

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

Допущено до захисту

“__” _____ 2026р.

Зав. кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)

перший (бакалаврський)

(назва освітнього ступеня)

тема роботи «Проект спеціалізованої ковальсько зварювальної ділянки
ремонтної майстерні з розробкою пристрою для наплавлення валів»

Виконав: студент 4 курсу, групи 42-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208 «Агроінженерія»

Якоменко Дмитро Жанович

(прізвище та ініціали)

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

м. Умань – 2026 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ СТВОРЕННЯ КОВАЛЬСЬКО-ЗВАРЮВАЛЬНОГО ПІДРОЗДІЛУ.....	8
1.1. Організація технологічного процесу ковальсько-зварювального підрозділу	8
1.2. Стан ремонтно-обслуговуючої бази та організація сервісу.....	11
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ КОВАЛЬСЬКО- ЗВАРЮВАЛЬНОГО ПІДРОЗДІЛУ	13
2.1. Розрахунок фонду часу роботи технічних засобів та персоналу	13
2.1.1. Визначення річного номінального та дійсного фондів часу роботи обладнання	13
2.1.2. Проведення розрахунку ефективного робочого часу персоналу	14
2.2. Визначення потреби у робочих місцях виробничої дільниці.....	15
2.3. Формування та обґрунтування штату працівників	16
2.4. Технічне оснащення зварювальної дільниці	17
2.5. Обґрунтування площі виробничого приміщення	20
2.6. Формування просторової організації	20
2.7. Технологічне проєктування процесу відновлення роздавального вала КПП.....	22
2.8. Висновки за розділом	32
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛІВ МЕТОДОМ НАПЛАВЛЕННЯ	33
3.1. Дослідження аналогічних конструкцій та патентний пошук	33
3.2. Принцип дії та компоновання розробленого наплавочного верстата	38

3.3. Параметричне обґрунтування та розрахунок вузла подачі електродного дроту	39
3.3.1. Функціональне призначення, компоновальна схема та технічні параметри механізму	39
3.3.2. Енергетичний розрахунок та вибір силового привода.....	40
3.3.3. Визначення кінематичних характеристик редуктора.....	42
3.3.4. Розрахунок геометричних розмірів ведучого ролика	43
3.3.5. Оцінка напружено-деформованого стану в зоні контакту притискного пристрою	44
3.3.6. Перевірочний розрахунок на міцність елементів вал-шестерні.....	45
3.4. Висновки за розділом	47
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	48
4.1. Забезпечення безпеки під час виконання механоскладальних та зварювальних робіт	48
4.2. Перспективні заходи щодо оптимізації охорони праці та поліпшення виробничого середовища.....	50
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ	52
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	57

ВСТУП

В сучасній ринковій економіці питання ефективного використання сільськогосподарської техніки набувають великого значення, оскільки саме стан технічного оснащення відіграє ключову роль як чинник конкурентоспроможності аграрних підприємств. Наразі сільськогосподарські виробники зіштовхуються із низкою значних проблем, серед яких особливо виділяються невпинне зростання цін на паливо, енергію та матеріали для виробництва. Це спонукає господарства шукати ефективні способи раціонального використання ресурсів та методи значного скорочення витрат на виробництво. Водночас, активне впровадження нових технологій вимагає від працівників якісно нових знань, навичок і високої кваліфікації, що відповідає технологічній складності сучасної техніки.

Окремим важливим аспектом стає посилення екологічних вимог до виробничих процесів. Необхідність дотримання міжнародних стандартів стимулює перехід на сучасну техніку, яка мінімізує негативний вплив на довкілля. У зв'язку з цим пріоритетними завданнями в галузі експлуатації техніки стають забезпечення її безперебійної роботи, раціональне використання паливно-мастильних матеріалів та своєчасне проведення технічного обслуговування. Підвищення продуктивності праці при таких умовах можливе лише завдяки комплексній модернізації, впровадженню прогресивних технологій та досконалій організації робочих процесів, де особлива увага приділяється безпеці працівників і захисту навколишнього середовища.

Реалізація цих стратегічних цілей потребує не лише впровадження новітніх досягнень науки, а й активної позиції керівництва у питаннях розвитку кадрового потенціалу. Системна перепідготовка кадрів, створення належних умов для підвищення кваліфікації та застосування сучасних методів управління є необхідним фундаментом для ефективної роботи підприємства. Крім того, критично важливим аспектом залишається стабільне фінансування, яке дозволяє вчасно оновлювати парк техніки та підтримувати її у належному стані.

Таким чином, лише системний підхід до організації технічного сервісу, зокрема через створення спеціалізованих виробничих ділянок, дозволяє ефективно вирішувати завдання сучасної агропромислової галузі, чому і присвячено цей дипломний проєкт.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ СТВОРЕННЯ КОВАЛЬСЬКО-ЗВАРЮВАЛЬНОГО ПІДРОЗДІЛУ

1.1. Організація технологічного процесу ковальсько-зварювального підрозділу

Ковальсько-зварювальна дільниця в структурі ремонтної майстерні призначена для відновлення працездатності зношених або пошкоджених деталей шляхом наплавлення металу, а також для заварювання тріщин і ліквідації механічних пошкоджень у металевих компонентах кузовів, кабін та оперення техніки. У даному підрозділі виконується широкий комплекс робіт, спрямованих на усунення дефектів деталей, виготовлених із різних матеріалів, зокрема сталі, алюмінієвих сплавів та чавуну. Для забезпечення високої якості ремонту використовуються сучасні методи зварювання, такі як ручне дугове зварювання та наплавлення, напівавтоматичне зварювання в захисному середовищі двоокису вуглецю, газове зварювання, а також точкове зварювання сталевих листів. Завдяки застосуванню цих методів дільниця забезпечує ефективне відновлення автомобільних деталей, що сприяє значному підвищенню їхньої довговічності та надійності в подальшій експлуатації.

Технологія виконання зварювальних робіт безпосередньо залежить від обраного типу зварювання та фізико-хімічних властивостей матеріалів. Перед початком реставрації всі деталі обов'язково проходять етап підготовки: їх очищують від бруду, залишків мастил та іржі. У випадках, коли деталі мають наскрізні тріщини, їхні краї необхідно попередньо засвердлити для попередження подальшого розповсюдження дефекту. Окрім відновлення знятих вузлів, на дільниці проводяться зварювальні роботи безпосередньо на транспортних засобах та причіпному обладнанні. Для реалізації таких завдань у приміщенні відділення облаштовується спеціалізований робочий пост із

можливістю заїзду техніки. Даний пост укомплектовується відповідним підйомно-оглядовим обладнанням, зокрема оглядовою канавою, підйомником або перекидачем.

