеристик агрегатів.

У спеціалізованих ремонтних підрозділах доцільно застосовувати стендове обладнання для випробування та обкатки основних вузлів (молотильних апаратів, жаток, трансмісійних елементів тощо). Використання спеціалізованих стендів і підйомно-транспортних засобів безпосередньо в зоні виконання монтажно-демонтажних робіт забезпечує зниження трудомісткості та підвищення якості ремонту. Особливе значення мають операції очищення, оскільки ступінь видалення забруднень безпосередньо впливає на точність дефектації та довговічність відремонтованих вузлів.

Технологічний процес капітального ремонту розпочинається з приймання машини, яке здійснюється відповідно до встановлених технічних вимог щодо здавання та видачі комбайнів після ремонту. Після приймання машина розміщується на спеціально обладнаних майданчиках, де виконується її підготовка: очищення від забруднень, демонтаж швидкозношуваних елементів (пасів, ланцюгів, акумуляторів, елементів електрообладнання) та встановлення на опорні пристрої.

Перед подачею в основний ремонтний потік виконується попереднє розбирання, зокрема демонтаж габаритних вузлів (жатки, похилої камери), які направляються у відповідні ремонтні ділянки. Подальше транспортування здійснюється механізовано, після чого машина надходить на пост зовнішнього очищення, де застосовуються мийні установки з подачею пароводяного струменя.

На розбирально-мийній ділянці виконується повне розбирання комбайна на вузли та агрегати з подальшим очищенням деталей у спеціалізованих мийних установках. Демонтажні операції здійснюються із застосуванням вантажопідйомного обладнання та механізованого інструменту. Організація робочих місць передбачає використання стендів, столів і стелажів для запобігання розміщенню деталей на підлозі.

Після очищення деталі надходять на ділянку дефектації, де їх технічний стан визначається за результатами візуального контролю та вимірювань відповідно до нормативних вимог. За результатами контролю деталі сортуються на придатні, такі що підлягають відновленню, та

непридатні з подальшим направленням за відповідними технологічними потоками.

Комплектування вузлів здійснюється на спеціально обладнаних дільницях із використанням стелажів і накопичувальних пристроїв. Відновлення та ремонт вузлів проводиться у спеціалізованих відділеннях (гідросистеми, трансмісії, молотильного апарату тощо) із застосуванням стендів для регулювання, випробування та балансування.

Складальні роботи організовуються за потоковим принципом із використанням конвеєрних систем, що забезпечує послідовне встановлення відремонтованих вузлів на базову раму. Після завершення складання комбайн проходить обкатку, регулювання та комплексне випробування всіх систем.

Завершальними етапами є контроль якості, усунення виявлених дефектів, фарбування та передача машини на зберігання або замовнику. Така організація технологічного процесу забезпечує підвищення надійності відремонтованої техніки, зниження трудових витрат та покращення експлуатаційних показників машин.

2.4 Обґрунтування виробничих дільниць спеціалізованої майстерні

Формування складу виробничих дільниць спеціалізованої ремонтної майстерні є одним із ключових етапів технологічного проектування, оскільки саме від раціональної структури підрозділів залежить ефективність виконання ремонтних робіт, рівень завантаження обладнання та продуктивність праці персоналу. Структура майстерні визначається з урахуванням прийнятого технологічного процесу, номенклатури ремонтної техніки, а також обсягів річної виробничої програми.

При проектуванні приймається принцип спеціалізації дільниць за видами виконуваних робіт, що дозволяє забезпечити концентрацію однотипних операцій, підвищити рівень механізації процесів та скоротити виробничий цикл ремонту. Загальна річна трудомісткість робіт по майстерні

становить 51500 люд.-год, що є базою для подальшого розподілу навантаження між виробничими підрозділами.

З урахуванням технологічної послідовності ремонту та передового виробничого досвіду, у складі майстерні передбачаються такі дільниці (табл.2.4). Розподіл трудомісткості між дільницями здійснюється у відсотках від загального обсягу робіт із подальшим перерахунком у абсолютні значення.

Таблиця 2.4 – Розподіл трудомісткості між дільницями майстерні

№з/п	Назва дільниці	Трудомісткість, %	Трудомісткість, люд.-год
1	Дільниця зовнішнього очищення	1,1	566,5
2	Розбирально-мийна дільниця	9,6	4944,0
3	Дільниця дефектування	1,2	618,0
4	Дільниця комплектування	1,5	772,5
5	Дільниця ремонту транспортерів та елеваторів	1,6	824,0
6	Слюсарно-механічна дільниця	12,6	6489,0
7	Зварювально-наплавлювальна дільниця	3,0	1545,0
8	Жестяницько-мідна дільниця	2,8	1442,0
9	Дільниця ремонту жаток і підбирачів	3,2	1648,0
10	Дільниця ремонту молотарки	10,4	5356,0
11	Дільниця ремонту бункерів	0,5	257,5
12	Дільниця ремонту електрообладнання	3,1	1596,5
13	Дільниця ремонту агрегатів гідросистем	4,3	2214,5
14	Дільниця складання	20,9	10763,5
15	Дільниця ремонту трансмісії та ходової частини	7,7	3965,5
16	Дільниця обкатки та випробувань	13,8	7107,0
17	Дільниця фарбування	2,7	1390,5
	Всього	100	51500

Аналіз трудомісткості, наведений у (табл. 2.4), відображає структуру витрат праці за основними стадіями технологічного процесу ремонту та дозволяє оцінити навантаження на окремі виробничі дільниці. Такий підхід забезпечує обґрунтоване планування чисельності персоналу, підбір обладнання та визначення пропускної здатності кожного підрозділу.

Найбільша частка трудомісткості припадає на дільницю складання (20,9 %, 10763,5 люд.-год), що пояснюється значною кількістю операцій з

монтажу вузлів, регулювання з'єднань і забезпечення точності взаємного розташування елементів. Високі витрати праці на цій стадії також обумовлені необхідністю використання підйомно-транспортних засобів і проведення контрольних перевірок.

Дільниця обкатки та випробувань (13,8 %, 7107,0 люд.-год) займає друге місце за трудомісткістю, оскільки включає комплекс операцій з перевірки працездатності агрегатів під навантаженням, регулювання систем і виявлення прихованих дефектів. Значна тривалість цих процесів пов'язана з необхідністю дотримання встановлених режимів роботи та параметрів контролю.

Слюсарно-механічна дільниця (12,6 %, 6489,0 люд.-год) характеризується високою трудомісткістю через виконання операцій механічної обробки, відновлення посадок, виготовлення окремих деталей та доведення поверхонь до необхідних параметрів точності й шорсткості.

Істотну частку займають також розбирально-мийні роботи (9,6 %, 4944,0 люд.-год), що є початковим етапом ремонту та визначають якість подальшої дефектації. Дільниця ремонту молотильного апарату (10,4 %, 5356,0 люд.-год) має значну трудомісткість через складність конструкції вузлів і необхідність балансування обертових елементів.

Дільниці ремонту трансмісії та ходової частини (7,7 %) і агрегатів гідросистем (4,3 %) характеризуються підвищеними вимогами до точності складання, герметичності та надійності роботи, що також впливає на обсяг трудових витрат.

Меншу частку трудомісткості мають допоміжні дільниці: дефектування (1,2 %), комплектування (1,5 %), зовнішнього очищення (1,1 %) та фарбування (2,7 %). Незважаючи на відносно невеликий обсяг робіт, ці процеси є критично важливими, оскільки забезпечують підготовку деталей до ремонту, їх правильний підбір та захист від корозії.

Отже, аналіз структури трудомісткості дозволяє зробити висновок, що основне навантаження припадає на операції складання, механічної обробки

та випробування, що визначає необхідність їх першочергового забезпечення високопродуктивним обладнанням і кваліфікованим персоналом.

2.5 Обґрунтування чисельності виробничого персоналу для майстерні

Розрахунок кількості основних робочих для майстерні з капітальних ремонтів комбайнів проведемо використавши вихідні дані: річна трудомісткість $T_{PIЧ} = 51500 \text{ люд.} - \text{год}$

При розрахунку кількості робітників застосуємо дві величини: технологічно необхідну (явочну) та штатну (спискову). Вихідні дані:

$T_{PIЧ} = 10313 \text{ люд.} - \text{год}$; Φ_n (номінальний фонд часу) = 2015 год;

Φ_o (дійсний фонд часу) $\approx 1840 \text{ год.}$; $K_{вн}$ (коефіцієнт виконання норм) = 1,05.

Явочна чисельність (N_y):

$$N_y = \frac{T_{PIЧ}}{\Phi_n \cdot K_{вн}}, \quad (2.6)$$

$$N_y = \frac{51500}{2015 \cdot 1,05} = 24,3 \approx 24 \text{ роб.}$$

Приймаємо 24 робочих.

Штатна чисельність ($N_{шт}$):

$$N_{шт} = \frac{T_{PIЧ}}{\Phi_o \cdot K_{вн}}, \quad (2.7)$$

$$N_{шт} = \frac{51500}{1840 \cdot 1,05} = \frac{10500}{1932} = 26,6 \approx 26 \text{ роб.}$$

Технологічна кількість основних робітників для капітального ремонту комбайнів складе 26 осіб. Проведемо розподілення кількісного складу слюсарів за видами робіт, трудомісткість яких наведена в (табл. 2.4), застосували вираз (2.7). Результати розподілу представлено в (табл.2.5).

Таблиця 2.5 - Розрахунок кількості робітників за видами робіт

№з/п	Назва дільниці	Трудомісткість, люд.-год	Розрахун- кова кількість (Р _т)	Прийнята кількість (Р _п)
1	Дільниця зовнішнього очищення	566,5	0,29	-
2	Розбирально-мийна дільниця	4944,0	2,56	2
3	Дільниця дефектування	618,0	0,32	-
4	Дільниця комплектування	772,5	0,40	1
5	Дільниця ремонту транспортерів та елеваторів	824,0	0,43	-
6	Слюсарно-механічна дільниця	6489,0	3,36	3
7	Зварювально-наплавлювальна дільниця	1545,0	0,80	1
8	Жестяницько-мідна дільниця	1442,0	0,75	1
9	Дільниця ремонту жаток і підбирачів	1648,0	0,85	1
10	Дільниця ремонту молотарки	5356,0	2,77	3
11	Дільниця ремонту бункерів	257,5	0,13	-
12	Дільниця ремонту електрообладнання	1596,5	0,83	1
13	Дільниця ремонту агрегатів гідросистем	2214,5	1,15	1
14	Дільниця складання	10763,5	5,57	6
15	Дільниця ремонту трансмісії та ходової частини	3965,5	2,05	2
16	Дільниця обкатки та випробувань	7107,0	3,68	3
17	Дільниця фарбування	1390,5	0,72	1
	Всього	51500	26,66	26

Аналіз розподілу трудомісткості між виробничими дільницями показує, що загальний обсяг робіт становить 51500 люд.-год, при цьому розрахункова чисельність персоналу – 26,66 осіб, що після округлення прийнято як 26 працівників.

Отримані значення свідчать про нерівномірне навантаження між підрозділами: частина дільниць має недостатнє завантаження ($P_t < 1$), тоді як інші потребують закріплення повноцінних штатних одиниць або їх групування.

Найменш завантаженими є дільниці зовнішнього очищення ($P_t = 0,29$), дефектування ($P_t = 0,32$), ремонту транспортерів та елеваторів ($P_t = 0,43$), а також ремонту бункерів ($P_t = 0,13$). Для таких дільниць доцільно застосувати

принцип суміщення професій, коли виконавці залучаються до виконання суміжних операцій у межах єдиного технологічного потоку.