Виробничі операції зі зварювання об'єктів помірного та невеликого габариту виконуються в індивідуальних, спеціально обладнаних секціях, диференційованих за технологічним принципом (газове та електричне зварювання). Відповідно до встановлених нормативів проектування, конструкція цих секцій передбачає відкриту верхню частину та використання вогнетривких матеріалів. Для оптимізації природного повітрообміну між поверхнею підлоги та розділовими елементами кожної секції обов'язково передбачається технологічний проміжок щонайменше 50 мм. Мінімальна експлуатаційна площа, призначена для одного зварювального поста, має становити не менше 3 м². З метою забезпечення безпеки праці, ацетиленовий генератор розміщується на відстані щонайменше 10 метрів від зони проведення робіт, тоді як кисневі ємності — на відстані не менше 5 метрів. Для безпечного переміщення балонів під тиском в межах виробничого підрозділу використовується спеціально адаптований транспортний засіб.

Основним обсягом робіт, що виконуються на дільниці, є: очищення деталей, їх дефектування для виявлення прихованих пошкоджень, виконання зварювальних та наплавлювальних робіт, а також фінальний контроль якості відновленого з'єднання. Стисла схема технологічного процесу відновлення деталей представлена на рисунку 2.1.

Деталі, що надходять на дільницю, проходять етап попередньої підготовки, яка включає випрямлення, розмітку, накернювання, різання та підготовку кромки. Випрямлення металу може здійснюватися як на верстатах, так і вручну, а форма розчищення кромки обирається залежно від товщини металу. Перед початком зварювання основний метал та присадочний матеріал повинні бути ретельно очищені від окалини, вологи та інших неметалевих забруднень. Технічне виконання робіт охоплює прийоми маніпулювання електродом або пальником, вибір оптимальних режимів зварювання та

використання допоміжних пристроїв для отримання якісного шва. Залежно від конфігурації виробу, шви виконуються в різних просторових положеннях: нижньому, вертикальному, горизонтальному або стельовому.

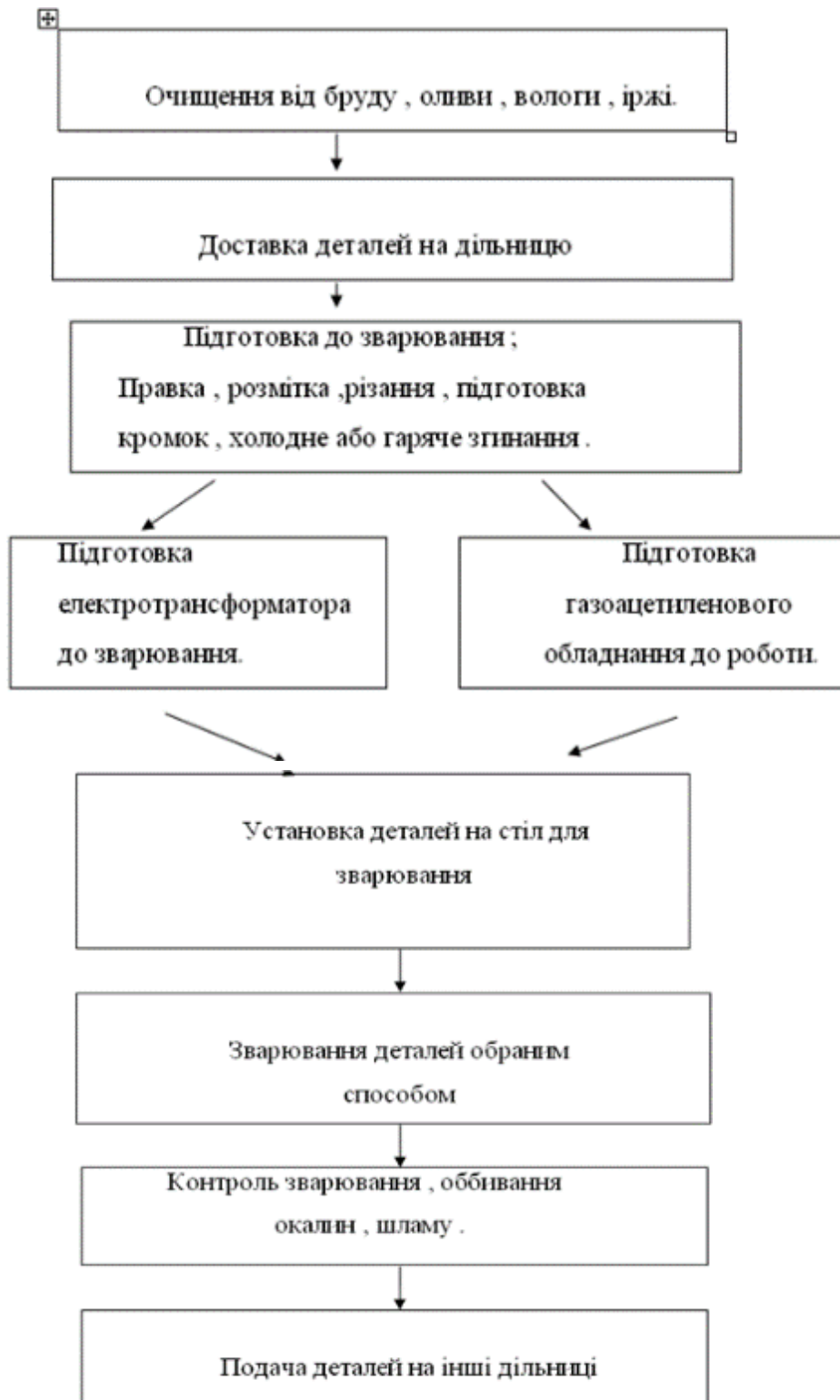


Рис. 1.1. Технологічна послідовність робіт у зварювальному цеху

Перед початком зварювальних робіт важливо відрегулювати параметри зварювального струму, які обумовлюються типом електрода, конфігурацією

з'єднання та просторовим положенням заготовки. Також слід враховувати оптимальну довжину дуги, що залежить від діаметра електрода та специфіки технологічного процесу. Після закінчення зварювання необхідно плавно відводити дугу від виробу задля запобігання утворенню кратерних дефектів. Завершальний етап передбачає усунення шлаку та оцінку якості зварного з'єднання на відповідність встановленим стандартам перед його подальшою механічною обробкою.

1.2 Стан ремонтно-обслуговуючої бази та організація сервісу

Детальний аналіз технологічного планування майстерні свідчить про необхідність оптимізації її структури шляхом впровадження нових сегментів, зокрема спеціалізованих дільниць для ремонту двигунів, діагностики, технічного обслуговування тракторів та виконання зварювальних робіт. Недосконалість поточної організації підтверджується фактичним перебігом технологічного процесу. На прикладі поточного ремонту трактора встановлено, що після обов'язкового зовнішнього очищення на спеціальному майданчику машина надходить до ремонтно-монтажного відділення, де через відсутність вузькоспеціалізованих постів виконується більшість різнопланових операцій.

Процес розбирання техніки здійснюється із застосуванням кран-балки, проте подальші етапи відновлення деталей (таких як елементи кабіни чи оперення) потребують проведення електродугового або газового зварювання, яке наразі не має належним чином облаштованого місця. Аналогічна ситуація спостерігається і при ремонті силових агрегатів: через відсутність окремого відділення розбирання та збирання двигунів проводиться на універсальних робочих столах із використанням підручних засобів кантування, що знижує точність та безпеку робіт. Більшість деталей, що потребують відновлення, обробляються на слюсарно-механічній дільниці методом ремонтних розмірів. Водночас вузли, що вимагають складних методів нарощування поверхонь або спеціалізованого обладнання для ремонту електроустаткування, змушено

передаються стороннім сервісним підприємствам. Така практика зумовлена тим, що існуюча майстерня, хоч і була зведена за типовим проектом, наразі не відповідає сучасним вимогам через брак профільних ділянок. Наявні значні відхилення від стандартного технологічного циклу вказують на потенційну можливість реорганізації внутрішнього простору майстерні для створення додаткових технологічних зон, що дозволить мінімізувати витрати на зовнішні послуги та підвищити якість сервісу в межах господарства.

Більшість деталей, що потребують відновлення, обробляються на слюсарно-механічній ділянці методом ремонтних розмірів. Водночас вузли, що вимагають складних методів нарощування поверхонь або спеціалізованого обладнання для ремонту електроустаткування, змушено передаються стороннім сервісним підприємствам. Така практика зумовлена тим, що існуюча майстерня, хоч і була зведена за типовим проектом, наразі не відповідає сучасним вимогам через брак профільних ділянок. Наявні значні відхилення від стандартного технологічного циклу вказують на потенційну можливість реорганізації внутрішнього простору майстерні для створення додаткових технологічних зон, що дозволить мінімізувати витрати на зовнішні послуги та підвищити якість сервісу в межах господарства.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ РОБОТИ КОВАЛЬСЬКО-ЗВАРЮВАЛЬНОГО ПІДРОЗДІЛУ

2.1. Розрахунок фонду часу роботи технічних засобів та персоналу

Ефективність функціонування зварювально-ковальського підрозділу прямо залежить від оптимальної організації трудового процесу. Режим праці ремонтного цеху даного господарства встановлюється на підставі таких чинників, як число робочих днів протягом тижня, тривалість кожної зміни та їх загальна кількість за річний період.

Відповідно до норм чинного законодавства про працю, нормативна тривалість робочого тижня для типових умов праці визначена у розмірі 41 години. У разі застосування п'ятиденного робочого циклу це зумовлює тривалість однієї робочої зміни у 8,2 години. Кількість змін у структурних підрозділах цеху регулюється з урахуванням виробничих потреб та інтенсивності плану ремонтних робіт.

2.1.1. Визначення річного номінального та дійсного фондів часу роботи обладнання

Сукупний часовий фонд класифікується на дві основні категорії: номінальний та фактичний. Номінальний фонд часу ідентифікується як сумарна кількість календарних діб протягом заданого планового інтервалу, не передбачаючи вирахування можливих простоїв або інших потенційних втрат. Цей індикатор є критично важливим для організації та оптимізації виробничих процесів, шляхом застосування методології календарних розрахунків для актуального річного періоду, з окремим підходом для кожної групи устаткування.

Номінальний фонд часу функціонування обладнання є

фундаментальним етапом у плануванні виробничих процесів та ефективності використання ресурсів. Цей показник відображає максимально можливий час роботи устаткування за умови ідеального сценарію, без урахування будь-яких непередбачених або планових перерв. Розрахунок здійснюється за допомогою точного математичного виразу:

$$F_H = [D_k - (D_c + D_v)] \cdot \Phi \cdot n \quad (2.1)$$

Де D_k — кількість календарних днів у році;

D_c, D_v — кількість святкових та вихідних днів відповідно;

Φ — середня тривалість робочої зміни, год;

n — кількість робочих змін.

Підставляючи значення маємо:

$$F_H = [366 - (10 + 105)] \cdot 8 \cdot 2 = 2008 \text{ год.}$$

Дійсний (ефективний) річний фонд часу роботи обладнання враховує неминучі простой техніки в плановому ремонті та на технічному обслуговуванні:

$$F_d = F_H \cdot K_p \quad (2.2)$$

Де K_p — коефіцієнт, що враховує простой обладнання в ремонті (залежить від габаритів та складності верстатів).

Розрахуємо дійсний фонд для різних груп обладнання.

Для важких верстатів:

$$F_d = 2008 \cdot 0,94 = 1887 \text{ год,}$$

для середніх верстатів:

$$F_d = 2008 \cdot 0,96 = 1927,7 \text{ год,}$$

для малого обладнання:

$$F_d = 2008 \cdot 0,98 = 1967,8 \text{ год.}$$

2.1.2. Проведення розрахунку ефективного робочого часу персоналу

Процес обчислення загального фонду робочого часу, що припадає на одного середньооблікового працівника, здійснюється на основі глибокого

аналізу та врахування комплексу календарних показників, релевантних для поточного звітного року. Своєю чергою, ефективний, або ж корисний, фонд робочого часу, який характеризує фактично доступний для продуктивної діяльності період, обчислюється згідно з чітко визначеною математичною формулою [5]:

$$F_e = [D_n - (B + H)] \cdot \Phi, \quad (2.3)$$

Де D_n - номінальний фонд робочого часу або сукупна кількість календарних робочих днів у розрахунковому періоді. Його обчислення здійснюється згідно з математичним співвідношенням (2.4):

$$D_n = D_k - (D_c + D_v) \quad (2.4)$$

$$D_n = 366 - (10 + 105) = 251 \text{ год.}$$

$$F_e = [251 - (30 + 30)] \cdot 7,74 = 1711 \text{ год.}$$

Визначення всіх умовних позначень, використаних у цих формулах, представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Показники формування річного робочого часу персоналу

Позначення	Значення	Одиниця виміру	Характеристика показника
В	24	днів	Чергові, додаткові та інші відпустки
Дв	105	днів	Вихідні дні протягом року
Дн	251	днів	Номінальний фонд робочого часу
Дяв	221	днів	Середня кількість явочних робочих днів
Дк	366	днів	Загальна кількість календарних днів року
Н	6	днів	Тимчасові невиходи (хвороби тощо)
Дс	10	днів	Святкові та офіційно неробочі дні

2.2. Визначення потреби у робочих місцях виробничої дільниці

Для ефективного планування виробничих потужностей, визначення оптимальної кількості робочих місць у ковальсько-зварювальному підрозділі базується на ретельному аналізі та взаємозв'язку двох суттєвих параметрів: а

саме, сукупного річного обсягу всіх виробничих операцій та ефективного фонду часу, доступного для кожного окремого робочого місця.

Цей процес розрахунку проводиться згідно з встановленою методологією, детально викладеною у посиланні [3]:

$$P_{\text{м}} = T_{\text{від}} * B_{\text{від}} / (\Phi_{\text{рм}} * Z_{\text{від}} * 100) = (1957 * 70) / (2008 * 1 * 100) = 0,68 \quad (2.5)$$

Де $Z_{\text{від}}$ – число операційних змін функціонування відповідної ділянки (або виробничої зони) становить 1.