Зокрема, персонал дільниці зовнішнього очищення та дефектування доцільно довантажити роботами на розбирально-мийній дільниці у періоди пікових навантажень, а також допоміжними операціями з підготовки вузлів до дефектації. У цьому випадку формування інтегрованого завантаження може бути подане як: $P_k \approx 0,29 + 0,32 + 0,13 = 0,74$, що забезпечує раціональне використання робочого часу без перевантаження персоналу.

Працівників дільниці ремонту транспортерів та елеваторів доцільно залучати до виконання допоміжних слюсарних робіт на слюсарно-механічній дільниці та частково до операцій з відновлення вузлів у зоні ремонту жаток і підбирачів: $P_k \approx 0,43 + 0,25 + 0,15 = 0,83$.

Це дозволяє компенсувати розриви в завантаженні та підвищити ефективність використання спеціалізованих робочих місць.

Окремо слід відзначити слюсарно-механічну дільницю, яка є найбільш навантаженою ($P_T = 3,36$). Для забезпечення безперервності технологічного процесу частина персоналу може бути взаємозалучена до робіт на дільницях ремонту гідросистем та електрообладнання: $P_k \approx 3,36 + 0,83 + 1,15 = 5,34$ (з подальшим розподілом у межах змінності та бригадної організації).

Для дільниці складання ($P_T = 5,57$) доцільним є залучення працівників з ремонту трансмісії та обкатки, що формує збалансовану виробничу ланку: $P_k \approx 5,57 + 2,05 + 3,68 = 11,30$, але з урахуванням бригадного поділу робіт фактичне навантаження розподіляється між змінними групами виконавців.

У результаті впровадження системи суміщення професій та довантаження персоналу забезпечується вирівнювання завантаження робітників у межах допустимого коефіцієнта ($P_k \approx 0,75-1,0$ для індивідуальних робочих місць та до 1,2 для бригадних форм організації праці).

Це дозволяє підвищити ефективність використання трудових ресурсів, зменшити простої обладнання та забезпечити безперервність технологічного процесу ремонту тракторів.

2.6 Обґрунтування кількісного складу обладнання майстерні

Базою для підбору та обчислення параметрів ключового устаткування є діюча технологія виробництва разом із трудовими витратами на виконання конкретних операцій.

Під час розробки проекту необхідно визначити чисельність одиниць обладнання, призначеного для реалізації найбільш складних та енергомістких етапів ремонту техніки й регенерації компонентів.

Для зовнішнього очищення використовується пароводоструменева установка ОМ-2417. Число установок для зовнішнього очищення можна визначити за формулою:

$$S_m = \frac{N_p^{ком}}{\Phi_{до.} \cdot q \cdot \eta_t}, \quad (2.8)$$

де $N_p^{ком}$ – річна програма ремонту комбайнів, ($N_p^{ком} = 87 \text{ рем.}$);

$\Phi_{до.}$ – дійсний фонд часу мийної машини, год., ($\Phi_{до.} = 1500 \text{ год.}$) год.;

q – продуктивність машини за зміну, од/год., ($q = 1,5 \text{ од} / \text{год}$);

η_t – коефіцієнт завантаження машини по часу, $\eta_t = 0,85$.

$$S_m = \frac{87}{1500 \cdot 1,5 \cdot 0,85} \approx 1 \text{ маш.}$$

На розбирально-мийній ділянці встановлюється машина конвеєрного типу ОМ-576. Кількість мийних машин для очищення деталей та вузлів можна визначити за формулою:

$$S_{м.к.} = \frac{Q}{\Phi_{до.} \cdot q_1 \cdot \eta_0 \cdot \eta_t}, \quad (2.9)$$

де Q – маса деталей, що підлягає очищенню за рік, т;

q_1 – продуктивність машини, $q_1 = 1,2 \text{ т} / \text{год}$;

η_0 – коефіцієнт, що враховує одночасне завантаження машини, $\eta_0 = 0,7$.

Кількість деталей які підлягають очищенню визначаємо за формулою:

$$Q = \beta \cdot Q_m \cdot N, \quad (2.10)$$

де β - коефіцієнт, що враховує долю деталей, яка підлягає миттю, $\beta = 0,35$; Q_m – маса машини, $Q_m = 13,5 \text{ т}$.

$$Q = 0,35 \cdot 13,5 \cdot 87 = 411,1 \text{ т}$$

$$S_{м.к.} = \frac{411,1}{1500 \cdot 1,2 \cdot 0,7 \cdot 0,8} = 0,41 \approx 1 \text{ маш.}$$

Приймаємо одну мийну машину.

Кількість металоріжучих верстатів розраховуємо за формулою:

$$N_{pm} = \frac{T_{вт} \cdot K_n}{\Phi_{до} \cdot \eta}, \quad (2.11)$$

де $T_{вт}$ – трудомісткість верстатних робіт, ($T_{вт} = 6489 \text{ люд.} - \text{год}$);

K_n – коефіцієнт, що враховує нерівномірність завантаження механічної дільниці, ($K_n = 1,03$);

η - коефіцієнт використання верстатного обладнання, ($\eta = 0,9$).

$$N_{pm} = \frac{6489 \cdot 1,03}{1500 \cdot 0,9} = 5,2 \approx 5 \text{ верстатів}$$

Приймаємо два токарно-гвинторізні верстати марок: 1К62 та 1А145. Один свердлильний верстат - 2А125, один фрезерний - 4В165 і один круглошліфувальний – 3Б355.

Розрахунок кількості одиниць зварювального устаткування виконується за базовим математичним виразом:

$$N_{зв} = \frac{T_{зн}}{\Phi_{д.об} \cdot \kappa_з}, \quad (2.12)$$

де $T_{зн}$ - тривалість зварювальних і наплавлювальних операцій, год. ($T_{зн} = 1545,0$ люд.-год) ; $\Phi_{д.об}$ - тривалість застосування зварювального обладнання, год. ($\Phi_{д.об} = 1500$ год.); $\kappa_з$ - коефіцієнт застосування постів, ($\kappa_з = 0,70 \dots 0,80$).

$$N_{зв} = \frac{1545,0}{1500 \cdot 0,8} = 1,3 \approx 1,0 \text{ пост}$$

ля реалізації електрозварювальних операцій обираємо один зварювальний трансформатор моделі СТН-500.

Майстерня повинна бути в повній мірі забезпечуватися підйомно-транспортним обладнанням. Для цього використовуються 2 кран-балки з ванта-жопідйомністю 5 т, а також консольно-поворотні крани, ланцюговий конвеєр, ро-льганг, візки для переміщення деталей та вузлів.

Все інше обладнання приймається згідно технології проведення робіт і наводиться в додатках роботи.

2.7 Розрахунок виробничих та допоміжних площ

Кожне робоче місце у виробничих підрозділах повинно мати достатню площу для раціонального розміщення технологічного обладнання, ремонтованих агрегатів, а також забезпечення безпечних і ергономічних умов праці. Визначення загальної виробничої площі здійснюється з урахуванням площ, зайнятих обладнанням, внутрішньоцехових проходів і проїздів, а також на основі питомих нормативів площі на одного працівника.

Розрахунок виробничої площі виконується за нормативним методом із застосуванням рекомендованих значень питомих площ, що використовуються при проєктуванні ремонтних підприємств. Отримані результати доцільно представити у табличній формі (таблиця 2.6) для забезпечення наочності та зручності подальшого аналізу планувальних рішень.

Таблиця 2.6 - Площі ділень виробничого корпусу

№з/п	Назва ділянки	Питома площа ділянки, м ² /роб	Площа ділянки, м ²
1	Ділянка зовнішнього очищення	30	30
2	Розбирально-мийна ділянка	25	175
3	Ділянка дефектування	20	20
4	Ділянка комплектування	20	20
5	Ділянка ремонту транспортерів та елеваторів	15	15
6	Слюсарно-механічна ділянка	15	150
7	Зварювально-наплавлювальна ділянка	20	40
8	Жестяницько-мідна ділянка	15	30
9	Ділянка ремонту жаток і підбирачів	15	30
10	Ділянка ремонту молотарки	15	120
11	Ділянка ремонту бункерів	15	15
12	Ділянка ремонту електрообладнання	15	30
13	Ділянка ремонту агрегатів гідросистем	15	45
14	Ділянка складання	20	320
15	Ділянка ремонту трансмісії та ходової частини	15	90
16	Ділянка обкатки та випробувань	20	200
17	Ділянка фарбування	15	15
	Всього	-	1345

Виробнича площа існуючої майстерні складає 1440 м², тобто наявні площі повністю задовольняють нормам проєктування. В виробничому корпусі також розташовані побутові та конторські приміщення, а також інструментальна кладова. Площа цих складових повинна складати близько 15..20 % від виробничої.

Так як загальна площа майстерні складає 1584 м², то площу яка припадає на допоміжні структурні складові майстерні можна визначити як:

$$F_{\text{дон}} = F_{\text{заг}} - F_{\text{в}}, \quad (2.13)$$

де $F_{\text{дон}}, F_{\text{заг}}, F_{\text{в}}$ – відповідно допоміжна, загальна та виробнича площа ремонтної майстерні, м^2 .

$$F_{\text{дон}} = 1584 - 1345 = 239 \text{ м}^2.$$

Це складає 18% від виробничої площі, що задовольняє вищевказаним вимогам.

Висновки по розділу.

1. У результаті аналізу сучасних підходів до організації ремонту встановлено, що найбільш ефективним для умов спеціалізованої майстерні є поєднання потокового та агрегатного методів. Така комбінація забезпечує скорочення тривалості ремонтного циклу, підвищення рівня спеціалізації виробничих ділянок і стабільність якості відновлення вузлів зернозбиральних комбайнів.

2. Виконані розрахунки виробничої програми показали, що при річній програмі капітальних ремонтів - 87 одиниць загальна трудомісткість основних робіт становить - 42030 люд.-год. З урахуванням допоміжних процесів сумарна трудомісткість досягає 51500 люд.-год, що є визначальним параметром для подальшого проектування майстерні.

3. Розроблений технологічний процес ремонту характеризується високим рівнем механізації та раціональною послідовністю виконання операцій: від приймання та очищення до складання, обкатки і випробувань. Запровадження спеціалізованих стендів, підйомно-транспортного обладнання та потокової організації забезпечує підвищення якості ремонту і зменшення трудових витрат.

4. Розподіл трудомісткості між виробничими ділянками показав нерівномірність навантаження, що обумовлено специфікою технологічних операцій. Найбільша концентрація трудових витрат припадає на складальні, механічні та випробувальні роботи. Це визначає необхідність їх пріоритетного оснащення високопродуктивним обладнанням і оптимізації структури персоналу шляхом суміщення професій.

5. Проведені розрахунки чисельності працівників і виробничих площ підтвердили можливість ефективного функціонування майстерні при штаті

26 робітників та загальній площі 1584 м². Прийняті планувальні та технологічні рішення забезпечують раціональне використання ресурсів, безперервність виробничого процесу та відповідність нормативним вимогам щодо організації ремонтного виробництва.

3. РОЗРОБЛЕННЯ СТЕНДА ДЛЯ ОБКАТКИ ТА ВИПРОБУВАННЯ ВЕДУЧОГО МОСТА КОМБАЙНА

3.1 Призначення конструкції і область використання

Стенд для обкатки та випробування ведучого моста зернозбирального комбайна призначений для проведення комплексу технологічних операцій, пов'язаних із перевіркою працездатності, надійності та відповідності технічним вимогам відремонтованого вузла перед введенням його в експлуатацію. Основною функцією стенда є відтворення робочих режимів навантаження, що дозволяє здійснювати контроль технічного стану ведучого моста в умовах, максимально наближених до реальних.

У процесі обкатки забезпечується припрацювання деталей тертя, стабілізація контактних поверхонь та зменшення початкових зносів після виконання ремонтно-відновлювальних робіт. Випробування, що проводяться на стенді, дають можливість виявити приховані дефекти складання, порушення регулювань, підвищені вібрації, сторонні шуми, витіки мастильних матеріалів та інші відхилення від нормативних параметрів.

Конструкція стенда передбачає можливість регулювання режимів роботи, зокрема частоти обертання, крутного моменту та тривалості навантаження, що забезпечує універсальність його застосування для різних типів і модифікацій ведучих мостів комбайнів. Крім того, стенд дозволяє проводити як холодну, так і гарячу обкатку, а також контроль параметрів роботи трансмісійних елементів у динамічних режимах.

Область використання розробленого стенда охоплює спеціалізовані ремонтні підприємства, сервісні центри технічного обслуговування сільськогосподарської техніки, а також виробничі підрозділи, що здійснюють капітальний або поточний ремонт зернозбиральних комбайнів. Використання стенда доцільне на завершальних етапах технологічного процесу ремонту, після складання ведучого моста, перед його встановленням на машину.

Застосування даної конструкції сприяє підвищенню якості ремонтних робіт, зниженню ймовірності відмов у процесі експлуатації, скороченню періоду припрацювання вузлів у польових умовах та забезпеченню відповідності відремонтованих агрегатів вимогам нормативно-технічної документації..

3.2 Огляд аналогічних конструкцій і обґрунтованих прийнятих рішень

Для обґрунтування прийнятого конструктивного рішення доцільно розглянути поширені типи стендів, що застосовуються для обкатки та випробування ведучих мостів.

Відома конструкція стенда KI-2059M з електродвигуном і редукторною передачею (класична схема) у якого привід здійснюється від електродвигуна через редуктор і ланцюгову передачу безпосередньо на ведучий міст [8].

Стенд характеризується простотою конструкції та обслуговуванням, високою надійністю і ремонтпридатністю, має не високу вартість виготовлення. При цьому, він має такі недоліки: обмежені можливості регулювання навантаження, відсутність точного імітування реальних умов роботи, значні енергетичні втрати в передачах, підвищений рівень шуму

Більш прогресивною конструкцією для випробування ведучих мостів являється конструкція стенда з гідравлічним навантаженням (гідростенд) КГВ – 1426Г. На стенді ведучий міст приводиться в рух електродвигуном, а навантаження створюється гідромоторами [8].

Конструкція стенда забезпечує плавне та точне регулювання навантаження, можливість моделювання різних режимів роботи, високу точність випробувань та зниження ударних навантажень.

Разом з тим він характеризується складністю конструкції, високою вартістю виготовлення та обслуговування. Потребую в додатковому гідравлічному обладнанні високі вимоги до герметичності системи.

Наведені недоліки в розглянутих конструкціях стендів для обкатки ведучих мостів частково відсутні у конструкції стенда марки KI-1500EG з

навантаженням через електрогенератором, який з'єднується з мостом і створює навантаження за рахунок перетворення механічної енергії в електричну. Стенд характеризується високою точністю контролю режимів, можливістю автоматизації процесу випробувань, має широкий діапазон регулювання. Водночас він має високу складність і вартість, необхідність систем керування, чутливість до перевантажень та складність ремонту.

В зв'язку з цим виникає необхідність розроблення універсальної конструкції стенда для обкатки ведучих мостів комбайнів за рахунок компоновки та можливості регулювання режимів. При цьому вона повинна бути конструктивно простою, бути технологічною щодо виготовлення деталей і максимальній реалізації стандартизованих вузлів. Мати зручність в обслуговуванні та ремонту і не високу собівартість.

3.3 Загальна будова та опис роботи розроблюваної конструкції стенда

Розроблена конструкція стенду складається з зварної рами на якій розміщені всі основні вузли стенду (рис.3.1). Привід стенду здійснюється від трьохфазного асинхронного двигуна змінного струму 14, що за допомогою пасової передачі 10 передає рух до первинного валу коробки передач 6 стенду, яка призначена для забезпечення трьохшвидкісного режиму роботи.

Вона забезпечує частоту обертання валу 640, 1240 та 1500 хв⁻¹, відповідно на різних передачах.

Далі рух передається через втулично-пальцеву муфту, та клинопасову передачу на привід шпинделя 3 стенду, що з'єднаний з первинним валом редуктора коробки діапазонів швидкостей комбайна.

На обкатку ведучий міст потрапляє в зборі за допомогою кран-балки, після чого встановлюється на стенд за допомогою кріпильних болтів і за допомогою муфти з'єднується зі шпинделем 3 стенда.

Перед пуском стенду необхідно перевірити натягнення клинопасових передач, надійність кріплення моста та вузлів стенду, наявність та цілісність захисних кожухів.

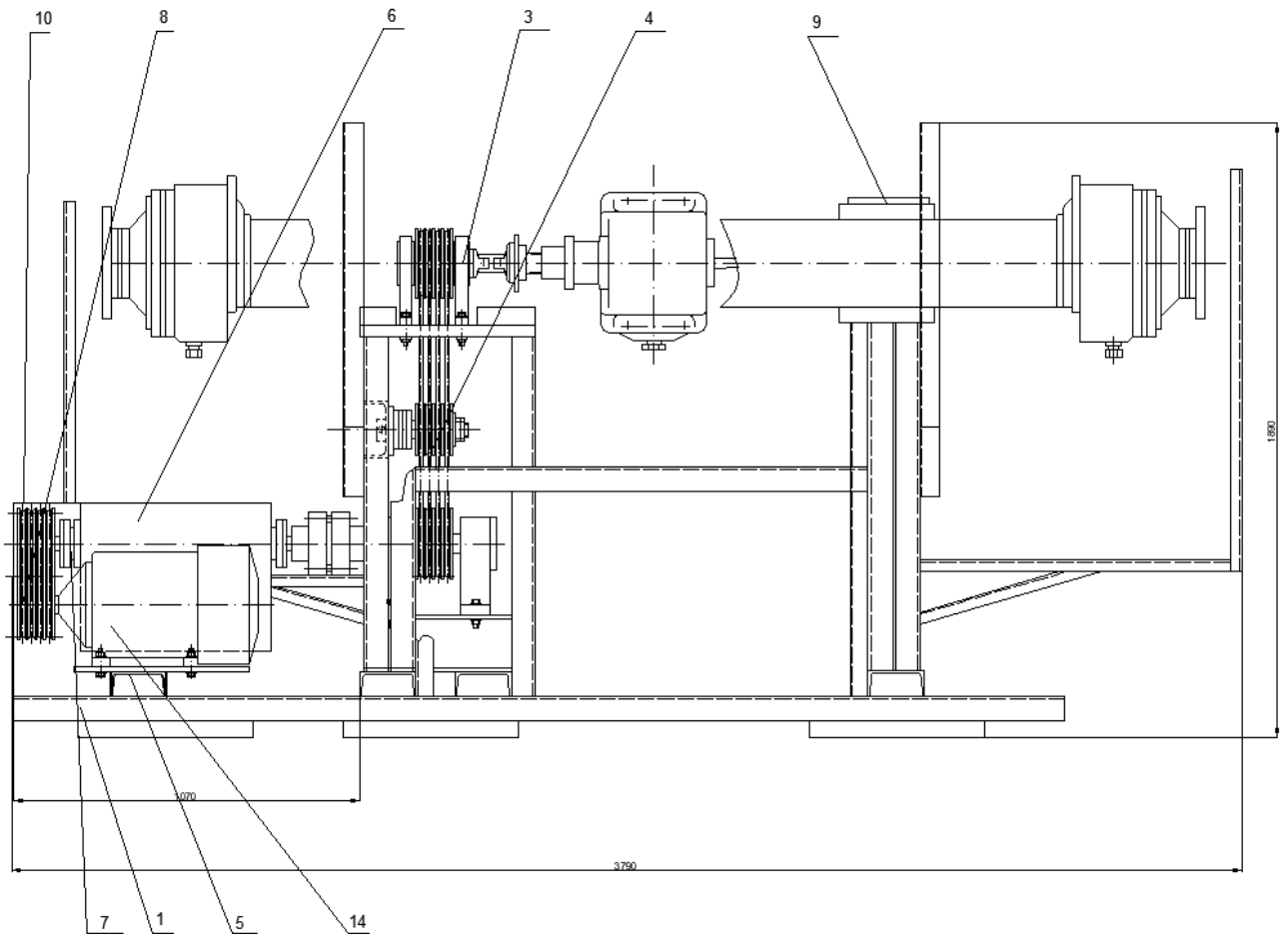


Рис. 3.1 - Загальний вид конструкції станда для обкатки ведучих мостів комбайнів: 1- рама; 2- привід; 3- привід шпінделя; 4, 5 –натяжні пристрої; 6- коробка передач; 6- кнопочний пост; 7 - привід коробки передач; 8 - шків; 9- прихват; 10- пас; 11-електродвигун;

Необхідно також заправити бортові редуктори та коробку діапазонів швид-костей трансмісійним маслом (марки ТАП-17) до необхідного рівня, після чого сенд – готовий до роботи.

Час обкатки в першому режимі складає 15 хв, на другому – 20 хв, та на тре-тьому не менше 25 хв. При чому всі 3 режими використовуються на різних пере-дач коробки діапазонів швидкостей, що дає змогу приробитися всім деталям моста ведучих коліс.

Тільки при чіткому дотриманні технології можна отримати високу якість обкатки.

Після завершення обкатки, ведучий міст за допомогою кран-балки потрапляє на поточну лінію складання комбайна, де безпосередньо монтується на нього.

Отже, розроблена конструкція стенда сприяє істотному зниженню трудових витрат при виконанні робіт, покращує умови праці персоналу та підвищує якість ремонтних операцій. Водночас її конструктивна простота забезпечує надійність у роботі та зручність експлуатації.

3.4 Розрахунки підтвердження працездатності конструкції

Працездатність розробленого стенда визначається здатністю його основних елементів забезпечувати передачу необхідної потужності, витримувати діючі навантаження та працювати в заданих режимах без перевищення допустимих напружень і деформацій. Для цього виконуються перевірочні розрахунки приводу, передач та навантажених елементів конструкції.

Необхідна потужність електродвигуна визначається з урахуванням втрат у передачах та навантаження від ведучого моста:

$$N_{\text{елк.}} = \frac{T \cdot n}{9550 \cdot \eta}, \quad (3.1)$$

де $N_{\text{елк.}}$ – необхідна потужність електродвигуна, кВт;

T – крутний момент на валу шпинделя, Нм;

n – максимальна частота обертів шпинделя, хв^{-1} ($n = 1500 \text{ хв}^{-1}$);

η - коефіцієнт корисної дії передачі, ($\eta = 0,78$).

$$N_{\text{елк.}} = \frac{50 \cdot 1500}{9550 \cdot 0,78} = 10,1 \text{ кВт}$$

Для стенда прийнято електродвигун 4A125 M6Y3, в якого номінальна потужність $N = 12 \text{ кВт}$; частота обертання $n = 1500 \text{ хв}^{-1}$.

Для забезпечення працездатності стану необхідно провести розрахунок клинопасової передачі, що передає рух від коробки передач стану до його шпинделя.

Переріз пасу вибираємо з графіка за потужністю двигуна та частотою обертання шківів. Призначаємо переріз Б.

Приймаємо діаметр ведучого шківів $d_{p1} = 160 \text{ мм}$ знаходимо потужність, що передається одним пасом в еталонних умовах $P_o = 3,4 \text{ кВт}$.