$T_{\text{від}}$ – річний обсяг трудових витрат, зафіксований для певного структурного підрозділу, складає 1957 людино-годин;

$\Phi_{\text{рм}}$ – нормативний річний фонд часу експлуатації одного робочого місця, який відповідає його номінальному фонду, дорівнює 2008 годинам;

$B_{\text{від}}$ – питома частка робіт від загального обсягу завдань, що виконуються безпосередньо на спеціалізованих робочих місцях (постах) в межах даного відділення, становить 70%.

Отримане значення округлюємо до найближчого цілого числа. Таким чином, для забезпечення виконання запланованого обсягу робіт приймаємо кількість робочих місць $P_{\text{м}} = 1$

2.3. Формування та обґрунтування штату працівників

Для забезпечення безперебійного виконання технологічного процесу на ділянці проводиться розрахунок необхідної кількості виробничого персоналу: технологічно необхідної та штатної чисельності [3, 4].

Технологічно необхідна чисельність робітників визначає кількість працівників для виконання річного обсягу робіт за умови їхньої повної присутності на робочих місцях:

$$P_{\text{м}} = \frac{T_{\text{від}}}{\Phi_{\text{м}}} \quad (2.6)$$

Де $\Phi_{\text{м}}$ – нормативний річний фонд робочого часу (приймається рівним

річному фонду часу робочого місяця): $\Phi_m = \Phi_{pm}$ [5].

$$P_m = 1957/2025 = 0,96 \text{ чол.}$$

Приймаємо технологічно необхідну чисельність робітників $P_m = 1$ чол.

Штатна чисельність працівників враховує необхідність заміщення основних робітників на час їхніх відпусток або відсутності через хворобу (використовується ефективний фонд часу):

$$P_{ш} = T_{від} / \Phi_{ш} = 1957 / 1711 = 1,14 \text{ чол.} \quad (2.7)$$

Де $\Phi_{ш}$ - ефективний річний фонд робочого часу одного робітника.

Отримане значення свідчить про те, що для виконання програми достатньо одного кваліфікованого фахівця. Незначне перевищення розрахункового показника над одиницею компенсується за рахунок підвищення продуктивності праці або виконання термінових робіт у позаурочний час.

Отже, для роботи ковальсько-зварювальної дільниці приймаємо штат у кількості 1 робітника IV розряду.

2.4. Технічне оснащення зварювальної дільниці

Процедура розрахунку технологічно необхідного штатного складу фахівців базується на комплексному аналізі низки параметрів, що включають масштаб та трудомісткість виробничих операцій, наявність та функціональність технічного оснащення, а також регламенти продуктивності праці.

Визначальним елементом цього процесу є розрахунок витрат робочого часу, необхідного для виконання передбачених виробничих операцій, з урахуванням чинників, що впливають на результативність праці, зокрема рівня кваліфікаційної підготовки персоналу та ступеня забезпеченості необхідними ресурсами:

$$n_i = \frac{T_i}{\Phi \cdot \eta_{д.о.}}; \quad (2.8)$$

Де η – коефіцієнт використання виробничих потужностей обладнання

(коефіцієнт завантаження устаткування), значення якого встановлено на рівні 0,8;

$\Phi_{д.о.}$ – дійсний (фактичний) фонд робочого часу обладнання, год.;

T_i – трудомісткість операцій, що виконуються на відповідному устаткуванні, у людино-годинах, згідно з даними, представленими у таблиці 2.3.

Для забезпечення виконання комплексу ковальсько-зварювальних робіт визначена необхідна кількість одиниць обладнання:

Для здійснення нагрівальних операцій:

$$n = \frac{235}{2008 \cdot 0,8} = 0,14 \text{ шт}$$

На підставі отриманого розрахункового значення приймається до експлуатації один ковальський горн моделі 2275, оснащений одним робочим вогнищем.

Для виконання ковальських операцій із застосуванням молота:

$$n = 254,4 / 2008 \cdot 0,8 = 0,16 \text{ шт.}$$

Фіксується отримання одного екземпляра пневматичного технічного засобу типу М-4127.

Розподілимо загальну трудомісткість за видами робіт (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Структура та розподіл трудових затрат за основними категоріями виробничих операцій підрозділу

Трудові затрати, люд. год.	Виробнича операція	Відсоткова частка, %
430,5	Слюсарні операції	22
235	Нагрівання металу	12
352,3	Газове зварювання	18
489,3	Електрозварювальні процеси	25
195,7	Ковальські операції:	10
	- роботи, що виконуються на ковадлі;	
254,4	- роботи, що виконуються на молоті	13
1957	Загальний обсяг	100

Вибір основного обладнання здійснюється згідно з рекомендаціями, що

стосуються організації виробничих ділянок на спеціалізованих підприємствах з ремонту сільськогосподарської техніки, з урахуванням вимог технологічного процесу ремонту та задля забезпечення його оптимального функціонування за показниками продуктивності та часу.

Таблиця 2.4

Номенклатура основного та допоміжного устаткування для зварювальних та супутніх технологічних операцій

Найменування одиниці обладнання	Габаритні розміри, мм	Марка/тип/особливості	Займана площа, м ²	К-ть, шт.
Ванна для термічної обробки металевих виробів	500×600	-	0,3	1
Пневматичний ковальський молот	1575×750	М-4127	1,18	1
Шліфувальний верстат	900×600	інтертул	0,54	1
Комплекс для автоматизованого дугового зварювання під флюсом	600×800	А-14М6	0,48	1
Ковальський горн з одним робочим вогнищем	1130×1030	2275	1,16	1
Ємність для зберігання твердого палива	600×600	-	0,36	1
Наковальня	600×300	-	0,18	1
Трансформаторний апарат для дугового зварювання	740×300	ТС-17М	0,2	1
Ємність з інертним наповнювачем (піском)	800×800	-	0,64	1
Модульна стелажна система зберігання	1400×450	2247	0,63	1
Камера для абразивної обробки поверхонь	800×600	ГосНІТІ 1520	0,48	1
Установка для наплавлення захисних покриттів	1800x800	ВВ	1,44	1
Спеціалізована шафа для інструментів	800×400	2250	0,32	1
Підйомний кран мостового типу	-	1	-	1
Ергономічний робочий стіл для зварювальних робіт	1600×800	Власна конструкція	1,3	1
Газові балони	-	-	-	2
Універсальний слюсарний верстат	1800×800	-	1,44	
Сумарна займана площа			9,1	

2.5. Обґрунтування площі виробничого приміщення

Виробнича площа ділянки повинна забезпечувати раціональне розміщення обладнання, зручність обслуговування об'єктів ремонту та дотримання норм техніки безпеки й пожежної безпеки. Розрахунок площі проводиться за формулою [3]:

$$F_d = (F_{об} + F_m) \sigma, \quad (2.9)$$

Де σ – коефіцієнт, що враховує робочі зони, проходи та проїзди;

$F_{об}$ та F_m – сумарні площі, які займає технологічне обладнання та машини, m^2 .