Діаметр веденого шківів складає :

$$d_{p2} = d_{p1} \cdot i, \quad (3.2)$$

де i – передаточне число передачі, ($i = 1,25$).

Тоді

$$d_{p2} = 160 \cdot 1,25 = 200 \text{ мм}.$$

За рекомендаціями приймаємо попереднє значення міжосьової відстані рівною $a_w = 800 \text{ мм}$.

Визначаємо розрахункову довжину пасів

$$l \approx 2a_w + 0,5\pi(d_1 + d_2) + \frac{(d_1 + d_2)^2}{4a}, \quad (3.3)$$

$$l' = 2 \cdot 800 + 0,5 \cdot 3,14 \cdot (160 + 200) + \frac{(160 + 200)^2}{4 \cdot 800} = 2205 \text{ мм}.$$

Приймаємо стандартну довжину пасів $l = 2250 \text{ мм}$.

Уточнюємо міжосьову відстань

$$a_w = \frac{2 \cdot l - \pi(d_2 + d_1) + \sqrt{[2l - \pi(d_2 + d_1)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2}}{8}, \quad (3.4)$$

$$a_w = \frac{2 \cdot 2250 - 3,14 \cdot (160 + 200) + \sqrt{[2 \cdot 2250 - 3,14(160 + 200)]^2 - 8 \cdot (200 - 160)^2}}{8} = 810 \text{ мм}$$

Визначаємо кут охоплення малого шківa ременем:

$$\alpha = 180 - \frac{57 \cdot (d_2 - d_1)}{a}, \quad (3.5)$$

$$\alpha = 180 - \frac{57 \cdot (200 - 160)}{810} = 177^\circ,$$

Визначаємо розрахункову потужність, що передається одним пасом

$$P_p = \frac{P_o \cdot C_\alpha \cdot C_l \cdot C_i}{C_p}, \quad (3.6)$$

де P_o – номінальна потужність, що передається одним пасом при:

$$a = 180^\circ, \quad i = 1 (P_o = 3,4 \text{ кВт});$$

C_α - коефіцієнт кута охопту (при $a = 177^\circ$, $C_\alpha = 0,98$);

C_l - коефіцієнт довжини паса, ($C_l = 0,9$);

C_i - коефіцієнт передаточного числа ($C_i = 1,1$);

C_p – коефіцієнт режиму навантаження (при спокійному навантаженні $C_p = 1$).

$$P_p = \frac{3,4 \cdot 0,98 \cdot 0,9 \cdot 1,1}{1} = 3,3 \text{ кВт}.$$

Визначаємо необхідну кількість пасів

$$z = \frac{P}{P_p \cdot C_z}, \quad (3.7)$$

де C_z – коефіцієнт числа пасів (при $z = 4 \dots 6$, $C_z = 0,9$).

$$z = \frac{10,1}{3,3 \cdot 0,9} \approx 4.$$

Колова швидкість паса

$$V_n = \frac{\pi \cdot d_2 \cdot n_2}{60000}, \quad (3.8)$$

де V_n – колова швидкість пасу, м/с;

d_2 – діаметр ведучого шківa, мм ($d_2 = 400$ мм);

n_2 – частота обертання ведучого шківa, хв^{-1} , ($n_2 = 1500 \text{ хв}^{-1}$).

$$V_n = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 1500}{60000} = 31,4 \text{ м/с}$$

Попередній натяг паса визначаємо як:

$$F_o = \frac{0,85 \cdot P \cdot C_p \cdot C_l}{z \cdot V \cdot C_\alpha \cdot C_i} + F_v, \quad (3.9)$$

де F_o – попередній натяг пасу, Н;

F_v – додатковий натяг від дії відцентрових сил, Н.

Додатковий визначиться

$$F_v = \rho \cdot A \cdot V_n^2, \quad (3.10)$$

де ρ – питома густина матеріалу паса, кг/м^3 , ($\rho = 1250 \text{ кг/м}^3$);

A – площа поперечного перерізу паса, м^2 , ($A = 138 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$).

$$F_v = 1250 \cdot 138 \cdot 10^{-6} \cdot 31,4^2 = 170,1 \text{ Н}$$

Тоді

$$F_o = \frac{0,85 \cdot 10,1 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 0,9}{4 \cdot 31,4 \cdot 0,98 \cdot 1,1} + 170,1 = 240 \text{ Н}$$

Радіальна сила, що дія на вал в статичному стані визначається:

$$F_r = 2 \cdot F_o \cos(\beta / 2) \cdot z, \quad (3.11)$$

де F_r – радіальна сила, що діє на вал, Н;

$\beta / 2$ – кут, під яким діє сила F_r , °.

В свою чергу

$$\beta / 2 = (180 - \alpha) / 2 = (180 - 177) / 2 = 3,5^\circ.$$

Тоді

$$F_r = 2 \cdot 240 \cdot \cos 3,5 \cdot 4 = 1916 \text{ Н}.$$

Ресурс наробітку паса визначимо по формулі

$$T_n = T_{cp} \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (3.14)$$

де T_n – ресурс паса, год.

T_{cp} – ресурс ресурс наробітку паса ($T_{cp} = 2000 \text{ год.}$);

k_1 – коефіцієнт режиму навантаження ($k_1 = 2,5$);

k_2 – коефіцієнт кліматичних умов ($k_2 = 1$).

$$T_n = 2000 \cdot 2,5 \cdot 1 = 5000 \text{ год.}$$

Проведені розрахунки клинопасової передачі підтверджують працездатність розробленої конструкції.

Проведемо розрахунки на міцність шпонкового з'єднань, яке може являтися причиною втрати працездатності конструкції.

З'єднання шківів з приводним валом стану здійснюється за допомогою призматичної шпонки. При передачі крутного моменту в шпонці виникають дотичні напруження зрізу, та напруження зминання, які в свою чергу і являються основними критеріями забезпечення працездатності з'єднання.

Умови міцності шпонкового з'єднання можна представити в вигляді:

$$\sigma_{зм} = \frac{4T}{h \cdot l \cdot d} \leq [\sigma_{зм}], \quad (3.15)$$

$$\tau_{зм} = \frac{2T}{b \cdot l \cdot d} \leq [\tau_{зм}], \quad (3.16)$$

де $\sigma_{зм}$, $\tau_{зм}$ – напруження зминання та зрізу, відповідно, МПа;

T – крутний момент на валу, Нм ($T = 50 \text{ Нм}$);

h – висота шпонки, мм ($h = 9 \text{ мм}$);

b – ширина шпонки, мм ($b = 10 \text{ мм}$);

l – довжина шпонки, мм ($l = 30 \text{ мм}$);

d – діаметр валу, мм ($d = 35 \text{ мм}$);

$[\sigma_{зм}]$, $[\tau_{зм}]$ – допустимі напруження на зминання та зріз відповідно,

МПа.

Допустиме напруження зминання визначаємо за виразом:

$$[\sigma_{зм}] = \frac{\sigma_m}{S \cdot K_3 \cdot K_{np} \cdot K_\partial}, \quad (3.17)$$

де σ_m – межа текучості матеріалу шпонки, МПа ($\sigma_m = 500 \text{ МПа}$);

S – коефіцієнт запасу міцності, ($S = 1,3$);

K_3 – коефіцієнт нерівномірності розподілення навантаження,

($K_3 = 2,1$);

K_{np} – приведений коефіцієнт концентрації навантаження;

K_d – коефіцієнт динамічності навантаження, ($K_d = 1,5$).

Приведений коефіцієнт нерівномірності навантаження визначається:

$$K_{np} = K_{kp} + K_e - 1, \quad (3.18)$$

де K_{kp} – коефіцієнт концентрації навантаження від закручування валу, (

$$K_{kp} = 1,3);$$

K_e – коефіцієнт нерівномірності навантаження від несиметричного розташування валу, ($K_e = 1,5$).

$$K_{np} = 1,3 + 1,5 - 1 = 1,8$$

Тоді

$$[\sigma_{зм}] = \frac{500}{1,3 \cdot 2,1 \cdot 1,8 \cdot 1,5} = 67,8 \text{ МПа}.$$

Визначаємо напруження зминання по формулі (3.15)

$$\sigma_{зм} = \frac{4 \cdot 50 \cdot 10^3}{9 \cdot 30 \cdot 35} = 12,5 \leq 67,8 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується.

Визначаємо напруження зрізу:

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 50 \cdot 10^3}{20 \cdot 30 \cdot 35} = 4,5 \text{ МПа} \leq 25 \text{ МПа}.$$

умова міцності на зріз також виконується.

Проведені розрахунки показують що працездатність конструкції забезпечується в повній мірі.

Висновки по розділу.

1. У ході проєктування встановлено, що розроблений стенд забезпечує реалізацію трьох швидкісних режимів обкатки (640, 1240 та 1500 хв⁻¹), що відповідає експлуатаційним режимам роботи ведучих мостів комбайнів. Це дозволяє забезпечити якісне припрацювання поверхонь тертя та виявлення дефектів у динамічних умовах.

2. Виконані розрахунки підтверджують достатність енергетичних параметрів приводу. Для забезпечення необхідних режимів роботи обрано електродвигун типу 4A125M6У3 номіналом 12 кВт, який забезпечує надійну передачу енергії з урахуванням ККД системи ($\eta \approx 0,85-0,9$) та втрат у передачах, що гарантує стабільну роботу стенда в усьому діапазоні навантажень.

3. Результати розрахунку клинопасової передачі показали, що при вибраному перерізі паса типу Б, діаметрі ведучого шківів та розрахованій кількості пасів забезпечується передача необхідної потужності без перевантаження. Колова швидкість паса знаходиться в допустимих межах, а розрахунковий ресурс роботи відповідає нормативним значенням, що підтверджує довговічність передачі.

4. Перевірочні розрахунки шпонкового з'єднання показали, що фактичні напруження зминання та зрізу є меншими за допустимі ($[\sigma]$ і $[\tau]$), що підтверджує виконання умов міцності. Таким чином, усі основні елементи конструкції працюють у межах допустимих навантажень, що забезпечує надійну та безпечну експлуатацію стенда.

4. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Організація охорони праці в спеціалізованій майстерні з ремонту комбайнів

Організація охорони праці в спеціалізованій майстерні з ремонту зернозбиральних комбайнів є невід'ємною складовою виробничого процесу та направлена на створення безпечних і здорових умов діяльності, уникненню виробничого травматизму, професійного захворювання і ситуацій наближених до аварійних.

Вона виконується відповідно до вимог з чинним законодавством, нормативно-правових актів з охорони праці, стандартів безпеки праці та внутрішніх регламентів підприємства [9].

Система управління охороною праці в майстерні базується на принципах пріоритету життя і здоров'я працівників, комплексного підходу до організації безпеки, а також відповідальності керівництва за створення належних умов праці. Загальне керівництво покладається на керівника підприємства, а безпосередня організація та контроль — на інженера з охорони праці або відповідальну особу.

Виробничі процеси, пов'язані з ремонтом комбайнів, характеризуються наявністю небезпечних і шкідливих факторів, до яких належать: рухомі частини машин і механізмів, підвищені рівні шуму та вібрації, пил, гази та аерозолі, підвищена температура поверхонь, електричний струм, а також можливість травмування при виконанні вантажопідіймальних і зварювальних робіт. У зв'язку з цим організація робочих місць повинна забезпечувати мінімізацію впливу зазначених факторів.

Робочі місця обладнуються відповідно до вимог ергономіки та техніки безпеки. Обладнання розміщується з урахуванням забезпечення безпечних проходів і проїздів, з дотриманням нормативних відстаней між машинами та робочими зонами. Усі небезпечні рухомі елементи повинні бути огорожені

захисними кожухами, а органи керування - зручно розташовані та промарковані.

Особлива увага приділяється електробезпеці. Електрообладнання має відповідати вимогам ПУЕ, бути заземленим і періодично перевірятися. Працівники допускаються до роботи з електроустановками лише після проходження відповідного навчання та перевірки знань.

Важливим елементом є організація безпечного виконання вантажопідіймальних робіт. Використання кран-балок, талів та інших підйомно-транспортних засобів повинно здійснюватися з дотриманням правил експлуатації, а стропальні роботи — виконуватися підготовленим персоналом із застосуванням справних вантажозахоплювальних пристроїв.

Під час виконання зварювальних і наплавлювальних робіт необхідно забезпечити ефективну вентиляцію, захист працівників від ультрафіолетового випромінювання та іскор, а також наявність первинних засобів пожежогасіння. Робочі місця зварювальників оснащуються місцевими відсмоктувачами та екранами.

Для зниження рівня виробничого шуму та вібрації застосовуються конструктивні та організаційні заходи: використання амортизуючих підкладок, ізоляція джерел шуму, регламентування режимів роботи. Освітлення виробничих приміщень повинно відповідати встановленим нормам та забезпечувати достатню видимість при виконанні точних операцій.

Працівників забезпечують індивідуальними засобами захисту відповідно до характеру виконуваних робіт: спецодягом, захисним взуттям, рукавицями, окулярами, респіраторами, навушниками тощо. Використання ЗІЗ є обов'язковим і контролюється керівниками підрозділів.

Організація навчання з охорони праці включає проведення вступного, первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів. Працівники повинні знати вимоги безпеки, правила користування обладнанням, порядок дій у разі виникнення аварійних ситуацій.

Важливим аспектом є забезпечення пожежної безпеки. Приміщення майстерні оснащуються вогнегасниками, пожежними щитами, сигналізацією та евакуаційними виходами. Забезпечується вільний доступ до засобів пожежогасіння та дотримання правил зберігання горючих матеріалів.

Контроль за станом охорони праці здійснюється шляхом регулярних перевірок, проведення атестації робочих місць, аналізу причин травматизму та впровадження профілактичних заходів. Результати контролю використовуються для вдосконалення системи безпеки та підвищення рівня виробничої дисципліни.

Таким чином, раціональна організація охорони праці в спеціалізованій майстерні забезпечує створення безпечних умов роботи, підвищення ефективності виробництва та зниження ризику виникнення нещасних випадків і аварій.

4.2 Заходи безпеки при роботі зі стендом для обкатки та випробування ведучих мостів комбайнів

Експлуатація стенда для обкатки та випробування ведучих мостів пов'язана з дією підвищених механічних, електричних та динамічних навантажень, що обумовлює необхідність дотримання комплексу організаційних і технічних заходів безпеки. Основною метою є запобігання травмуванню персоналу, пошкодженню обладнання та виникненню аварійних ситуацій під час проведення випробувань.

До роботи зі стендом допускаються працівники, які пройшли відповідне навчання, інструктаж з охорони праці та ознайомлені з конструкцією обладнання, принципом його дії і вимогами безпечної експлуатації. Обов'язковою є перевірка знань правил електробезпеки та наявність відповідної групи допуску.

Перед початком роботи необхідно провести зовнішній огляд стенда з метою виявлення можливих несправностей. Перевіряється стан зварної рами, надійність кріплення всіх вузлів, справність приводних елементів,

відсутність пошкоджень пасових передач, муфт і захисних кожухів. Особливу увагу приділяють перевірці натягу клинопасових передач та відсутності перекосів шківів.

Перед установленням ведучого моста необхідно переконатися у справності вантажопідіймальних засобів (кран-балки, стропів, траверс), що використовуються для монтажу. Підйом і переміщення агрегату повинні виконуватися плавно, без ривків, із дотриманням правил стропування. Забороняється перебування людей у зоні переміщення вантажу.

Встановлення моста на стенд здійснюється з використанням штатних кріпильних елементів. Не допускається використання випадкових або несправних болтів і з'єднань. Перед запуском необхідно перевірити правильність центрування агрегату відносно шпинделя та надійність з'єднання муфти.

Пуск стенда дозволяється лише після перевірки наявності та цілісності захисних огорожень рухомих частин (пасових передач, муфт, валів). Забороняється робота зі знятими або пошкодженими кожухами. Усі органи керування повинні бути справними та доступними для швидкого вимкнення приводу в аварійній ситуації.

Під час роботи стенда забороняється виконувати будь-які регульовальні, ремонтні або кріпильні операції. Контроль за роботою здійснюється на безпечній відстані. Оператор повинен постійно спостерігати за рівнем шуму, вібрації, температурою вузлів і відсутністю сторонніх звуків. У разі виявлення відхилень роботу необхідно негайно припинити.

Електробезпека забезпечується справністю електрообладнання, наявністю заземлення та захисних автоматичних пристроїв. Забороняється експлуатація стенда при пошкодженій ізоляції проводів або несправних пускових апаратах. Усі роботи з електричною частиною повинні виконуватися лише при знеструмленому обладнанні.

Під час обкатки необхідно дотримуватись встановлених режимів роботи: тривалості обкатки, частоти обертання та послідовності перемикання

передач. Перевищення допустимих параметрів може призвести до перевантаження елементів конструкції та аварійного виходу з ладу.

Після завершення випробувань стенд необхідно вимкнути, дочекатися повної зупинки рухомих частин і лише після цього приступати до демонтажу агрегату. Зняття моста виконується з використанням вантажопідіймальних механізмів із дотриманням вимог безпеки.

Робоче місце повинно підтримуватися у чистоті, не допускається захащення проходів і зон обслуговування. Наявність мастильних матеріалів на підлозі необхідно своєчасно усувати для запобігання ковзанню.

Працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту: спецодяг, захисне взуття, рукавиці, а за необхідності — захисні окуляри та навушники. Забороняється працювати у вільному одязі, який може потрапити в рухомі частини механізмів.

Таким чином, дотримання комплексу організаційних і технічних заходів безпеки при роботі зі стендом забезпечує надійну та безпечну експлуатацію обладнання, знижує ризик травматизму та підвищує ефективність проведення випробувальних робіт.

4.3 Дії при надзвичайних ситуаціях у відділеннях спеціалізованої майстерні з ремонту комбайнів

У виробничих підрозділах ремонтної майстерні можливе виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру, зокрема пожеж, ураження електричним струмом, аварій при роботі з підйомно-транспортним обладнанням, руйнування елементів конструкцій або раптового виходу з ладу технологічного устаткування. У зв'язку з цим необхідно забезпечити чіткий порядок дій персоналу, спрямований на локалізацію небезпечної ситуації, збереження життя і здоров'я працівників та мінімізацію матеріальних збитків.

У разі виникнення аварійної ситуації працівник зобов'язаний негайно припинити виконання робіт, вимкнути обладнання штатними органами

керування та повідомити безпосереднього керівника або відповідальну особу. За можливості необхідно обмежити розвиток небезпечного фактора без ризику для власної безпеки.

При виникненні пожежі першочерговими діями є відключення електроживлення, повідомлення пожежно-рятувальної служби та організація евакуації персоналу відповідно до плану евакуації. Для ліквідації загоряння використовуються первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники, пожежні крани, пісок), тип яких обирається залежно від характеру горючих матеріалів та джерела займання. Забороняється гасіння електроустановок під напругою водою або пінними засобами.

У разі ураження працівника електричним струмом необхідно негайно знеструмити установку або відокремити потерпілого від струмоведучих частин із застосуванням ізолюючих засобів. Після цього слід оцінити стан потерпілого, викликати медичну допомогу та надати домедичну допомогу (серцево-легеневу реанімацію за потреби).

При аваріях, пов'язаних із підйомно-транспортними механізмами, необхідно негайно припинити їх роботу, звільнити небезпечну зону та не допускати сторонніх осіб. У випадку падіння або зміщення вантажу забороняється самостійно проводити його переміщення без використання справних технічних засобів та відповідного дозволу.

У разі руйнування елементів обладнання або виникнення підвищеної вібрації, шуму чи перегріву вузлів необхідно негайно зупинити стенд або інше устаткування, провести його огляд та усунути несправності після повного відключення від джерел енергії.

Організація евакуації передбачає використання визначених маршрутів виходу, позначених відповідними знаками безпеки. Забороняється створення паніки, а також використання не передбачених шляхів евакуації. Відповідальні особи здійснюють контроль повноти евакуації та організовують збір працівників у безпечній зоні.

Після ліквідації надзвичайної ситуації проводиться аналіз її причин, оцінка наслідків та розроблення заходів щодо недопущення подібних

випадків у майбутньому. Результати розслідування оформлюються відповідно до вимог нормативної документації.

Таким чином, чітке дотримання встановлених алгоритмів дій у надзвичайних ситуаціях забезпечує зниження рівня ризику для персоналу, підвищення безпеки виробничого процесу та збереження матеріально-технічних ресурсів підприємства.

Висновки по розділу.

1. У результаті аналізу організаційно-технічних заходів встановлено, що впроваджена система охорони праці в спеціалізованій майстерні забезпечує належний рівень безпеки виробничих процесів. Комплексне застосування нормативних вимог, технічних засобів захисту, організаційних заходів та системи навчання персоналу дозволяє мінімізувати вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів, а також знизити ймовірність виникнення травматизму та аварійних ситуацій.

2. Розроблені заходи безпеки при експлуатації стенда та алгоритми дій у надзвичайних ситуаціях забезпечують контрольований і безпечний перебіг випробувальних робіт. Дотримання встановлених вимог щодо технічного стану обладнання, порядку виконання операцій, використання засобів індивідуального захисту та своєчасного реагування на аварійні події гарантує підвищення надійності функціонування обладнання і безпеки обслуговуючого персоналу.

5. ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ПРОЕКТУ

Економічне обґрунтування проводиться з метою оцінювання доцільності впровадження удосконаленого технологічного процесу капітального ремонту комбайнів в спеціалізованій у майстерні. Аналіз ефективності здійснюється шляхом порівняння ключових техніко-економічних показників до та після реалізації запропонованих технічних рішень. Річна трудомісткість ремонтних робіт становить 48000 люд.-год у базовому варіанті та 51500 люд.-год у проектному. Відповідно чисельність виробничого персоналу змінюється з 24 до 26 працівників.

1. Загальні виробничі витрати:

$$E_B = Z_{\Pi} + A + C_{\text{ЕЛ}} + C_{\text{РОБ}} + C_{\text{ЗЧ}} + C_{\text{ІВ}}, \quad (5.1)$$

де Z_{Π} – фонд оплати праці; A – амортизація; $C_{\text{ЕЛ}}$ – кошти на оплату енергоспоживання; $C_{\text{РОБ}}$ – витрати на обслуговування обладнання; $C_{\text{ЗЧ}}$ – кошторис запасних частин, грн; $C_{\text{ІВ}}$ – сукупність інших супутніх витрат.