Було виконано розрахунок необхідної площі для ковальсько-зварювальної ділянки.

Згідно з розрахунками, площа ділянки складає

$$F_{д.с} = (12,1 + 0) 3,5 = 42 \text{ м}^2,$$

Отримане розрахункове значення є мінімально необхідним. Враховуючи наявний архітектурно-будівельний план виробничого корпусу ФГ «Надія» та необхідність забезпечення проїзду для сільськогосподарської техніки, приймаємо виробничу площу ділянки рівною 54 м^2 .

Габаритні розміри підрозділу в плані становлять 9×6 метрів, що відповідає стандартному кроку колон виробничих будівель і дозволяє оптимально розмістити все обладнання з дотриманням нормативних відстаней.

2.6. Формування просторової організації

Ефективність функціонування ковальсько-зварювальної ділянки безпосередньо залежить від раціональної організації робочих місць, що особливо важливо при роботі з металами, нагрітими до високих температур. Просторова побудова підрозділу базується на суворому дотриманні нормативів безпеки та ергономіки.

Для забезпечення безперешкодного переміщення персоналу та заготовок

ширину основних проходів передбачено в межах 1,2 - 1,6 м, а для транспортування деталей візками облаштовано проїзди завширшки 1,6- 2,0 м. Згідно з вимогами пожежної безпеки, дільниця відокремлюється від сусідніх підрозділів вогнетривкими стінами, а підлога виконується з негорючих матеріалів — цементною на бетонній основі або клінкерною цеглою. Оптимальна висота приміщення 5-7 м сприяє ефективному розсіюванню теплових потоків та газів.

Важливим аспектом організації середовища є система вентиляції. На дільниці передбачено комбінований повітрообмін: загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція забезпечує 8 - 10-кратну зміну повітря за годину, водночас над кожним джерелом шкідливих виділень встановлено місцеві витяжні пристрої.

Організація безпосередніх робочих місць зварювальників має свої специфічні особливості. Пости для ручного дугового та газового зварювання розташовуються вздовж темної стіни та захищаються з трьох сторін вогнетривкими щитами, формуючи спеціалізовані кабінки. Габарити цих кабін розраховані з урахуванням розмірів об'єктів ремонту та вільного доступу до них:

- відстань від зварювального обладнання та кондукторів до елементів будівлі становить не менше 1500 мм;
- вільна зона навколо зварювального столу складає від 800 до 1000 мм;
- силове обладнання, трансформатори або генератори, розміщується у безпосередній близькості до поста на відстані 200 - 300 мм від перегородок.

Таке планувальне рішення дозволяє мінімізувати ризики виробничого травматизму та оптимізувати шлях проходження деталі по всіх етапах відновлення. Повне графічне відображення просторової організації дільниці з розстановкою всього обладнання представлено на 1 аркуші графічної частини дипломного проекту.

2.7. Технологічне проектування процесу відновлення роздавального вала КПП

Технологічне проектування процесу відновлення роздавального вала коробки передач за кресленням номер 3518020-46007 розпочинається з детального аналізу його конструктивних особливостей та умов експлуатації. Дана деталь виготовлена із середньовуглецевої легованої сталі 45Х і термічно оброблена до твердості 45 одиниць за шкалою Роквелла. При масі три з половиною кілограми вал у процесі роботи сприймає значні крутні та згинальні навантаження, що призводить до появи втомних напружень. Основними дефектами, які виникають внаслідок фізико-хімічного впливу та тертя, є знос посадочних поверхонь під підшипники до розміру менше 54,95 міліметра та знос шліцевих ділянок по товщині до показника нижче 11,9 міліметра. Для усунення цих пошкоджень у межах майстерні пропонується застосувати комплексний метод, що поєднує наплавлення, зварювання та подальшу багатостадійну механічну обробку. Детальна характеристика дефектів та методи їх відновлення наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Зведення дефектів роздавального вала системи передач

Визначення характеру дефекту	Можливий підхід до виправлення	Першочерговий спосіб виправлення
Надмірний знос робочих поверхонь шліцевих з'єднань, що виявляється у критичному зменшенні їх поперечного перерізу до розміру, меншого за встановлений поріг у 11,9 мм		Технологія дугового зварювання шліцевих з'єднань, що супроводжується подальшою механічною обробкою
Виявлення значного зносу базової посадочної поверхні, призначеної для монтажу підшипникового вузла, що призводить до критичного зменшення її діаметра до показника менше 54,95 мм.	Розглядається застосування електроконтактного приварювання металеві стрічки	Формування поверхневих шарів шляхом осадження матеріалу та подальше механічне оброблення

План технологічних операцій передбачає послідовне відновлення всіх геометричних параметрів деталі. На першому етапі виконується наплавлювальна операція, під час якої діаметр шийок під підшипники збільшується до 61 міліметра на довжині 29 міліметрів. Після цього проводиться зварювальна операція з повним заповненням шліцевих пазів по всій довжині 140 міліметрів з використанням випрямляча ВДУ-500 та електродів типу АНО-4.

Наступна токарна операція на верстаті 1К62 забезпечує попереднє зняття припуску наплавленого металу до розміру 55,1 міліметра для посадочних місць та 72,1 міліметра для шліцевої частини, а також проточування канавки під стопорне кільце. Далі слідує фрезерна операція, яка полягає у нарізанні дванадцяти нових шліців дисковою фрезою. Завершальним етапом обробки є прецизійне шліфування посадочних поверхонь на круглошліфувальному верстаті до отримання остаточного розміру 55 міліметрів з допуском по якості. Замикає процес контрольна операція, на якій за допомогою мікрометрів та твердомірів перевіряється відповідність вала всім технічним умовам.

Для контролю якості відновлених поверхонь використовується мікрометр гладкий МК-75-0,01 ГОСТ 166-80, зразки шорсткості та твердомір ПТК-200. Розрахунок технологічних режимів наплавлювальної операції 005 починається з визначення кількості проходів для відновлення дефекту до розміру 61 міліметр за формулою:

$$i = (D - d) / (2 * t) \quad (2.10)$$

Де при заданих діаметрах $D = 61$ міліметр і $d = 50$ міліметрів та товщині шару $t = 3$ міліметри отримуємо значення:

$$i = \frac{61 - 50}{2 \cdot 3} = 1,83.$$

що дозволяє прийняти два проходи. Режими процесу передбачають використання електродного дроту діаметром 2,5 міліметри при силі струму 340 ампер, кроці наплавлення 4 міліметри на оберт та швидкості наплавлення 1,2

метра за хвилину. Частота обертання шпинделя верстата розраховується як:

$$n = 318 * V_h / D, \quad (2.11)$$

що становить:

$$318 * 1,2 / 50 = 7,48 \text{ обертів за хвилину,}$$

проте за паспортними даними верстата для роботи приймається значення $n = 9$ обертів за хвилину.