Повний заробіток :

$$Z_{\Pi} = Z_{\text{СР}} \cdot N_P \cdot 12 + Z_{\text{П.Н}}, \quad (5.2)$$

де $Z_{\text{СР}}$ - середня заробітна плата, грн ($Z_{\text{СР}}^B = Z_{\text{СР}}^{\Pi} = 18000 \text{ грн}$);

N_P - склад слюсарів ($N_P^B = 24 \text{ чол.}$, $N_P^{\Pi} = 26 \text{ чол.}$);

Z_{Π} - нарахування, грн ($Z_{\text{П.Н}} = 1,22 \cdot (Z_{\text{СР}} \cdot N_P \cdot 12)$).

$$Z_{\text{СР}}^B = 18000 \cdot 24 \cdot 12 = 5184000 \text{ грн},$$

$$Z_{\text{СР}}^{\Pi} = 18000 \cdot 26 \cdot 12 = 5616000 \text{ грн},$$

$$Z_{\Pi}^B = 5184000 \cdot 1,22 = 6324480,0 \text{ грн},$$

$$Z_{\Pi}^{\Pi} = 5616000 \cdot 1,22 = 6851520,0 \text{ грн},$$

Амортизація обладнання.

$$A_{обл} = \frac{C_{Б.ОБ.} \cdot H_A}{100}, \quad (5.3)$$

де $C_{Б.ОБ.}$ - кошторис виробничого обладнання, ($C_{Б.ОБ.}^Б = 600000$ грн.,
 $C_{Б.ОБ.}^П = 700000$ грн)

H_A - амортизаційні нарахування, % ($H_A = 10,0\%$).

$$A_{ОБ}^Б = \frac{600000 \cdot 10,0}{100} = 60000,0 \text{ грн.}$$

$$A_{ОБ}^П = \frac{700000 \cdot 10,0}{100} = 70000,0 \text{ грн.}$$

На амортизацію споруди затрати визначаються:

$$A_Б = \frac{Б_Б \cdot H_Б}{100}, \quad (5.4)$$

де $Б_Б$ – балансова вартість споруди, грн. ($Б_Б = 2000000$ грн.);

$H_Б$ - нормативний коефіцієнт, ($H_Б = 5,0\%$).

Тоді

$$A_Б = \frac{2000000 \cdot 5,0}{100} = 100000,0 \text{ грн.}$$

Сумарна амортизація:

$$A = A_{ОБ} + A_Б, \quad (5.5)$$

$$A^Б = 60000,0 + 100000,0 = 160000,0 \text{ грн.}$$

$$A^П = 70000,0 + 100000,0 = 170000,0 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію:

$$C_{ЕЛ} = Q_{ЕЛ} \cdot T_E, \quad (5.6)$$

де $Q_{ЕЛ}$ - витрати електроенергії, $кВт/год.$ ($Q_{ЕЛ}^B = 21000,0 кВт/год.$,
 $Q_{ЕЛ}^П = 25000,0 кВт/год.$);

$Ц_{ЕЛ}$ - вартість однієї $кВт/год.$ ($Ц_{ЕЛ} = 7,0 грн.$)

$$C_{ЕЛ}^B = 26000,0 \cdot 7,0 = 182000,0 грн.$$

$$B_{ЕЛ}^П = 28000,0 \cdot 7,0 = 196000,0 грн.$$

Обслуговування обладнання:

$$C_{РОБ} = \frac{A_{обл} \cdot 5}{100}, \quad (5.7)$$

$$C_{рем.}^B = \frac{600000,0 \cdot 5}{100} = 30000,0 грн.$$

$$C_{рем.}^П = \frac{70000,0 \cdot 5,0}{100} = 35000,0 грн.$$

Запасні частини:

$$C_{зч} = 0,10 \cdot 3_{П}, \quad (5.8)$$

$$C_{зч}^B = 0,10 \cdot 6324480,0 = 632448,0 грн$$

$$C_{зч}^П = 0,10 \cdot 6851520,0 = 685152,0 грн$$

Інші затрати:

$$C_{ІВ} = 0,05 \cdot (3_{П} + A + C_{ЕЛ} + C_{РОБ} + C_{зч}) \quad (5.9)$$

$$C_{ІВ}^B = 0,05 \cdot (6324480,0 + 160000,0 + 182000,0 + 30000,0 + 632448,0) = 366446,4 грн$$

$$C_{зч}^П = 0,05 \cdot (6851520 + 170000 + 196000 + 35000,0 + 685152,0) = 396883,6 грн$$

Загальні витрати:

$$E_B^B = 6324480 + 160000 + 182000 + 30000 + 632448,0 + 366446,4 = 7695374,4 \text{ грн.}$$

$$E_B^{\Pi} = 6851520 + 170000 + 196000 + 35000 + 685152,0 + 396883,6 = 8334555,6 \text{ грн.}$$

2. Собівартість ремонту:

$$C_P = E_B \cdot 1,02 \quad (5.10)$$

$$C_P^B = 7695374,4 \cdot 1,02 = 7849281,9 \text{ грн}$$

$$C_P^{\Pi} = 8334555,6 \cdot 1,02 = 8501246,7 \text{ грн}$$

3. Річна вартість ремонтних робіт

$$B_{p\dot{u}c} = T \cdot C_{нз} + C_{зч}, \quad (5.11)$$

де T - трудомісткість робіт, ($T_p^B = 48000 \text{ люд.} - \text{год}$, $T_p^{\Pi} = 51500 \text{ люд.} - \text{год}$).

$C_{нз}$ - середня вартість однієї нормо-години ($C_{нз} = 450 \text{ грн/год}$); $C_{зч}$ - вартість запасних частин, ($C_{зч}^B = 171288,0 \text{ грн}$, $C_{зч}^{\Pi} = 205545,6 \text{ грн}$)

$$B_{p\dot{u}c}^B = 48000 \cdot 350 + 632448,0 = 17432448,0 \text{ грн.}$$

$$B_{p\dot{u}c}^{\Pi} = 51500 \cdot 350 + 685152,0 = 18710152,0 \text{ грн.}$$

4. Прибуток (Π):

$$\Pi_{3AG} = B_P - C_P, \quad (5.12)$$

$$\Pi_{3AG}^B = 17432448,0 - 7849281,9 = 9583166,1 \text{ грн}$$

$$\Pi_{3AG}^{\Pi} = 18710152,0 - 8501246,7 = 10208905,3 \text{ грн}$$

5. Додатковий прибуток:

$$Д_{\Pi} = \Pi_{3AG}^{\Pi} - \Pi_{3AG}^B, \quad (5.13)$$

$$D_{\Pi} = 10208905,3 - 9583166,1 = 625739,2 \text{ грн}$$

6. Термін самоокупності.

$$T_o = \frac{C_{об.}}{D_{\Pi}}, \quad (5.14)$$

$$T_o = \frac{700000,0}{625739,2} = 1,1 \text{ року}$$

Результати розрахунків показано в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахункові показники ефективності

Показник	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид роботи	ремонт	ремонт
Обсяг робіт, люд.-год	48000	51500
Робітники, осіб.	24	26
Капіталовкладення, грн.	600000	700000
Цехові витрати, всього, грн.	7695374,4	8334555,6
- за робітня платня, грн.	6324480,0	6851520,0
- амортизація, грн.	160000,0	196000,0
- електроенергія, грн.	182000,0	175000,0
- сервісні витрати, грн.	30000,0	35000,0
- запасні частини, грн.	632448,0	685152,0
- витрати на покращення умов праці, грн.	366446,4	396883,6
Річна собівартість об'єктів ремонту, грн.	7849281,9	8501246,7
Річна відпускна вартість продукції, грн.	17432448,0	18710152,0
Сумарний прибуток, грн.	9583166,1	10208905,3
Отриманий прибуток, грн.	-	+625739,2
Термін окупності матеріальних вкладень, роки	-	1,1

Висновок по розділу.

Результати техніко-економічних розрахунків підтверджують ефективність удосконалення технологічного процесу капітального ремонту зернозбиральних комбайнів зростанням річного прибутку на 625739,2 грн. при терміні окупності капіталовкладень за 1,1 року.

ВИСНОВКИ ЩОДО ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ ТА ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. У результаті аналізу сучасних підходів до організації ремонту встановлено, що найбільш ефективним для умов спеціалізованої майстерні є поєднання потокового та агрегатного методів. Така комбінація забезпечує скорочення тривалості ремонтного циклу, підвищення рівня спеціалізації виробничих дільниць і стабільність якості відновлення вузлів зернозбиральних комбайнів.

2. Виконані розрахунки виробничої програми показали, що при річній програмі капітальних ремонтів - 87 одиниць загальна трудомісткість основних робіт становить - 42030 люд.-год. З урахуванням допоміжних процесів сумарна трудомісткість досягає 51500 люд.-год, що є визначальним параметром для подальшого проектування майстерні.

3. Розроблений технологічний процес ремонту характеризується високим рівнем механізації та раціональною послідовністю виконання операцій: від приймання та очищення до складання, обкатки і випробувань. Запровадження спеціалізованих стендів, підйомно-транспортного обладнання та потокової організації забезпечує підвищення якості ремонту і зменшення трудових витрат.

4. Розподіл трудомісткості між виробничими дільницями показав нерівномірність навантаження, що обумовлено специфікою технологічних операцій. Найбільша концентрація трудових витрат припадає на складальні, механічні та випробувальні роботи. Це визначає необхідність їх пріоритетного оснащення високопродуктивним обладнанням і оптимізації структури персоналу шляхом суміщення професій.

5. Проведені розрахунки чисельності працівників і виробничих площ підтвердили можливість ефективного функціонування майстерні при штаті 26 робітників та загальній площі 1584 м². Прийняті планувальні та технологічні рішення забезпечують раціональне використання ресурсів,

безперервність виробничого процесу та відповідність нормативним вимогам щодо організації ремонтного виробництва.

6. У ході проєктування встановлено, що розроблений стенд забезпечує реалізацію трьох швидкісних режимів обкатки (640, 1240 та 1500 хв⁻¹), що відповідає експлуатаційним режимам роботи ведучих мостів комбайнів. Це дозволяє забезпечити якісне припрацювання поверхонь тертя та виявлення дефектів у динамічних умовах.

7. Виконані розрахунки підтверджують достатність енергетичних параметрів приводу. Для забезпечення необхідних режимів роботи обрано електродвигун типу 4A125M6У3 номіналом 12 кВт, який забезпечує надійну передачу енергії з урахуванням ККД системи ($\eta \approx 0,85-0,9$) та втрат у передачах, що гарантує стабільну роботу стенда в усьому діапазоні навантажень.

8. Результати розрахунку клинопасової передачі показали, що при вибраному перерізі паса типу Б, діаметрі ведучого шківа та розрахованій кількості пасів забезпечується передача необхідної потужності без перевантаження. Колова швидкість паса знаходиться в допустимих межах, а розрахунковий ресурс роботи відповідає нормативним значенням, що підтверджує довговічність передачі.

9. Перевірочні розрахунки шпонкового з'єднання показали, що фактичні напруження зминання та зрізу є меншими за допустимі ($[\sigma]$ і $[\tau]$), що підтверджує виконання умов міцності. Таким чином, усі основні елементи конструкції працюють у межах допустимих навантажень, що забезпечує надійну та безпечну експлуатацію стенда.

10. У результаті аналізу організаційно-технічних заходів встановлено, що впроваджена система охорони праці в спеціалізованій майстерні забезпечує належний рівень безпеки виробничих процесів. Комплексне застосування нормативних вимог, технічних засобів захисту, організаційних заходів та системи навчання персоналу дозволяє мінімізувати вплив небезпечних і шкідливих виробничих факторів, а також знизити ймовірність виникнення травматизму та аварійних ситуацій.

11. Розроблені заходи безпеки при експлуатації стенда та алгоритми дій у надзвичайних ситуаціях забезпечують контрольований і безпечний перебіг випробувальних робіт. Дотримання встановлених вимог щодо технічного стану обладнання, порядку виконання операцій, використання засобів індивідуального захисту та своєчасного реагування на аварійні події гарантує підвищення надійності функціонування обладнання і безпеки обслуговуючого персоналу.

12. Результати техніко-економічних розрахунків підтверджують ефективність удосконалення технологічного процесу капітального ремонту зернозбиральних комбайнів в спеціалізованій майстерні зростанням річного прибутку на 625739,2 грн. при терміні окупності капіталовкладень за 1,1 року.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технічна експлуатація машин / за ред. І. О. Губара. – Київ: Вища школа, 2018. – 312 с.
2. Сільськогосподарські машини: конструкція та розрахунок / О. В. Мельник. – Харків: ХНТУСГ, 2020. – 280 с.
3. Ремонт сільськогосподарської техніки / П. М. Коваленко. – Київ: Аграрна освіта, 2019. – 245 с.
4. Надійність і діагностика машин / В. І. Бойко. – Львів: ЛНУ, 2021. – 310 с.
5. Маркович С. І., Бевз О. В., Красота М. В. Системи сервісу аграрної техніки : навч. посіб. Кропивницький : Центральноукраїнський національний технічний університет, 2024. 260 с.
6. Сукач М. К. Технічний сервіс машин : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2017. 290 с.
7. Дирда В. І. Технологія ремонту машин [підручник] / А. С. Кобець, В. І Дирда., С. П. Сокол, П. Т.Мельянцов, О. І. Кириленко та ін. 4 особи // – Дніпро: Журфонд, 2017. – 160 с.
8. Ремонт машин. Дипломне проектування. Навчально-методичний посібник / За ред. А. С. Кобця, В. І Дирди, С. П. Сокола та ін. – Дніпропетровськ : Журфонд, 2016. – 284 с.
9. Закон України «Про охорону праці». – Відомості Верховної Ради України, – 1992, № 49. – 668 с.

ДОДАТКИ

Додаток А. Перелік основного та допоміжного обладнання спеціалізованої майстерні по капітальному ремонту комбайнів

№ на плануванні	Назва обладнання	Тип, марка
1а	2а	3а
1а	Верстак слюсарний на одне робоче місце	ОРГ-1458-1а
2а	Шафа для інструменту	5221.000а
3а	Робоче місце мийника	-а
4а	Мийна машина	ОМ-2417а
5а	Ланцюговий конвеєр	46987а
6а	Рольганг	54289а
7а	Візок для транспортування	власн. виготовл.а
8а	Верстак на два робочих місця	ОРГ-1458-2а
9а	Стіл дефектувальника	ОРГ-1467а
10а	Мийна машина	ОМ-576а
11а	Повітряна плита	а
12а	Скринька для обтирочного матеріалу	5133.000а
13а	Шафа для приладів	5245.000а
14а	Стіл конторський	а
15а	Стелаж для деталей	ОР-2357а
16а	Компресор стаціонарний	а
17а	Ящик для вибраваних деталей	власн. виготовл.а
18а	Кран консольно поворотний 0,5 т	КПК-05а
19а	Кран балка 5т	ГОСТ-7890-73а
20а	Стіл монтажний пересувний на роликах	власн. виготовл.а
1а	2а	3а
21а	Підставка пересувна	власн. виготовл.а
22а	Стенд для ремонту кожухів елеваторів	ОРГ-12358а
23а	Стенд для перевірки пасів	ОРГ-65734а
24а	Стілаж для пасів	власн. виготовл.а
25а	Верстат настільний свердлильний	271а
26а	Стенд для обкатки плаваючого транспортеру	власн. виготовл.а
27а	Верстак для ремонту транспортерів	ОРГ-1561а
28а	Пристрій для ремонту підбарань	ОРГ-6689а
29а	Пристрій для розточування підбарання	власн. виготовл.а
30а	Стенд для ремонту і балансування барабану	ОПР-7412а
31а	Пристрій для проведення тех. стону решітного стану	ОР-6243а
32а	Пристрій для ремонту вентилятора	власн. виготовл.а
33а	Стелаж для бітерів	власн. виготовл.а
34а	Пристрій для перевірки і ремонту решіт	ОР-6245а
35а	Пристрій для ремонту грохоту	ОР-6713а
36а	Стенд для розбирання та складання коливального валу	ОР-5473а

Продовження додатку А*

1а	2а	3а	
37а	Стенд для ремонту клавiш соломотрясу	ОР-6243а	и
38а	Стелаж для клавiш	власн. виготовл.	и
39а	Стенд для обкатки соломотрясу	власн. виготовл.	и
40а	Стенд для контролю та правки колiнчатих валiв	ОР-6859а	и
41а	Пристрiй для правки рам	власн. виготовл.	и
42а	Пристрiй для перевiрки та регулювання контрприводу в зборi	ОР-7534а	и
43а	Пристрiй для проведення жерстяницьких робiт	власн. виготовл.	и
1а	2а	3а	и
44а	Електроножицi	ИЭ-5403АУ2а	и
45а	Стенд для ремонту радіаторiв	ОР-16327а	и
46а	Зонт витяжний	власн. виготовл.	и
47а	Машина для точечного зварювання	А-578а	и
48а	Стенд для випробування радіаторiв	ОР-16328а	и
49а	Стенд для витучення та роздачі трубок радіаторiв	ОКС-2834а	и
50а	Трансформатор зварювальний	ТС-3а	и
51а	Комунікації подачі кисню і ацетилену	-а	и
52а	Стіл для газозварювальних робiт	ОРГ-12567а	и
53а	Випрямляч зварювальний	ВДУ-500а	и
54а	Загороджувальна стiнка	-а	и
55а	Станок токарно-гвинторiзний	16К20а	и
56а	Наплавлювальна головка	ОКС-1576а	и
57а	Стелаж	власн. виготовл.	и
58а	Заточний верстат	ЗБ631а	и
59а	Стелаж	власн. виготовл.	и
60а	Шафа для приладiв та iнструменту	543.000а	и
61а	Верстат круглошліфувальний	ЗБ12а	и
62а	Фрезерний верстат	6М81а	и
63а	Верстат вертикально-свердлильний	2Н135а	и
64а	Обдирочно-шліфувальний верстат	ЗБ634а	и
65а	Пристрiй для перевiрки запобiжних муфт	власн. виготовл.	и
66а	Кран балка 5т	ГОСТ-7890-73а	и
67а	Стенд для ремонту пiдбирача	ОР-683а	и
68а	Стенд для обкатки пiдбирача	ОР-687а	и
69а	Установка для заправки ПММ та водою	ОР-14567а	и
70а	Шафа	568.001а	и
71а	Стенд для ремонту жаток	ОР-673а	и
72а	Стенд для обкатки жаток	ОР-674а	и
73а	Пристрiй для ремонту нож	ОР-641а	и
74а	Пристрiй для ремонту похитої камери	власн. виготовл.	и
75а	Пневмоклепальний пристрiй	ОРГ-12732а	и
76а	Пiдставка для бункерiв	власн. виготовл.	и
77а	Стелаж для мостiв ведучих колес	власн. виготовл.	и
78а	Пристрiй для розбирання заднього моста	ОР-6340а	и

Закінчення додатку А

1	2	3
79	Пристосування для розбирання ведучого моста	ОР-6330
80	Пристрій для зварювання кронштейну задн. моста	власн. виготовл.
81	Стенд для ремонту бортових редукторів	ОР-6275
82	Стенд для ремонту коробки діапазонів швидкостей	ОР-6299
83	Стенд для обкатки моста в сборі	власн. виготовл.
84	Стелаж	власн. виготовл.
85	Установка для фарбування	“ЗАРЯ-1”
86	Стелаж поворотний	власн. виготовл.
87	Стіл для комплектувальних робіт	ОРГ-1468-090
88	Шафа настінна	5147.000
89	Машинна для миття деталей	КИ-12576
90	Верстак для ремонту гідросистем	власн. виготовл.
91	Стенд для випробування гідросистем	КИ-4815М
92	Стенд для розбирання та складання гідроагрегатів	власн. виготовл.
93	Верстак для ремонту електрообладнання	ОПЭ-1248А
94	Стенд для випробовувальних робіт	КИ-1534
95	Стелаж для проводів	власн. виготовл.

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ІНЖИНІРИНГУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ
ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ НА СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**
демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня “Бакалавр”