Маса наплавленого металу визначається за формулою:

$$G = a_H * I / 1000, \quad (2.12)$$

Де при коефіцієнті наплавки $a_H = 20$ продуктивність складає:

$$G = \frac{20 \cdot 340}{1000} = 6,8 \text{ кг/год.}$$

Основний час на проведення операції для поверхні довжиною 29 міліметрів обчислюється залежністю:

$$T_o = L * i / (n * s), \quad (2.13)$$

Де L – довжина поверхні, що підлягає відновленню, мм;

T_o – основний операційний час, хв;

s – крок подачі процесу наплавлення, мм/об з фіксованим значенням

$s = 4$. Що дає:

$$T_o = \frac{29 \cdot 2}{9 \cdot 4} = 1,61 \text{ хв.}$$

Кількість наплавленого металу безпосередньо в основний час становить:

$$G_o = G_H * T_o / 60, \quad (2.14)$$

Де G_o – маса осадженого металу, сформована протягом основного технологічного етапу, кг.

$$G_o = 6,8 * 1,61 / 60 = 0,18 \text{ кілограма.}$$

Допоміжний час, який включає обслуговування двох проходів, становить 1,2 хвилини, що дозволяє визначити оперативний час як суму основного та допоміжного, тобто:

$$T_{оп} = T_o + T_{доп} = 1,61 + 1,2 = 2,81 \text{ хв.} \quad (2.15)$$

Додатковий час, розрахований через коефіцієнт $K = 0,15$ від

оперативного, становить:

$$T_{\text{дод}} = T_{\text{оп}} \cdot K, \quad (2.16)$$

$$T_{\text{дод}} = 2,81 \cdot 0,15 = 0,42 \text{ хв.}$$

Штучний час на один перехід складає:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{дод}} = 2,81 + 0,42 = 3,23 \text{ хв} \quad (2.17)$$

Оскільки другий перехід має ідентичні параметри, загальний штучний час для двох шийок дорівнює 7,26 хвилини. З урахуванням підготовчо-заклучного часу $T_{\text{пз}} = 16$ хвилин, повна норма часу на виконання операції за формулою:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{пз}} = 7,26 + 16 = 23,26 \text{ хв.} \quad (2.18)$$

Для зварювальної операції 010 обрано режими зварювання згідно з нормативними джерелами, що передбачають використання електродного дроту діаметром 4 міліметри при силі струму 340 ампер та швидкості зварювання 14,1 метра за хвилину. Продуктивність процесу, що визначає вагу наплавленого металу за годину роботи, розраховується за формулою:

$$G = \frac{30 \cdot 340}{1000} = 10,2 \text{ кг/год.}$$

Основний час наплавлення поверхні довжиною 140 міліметрів за один прохід обчислюється за формулою:

$$T_o = L \cdot i / V, \quad (2.19)$$

Де V – швидкість зварювання, м/хв ($V = 14,1$);

L – довжина поверхні, що підлягає наплавленню, мм.

При підстановці значень:

$$T_o = \frac{140 \cdot 1}{14,1} = 10 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання операції складає 3 хвилини, що дозволяє визначити оперативний час як суму основного та допоміжного компонентів, тобто:

$$T_{\text{оп}} = 10 + 3 = 13 \text{ хв.}$$

Додатковий час, який враховує організаційні перерви та обслуговування робочого місця, розраховується за формулою:

$$T_{\text{дод}} = 13 \cdot 0,08 = 1,04 \text{ хв.}$$

Де 0,08 — встановлений коефіцієнт частки додаткового часу.

Штучний час на виконання даної операції становить:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{дод}} = 13 + 1,04 = 14,04 \text{ хв.}$$

Підсумковий нормований час операції, що включає підготовчо-заклучний час у розмірі 9 хвилин, визначається сумою:

$$T_{\text{н}} = 14,04 + 9 = 23,04 \text{ хв.}$$

Для токарної операції 015, що проводиться на верстаті 1К62, розрахунок режимів починається з визначення припуску на обробку за формулою:

$$h = \frac{D - d}{2}, \quad (2.20)$$

Де D – вихідний діаметр заготовки/деталі до механічної обробки, виміряний у міліметрах ($D = 61$ мм);

h – це величина припуску на обробку, виміряна у міліметрах;

d – кінцевий діаметр поверхні після завершення обробки, виміряний у міліметрах ($d = 55,1$ мм);

Отже:

$$h = \frac{61 - 55,1}{2} = 2,95 \text{ мм.}$$

Необхідна кількість проходів:

$$i = \frac{h}{t}, \quad (2.21)$$

Де i – загальна кількість робочих проходів;

t – величина глибини зняття матеріалу за один прохід, мм.

Для подальших розрахунків було встановлено фіксоване значення параметра $t = 1,5$ мм, тоді

$$i = \frac{2,95}{1,5} \approx 2.$$

Було обрано повздовжню подачу зі значенням $S = 0,5$ мм/об. Початкове значення швидкості різання V_p було встановлено на рівні 67 м/хв, залежно від глибини різання. Проте, для отримання точного значення, необхідно

застосувати поправочний коефіцієнт $K_m = 1,7$, який враховує характеристики оброблюваного матеріалу. Таким чином, скоригована швидкість різання V_p становить $67 \times 1,7 = 113,9 \text{ м/хв}^{-1}$.

Наступним кроком є визначення частоти обертання шпинделя верстата, що здійснюється за відповідною розрахунковою формулою:

$$n = \frac{318 \cdot 113,9}{61} = 594 \text{ об/хв.}$$

Проте за паспортними даними верстата приймається значення 565 обертів за хвилину.

$$V_p = (n \cdot D) / 318 = (565 \cdot 61) / 318 = 108 \text{ м/хв.}$$

Основний час першого переходу розраховується як:

$$T_o = \frac{29 \cdot 2}{565 \cdot 0,5} = 0,2 \text{ хв.}$$

Тривалість допоміжних операцій для виконання даного переходу становить 0,2 хвилини.

Надалі, шляхом застосування розрахункової формули, необхідно обчислити операційний час. Припускаючи, що основний технологічний час також складає 0,2 хвилини, операційний час визначається як сума основного та допоміжного часу:

$$T_{on} = 0,2 + 0,2 = 0,4 \text{ хв.}$$

З урахуванням коефіцієнта $K = 0,08$, розраховується величина додаткових часових нарахувань (наприклад, на відпочинок, особисті потреби або технічне обслуговування):

$$T_{on} = 0,4 \cdot 0,08 = 0,03 \text{ хв.}$$

Відповідно, загальна норма штучного часу (ТШТ) для даної операції обчислюється як сума операційного часу та додаткових часових нарахувань:

$$T_{шт} = 0,4 + 0,03 = 0,43 \text{ хв.}$$

Аналогічні режими та часові витрати встановлюються і для другого переходу.