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-2-22

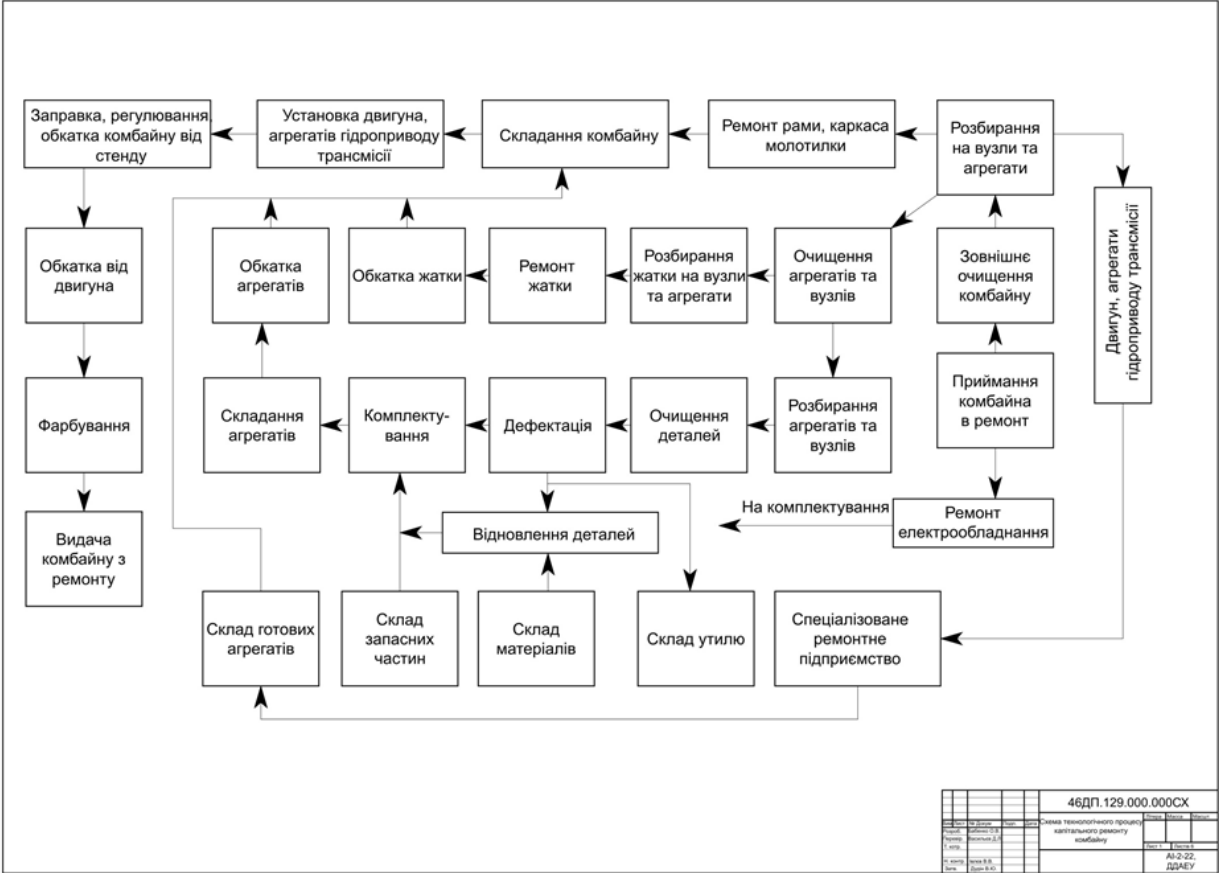
Бабенко Олександр Васильович

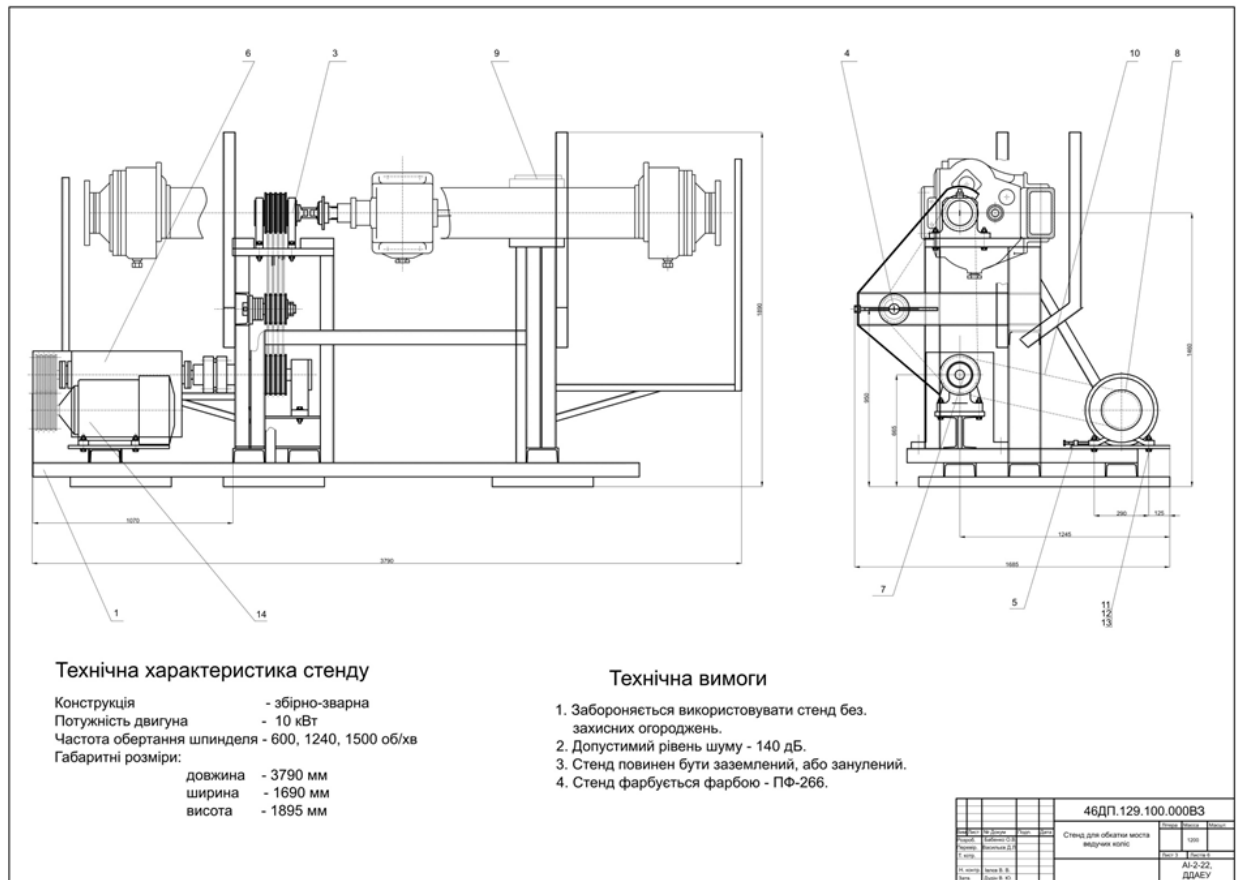
Керівник: д.т.н., доцент

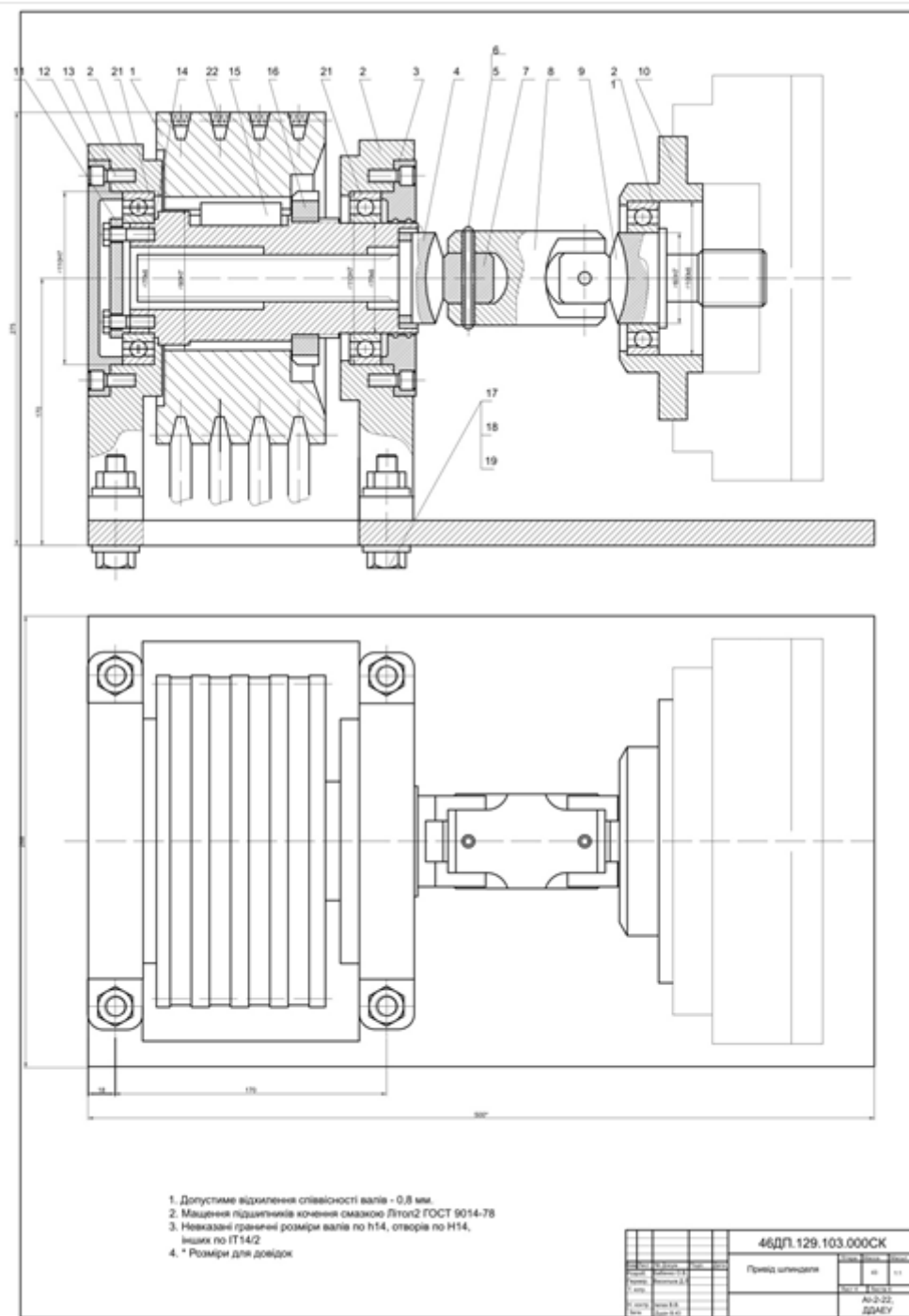
Васильєв Дмитро Леонідович

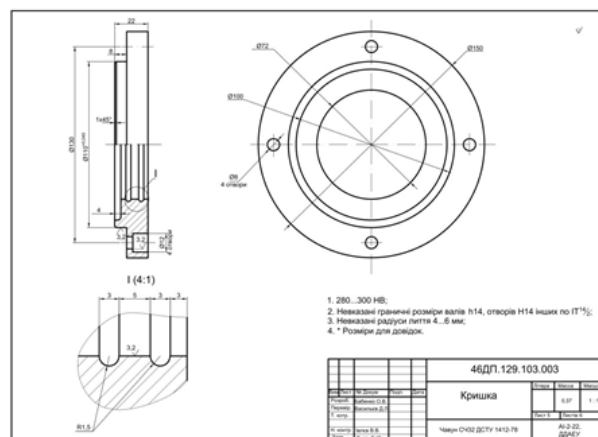
Дніпро 2026

1









3,000,000,621,000,000			
Показник	Базовий варіант	Проектний варіант	
Вид роботи	ремонт	ремонт	
Обсяг робіт, люд.-год	48000	51500	
Робітники, осіб.	24	26	
Капіталовкладення, грн.	600000	700000	
Цехові витрати, всього, грн.	7695374,4	8334555,6	
- за робітня платня, грн.	6324480,0	6851520,0	
- амортизація, грн.	160000,0	196000,0	
- електроенергія, грн.	182000,0	175000,0	
- сервісні витрати, грн.	30000,0	35000,0	
- запасні частини, грн.	632448,0	685152,0	
- витрати на покращення умов праці, грн.	366446,4	396883,6	
Річна собівартість об'єктів ремонту, грн.	7849281,9	8501246,7	
Річна відпускна вартість продукції, грн.	17432448,0	18710152,0	
Сумарний прибуток, грн.	9583166,1	10208905,3	
Отриманий прибуток, грн.	-	+625739,2	
Термін окупності матеріальних вкладень, роки	-	1,1	

46,01129,000,000,000			
Вид роботи	ремонт	ремонт	
Обсяг робіт, люд.-год	48000	51500	
Робітники, осіб.	24	26	
Капіталовкладення, грн.	600000	700000	
Цехові витрати, всього, грн.	7695374,4	8334555,6	
- за робітня платня, грн.	6324480,0	6851520,0	
- амортизація, грн.	160000,0	196000,0	
- електроенергія, грн.	182000,0	175000,0	
- сервісні витрати, грн.	30000,0	35000,0	
- запасні частини, грн.	632448,0	685152,0	
- витрати на покращення умов праці, грн.	366446,4	396883,6	
Річна собівартість об'єктів ремонту, грн.	7849281,9	8501246,7	
Річна відпускна вартість продукції, грн.	17432448,0	18710152,0	
Сумарний прибуток, грн.	9583166,1	10208905,3	
Отриманий прибуток, грн.	-	+625739,2	
Термін окупності матеріальних вкладень, роки	-	1,1	

ДОПОВІДЬ ЗАКІНЧЕНО, ДЯКУЮ ЗА УВАГУ

[illegible]

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кол.	Примітка	
				<u>Документація</u>			
			46ДП. 129.103.000 СК	Привід шпинделя			
				(складальне креслення)			
				<u>Деталі</u>			
		1	46ДП. 129.103.001	Шків			
		2	46ДП. 129.103.002	Корпус підшипника			
		3	46ДП. 129.103.003	Кришка			
		4	46ДП. 129.103.004	Вал			
		5	46ДП. 129.103.005	Втулка			
		6	46ДП. 129.103.006	Корпус муфта			
		7	46ДП. 129.103.007	Втулка			
		8	46ДП. 129.103.008	Корпус муфти			
		9	46ДП. 129.103.009	Вал			
		10	46ДП. 129.103.010	Обойма			
		11	46ДП. 129.103.011	Шайба			
		12	46ДП. 129.103.012	Кришка			
				<u>Стандартні вироби</u>			
		13		Гвинт М6×20.5.6			
				ДСТУ 1491-80			
				46ДП.129.103.000 СК			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Стенд для обкатки ведучого моста		
Розроб.		Бабенко О.В.					
Перевір.		Васильєв Д.Л.					
Н.контр.		Івдєв В.В.					
Затв.		Дубін В.Ю.					
					Литер.	Лист	Листів
						1	2
					АІ-2-22,ДДАЕУ		

[illegible]