Для третього переходу при обробці поверхні діаметром 80 міліметрів до розміру 72,1 міліметра припуск становить:

$$h = \frac{80 - 72,1}{2} = 3,95 \text{ мм.}$$

Визначення оптимальної кількості проходів здійснюється шляхом застосування відповідної формули, за умови, що значення параметра t становить 2 мм.

Розраховане значення i дорівнює:

$$i = \frac{3,95}{2} \approx 2.$$

Частота обертання шпинделя при швидкості 143 метри [7] за хвилину також приймається на рівні:

$$n = \frac{318 \cdot 143}{80} = 568 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо 565 обертів за хвилину, а основний час для довжини 140 міліметрів складає:

$$T_o = \frac{140 \cdot 2}{565 \cdot 0,5} = 0,2 \text{ хв.}$$

Розрахунок оперативного часу здійснюється відповідно до наступної формули:

$$T_{\text{оп}} = 0,2 + 0,2 = 0,4 \text{ хв.}$$

Величина додаткового часу обчислюється шляхом застосування формули:

$$T_{\text{дод}} = 0,4 \cdot 0,08 = 0,032 \text{ хв.}$$

Згідно з цим, визначено, що значення штучного часу становить 0,43 хв

Четвертий перехід передбачає проточування канавки під стопорне кільце з припуском:

$$h = \frac{72,1 - 60,1}{2} = 6 \text{ мм.}$$

З метою оптимізації технологічного процесу та забезпечення ефективності, було прийнято стратегічне рішення здійснити проточування цієї канавки за один єдиний робочий прохід.

Для досягнення необхідної якості та продуктивності були призначені оптимальні параметри різання: швидкість різання (V_p) встановлена на рівні

108,8 метрів за хвилину, а величина поперечної подачі (S) визначена як 0,1 міліметра на один оберт шпинделя.

На основі цих вхідних даних, використовуючи спеціалізовану формулу, була обчислена теоретична частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{318 \cdot 109}{60} = 577 \text{ об/хв.}$$

Зважаючи на реальні технічні характеристики та можливості верстата, відповідно до його паспортних даних, для практичного виконання було обрано найбільш наближену та допустиму дійсну частоту обертання шпинделя – 565 обертів за хвилину.

Після визначення всіх технологічних параметрів, було здійснено розрахунок часу, необхідного для виконання даного переходу. Основний час, що відображає безпосередню тривалість різання матеріалу, був визначений за формулою:

$$T_0 = (5 \cdot 2) / (565 \cdot 0,1) = 0,17 \text{ хв.}$$

Додатково було враховано допоміжний час, який включає всі супутні дії (наприклад, підвід/відвід інструменту), і становить:

$$T_{\text{доп}} = 0,2 \text{ хв.}$$

Сумуючи ці компоненти, отримано загальний оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = 0,17 + 0,2 = 0,37 \text{ хв.}$$

З урахуванням додаткового часу, що покриває природні потреби та короткочасний відпочинок оператора (розрахований як 8% від оперативного часу, тобто $0,37 \cdot 0,08 = 0,03$ хв), сукупний штучний час на виготовлення однієї деталі в рамках цього переходу склав:

$$T_{\text{шт}} = 0,37 + 0,03 = 0,4 \text{ хв.}$$

Для визначення повного нормативного часу на всю операцію було враховано суму штучного часу, необхідного для кожного окремого етапу обробки, а також підготовчо-заключний час, що становить 9 хвилин. Таким чином, остаточний нормативний час для виконання всієї операції становить:

$$T_n = 0,4 + 0,2 + 0,4 + 9 = 9,8 \text{ хв.}$$

У межах фрезерної операції 020 використовується дискова фреза діаметром 75 міліметрів для формування дванадцяти пазів при глибині різання 3 міліметри. При подачі 0,1 міліметра та швидкості різання 69 метрів за хвилину частота обертання фрези встановлюється на рівні 1500 обертів за хвилину [7]. Основний час операції, розрахований для загальної довжини проходів, становить:

$$T_o = \frac{140 \cdot 12}{1540 \cdot 0,1} = 10,9 \text{ хв.}$$

Допоміжний час, що включає витрати на монтаж та демонтаж заготовки, оцінено у $T_{\text{доп1}} = 0,6$ хвилин. Допоміжний час, асоційований з одним робочим проходом, становить $T_{\text{доп2}} = 1$ хвилину. Отже, сумарний допоміжний час ($T_{\text{доп}}$) становить 1,6 хвилин.

Оперативний час операції визначається як сума основного та допоміжного часу:

$$T_{\text{оп}} = 10,9 + 1,6 = 12,5 \text{ хв.}$$

Розрахунок додаткового часу здійснюється за відповідною формулою, при цьому коефіцієнт K приймається рівним 0,07. Таким чином, значення додаткового часу становить:

$$T_{\text{дод}} = 12,5 \cdot 0,07 = 8,75 \text{ хв.}$$

Розрахунок штучного часу становить:

$$T_{\text{шт}} = 12,5 + 8,75 = 21,25 \text{ хв.}$$

Фінальна величина нормованого часу визначається на підставі попередніх розрахунків і становить:

$$T_n = 21,25 + 14 = 35,25 \text{ хв.}$$

Для шліфувальної операції 025 розрахунок припуску на обробку за формулою:

$$h = \frac{55,1 - 55}{2} = 0,05 \text{ мм.}$$

Технологічний процес шліфування поверхні передбачає реалізацію у дві послідовні фази: фазу попереднього (грубого) та фазу заключного (чистового)

шліфування. Для кожної із зазначених фаз проводиться розрахунок оптимальних технологічних параметрів. Визначення кількості робочих проходів на стадії чорнового шліфування здійснюється на основі відповідної розрахункової формули, при цьому враховуються вихідні дані, а саме: величина припуску на механічну обробку ($h = 0,04$ мм) та встановлена глибина різання ($t = 0,04$ мм).

$$i = \frac{0,04}{0,04} = 1.$$

При глибині обробки 0,04 мм поздовжня подача встановлена на рівні $S = 0,3$ мм/об, а відповідна швидкість різання V_p становить 43,4 м/хв [7]. Визначення частоти обертання шліфувального круга здійснюється за наступною формулою:

$$n = \frac{318 \cdot 43,4}{55,1} = 250 \text{ об/хв.}$$

Розрахунок основного машинного часу виконується за виразом:

$$T_o = (L \cdot i \cdot K_3) / (n \cdot S) \quad (2.22)$$

Де K_3 – позначає коефіцієнт зачищувальних проходів, значення якого прийнято 1.2. Тоді

$$T_o = (29 \cdot 1 \cdot 1,2) / (250 \cdot 0,3) = 0,48 \text{ хв}$$

Кількість необхідних проходів під час чистового шліфування розраховується як:

$$i = \frac{0,01}{0,01} = 1.$$

Наступні параметри були визначені для розрахунків: поздовжня подача $S = 0,2$ мм/об, а швидкість різання $V_p = 65$ м/хв.

Величина частоти обертання (n) розраховується наступним чином:

$$n = \frac{318 \cdot 65}{55,1} = 375 \text{ об/хв.}$$

Тривалість основного технологічного переходу обчислюється як:

$$T_o = (29 \cdot 1) / (375 \cdot 0,2) = 0,4 \text{ хв.}$$

Сукупна тривалість основного часу (T_o) для даної операції становить 0,88 хв. Відповідно, допоміжний час ($T_{доп}$) встановлюється на рівні 0,84 хв.

Операційний час ($T_{оп}$) визначається як сума основного та допоміжного часу:

$$T_{оп} = 0,88 + 0,84 = 1,72 \text{ хв.}$$

Розраховуємо додатковий час згідно з формулою, де коефіцієнт К становить 0,09:

$$T_{дод} = 1,72 \cdot 0,09 = 0,15 \text{ хв.}$$

Відповідно, штучний час встановлюється шляхом підсумовування:

$$T_{шт} = 1,72 + 0,15 = 1,87 \text{ хв.}$$

Враховуючи, що штучний час для другого переходу є ідентичним показнику, розрахованому для першого, сумарний штучний час складає 2,02 хвилини. Загальний нормативний час, виділений на виконання даної операції, дорівнює 3,74 хвилини.

З урахуванням усіх ретельно виконаних інженерних розрахунків та ґрунтовних технічних обґрунтувань, було здійснено комплексне формування ключового комплексу технологічної документації. Цей комплект включає маршрутну технологічну карту та деталізовану операційну карту, які всебічно регламентують процес наплавлення. Повне візуальне та структуроване представлення згаданих карт міститься на другому аркуші графічного розділу проєкту.

2.8. Висновки за розділом

Розрахунковий річний фонд часу роботи основного обладнання становить 1711 годин, що при поточному завантаженні забезпечує необхідний резерв потужності для безперебійного функціонування підрозділу. Спроектована діляниця повністю відповідає технологічним вимогам щодо відновлення деталей сільськогосподарської техніки та забезпечує умови для досягнення високої якості зварних і кованих з'єднань.

РОЗДІЛ 3

ПРОЄКТУВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛІВ МЕТОДОМ НАПЛАВЛЕННЯ

3.1. Дослідження аналогічних конструкцій та патентний пошук

На сучасних машинобудівних та ремонтних підприємствах застосовується розгалужена номенклатура обладнання для реалізації різноманітних технологій відновлення поверхонь. Найбільшого поширення набули установки для наплавлення під флюсовим захистом, вібродугові методи, а також процеси в атмосфері інертних та активних газів (зокрема з використанням спеціалізованих моделей типу ОКС-5611 та ОКС-5594).

Типова архітектура наплавочного комплексу зазвичай базується на використанні обертача (модернізованого токарного верстата), що забезпечує жорстку фіксацію та задану кутову швидкість деталі, а також механізму лінійного переміщення робочого органу. Ключовим елементом є наплавочна головка, яка інтегрує вузол дискретної або плавної подачі електродного дроту та струмопідвідний мундштук. Таке конструктивне виконання дозволяє адаптувати процес до специфічних геометричних параметрів валів та забезпечує стабільну якість сформованого шару.

Слід особливо відзначити, що суттєвий та фундаментальний внесок у прогрес та інноваційний розвиток інженерної галузі було здійснено висококваліфікованими фахівцями Державного підприємства «Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України». Їхня плідна діяльність призвела до розробки та впровадження у виробництво цілої лінійки передового обладнання. Ці сучасні верстати призначені для високоточної механічної обробки різноманітних роторних компонентів, таких як опорні котки, осі, вали, а також для формування елементів складної геометричної конфігурації, зокрема шліцевих з'єднань та зубчастих профілів зірочок привідних механізмів, що є критично важливими для функціонування

багатьох машин і агрегатів. У контексті реалізації даного науково-технічного проекту було виконано всебічне патентне дослідження. Його ключовою метою стало здійснення комплексного аналізу наявних авторських рішень, запатентованих технологій та широкого спектру реферативних джерел за відповідною предметною областю. Результати цього ретельного моніторингу інтелектуальної власності були системно упорядковані та представлені у таблиці 3.1, що дозволяє оперативно оцінити поточний стан розробок та визначити вектори для подальших інновацій.

Таблиця 3.1

Порівняльний аналіз технічних рішень на основі патентного пошуку

Найменування об'єкта	Технічна сутність та функціональні переваги	№ патента
Спеціалізована установка для наплавлення	Розробка інтегрована у сферу зварювального виробництва та спрямована на реновацію елементів залізничної інфраструктури (хрестовин стрілочних переводів). Результат: оптимізація конструктивної схеми, суттєве зниження матеріаломісткості та розширення функціональної адаптивності пристрою.	1652365
Пристрій для наплавлення	Технічне рішення призначене для автоматизованого нарощування металу в зношених отворах корпусних виробів до проектних параметрів. Особливості: застосування порожнистої обойми на підшипниках кочення та гнучкого каналу з гвинтовою нарізкою. Реалізовано механізм «гвинт-гайка» для точного осевого позиціонування мундштука, що дозволяє зменшити масогабаритні показники установки	1581502

Досить поширеним технічним рішенням є універсальний верстат СУН-01, адаптований для наплавлення та напилення деталей масою до 120 кг. (рис. 3.1.). Проте досвід експлуатації виявив критичні недоліки цієї моделі: обмежений діапазон обробки деталей (діаметром лише понад 35 мм) та високу вартість через імпордне походження компонентів. Економічний чинник є визначальним, оскільки ціна аналогічних промислових комплексів часто перевищує 10000 євро.

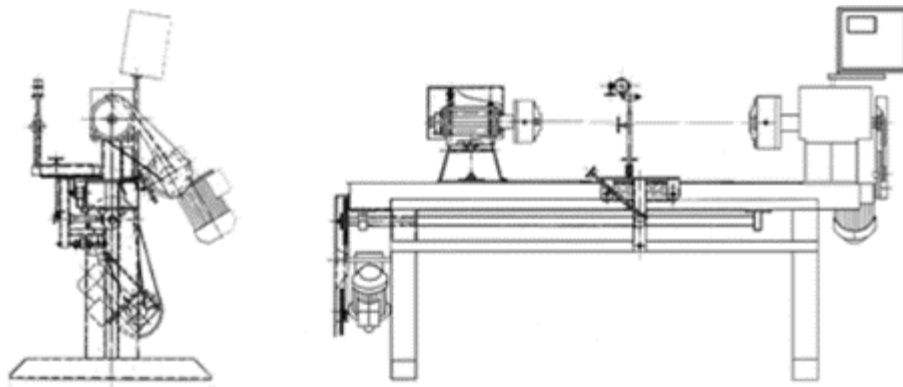


Рис. 3.1. Загальний вигляд універсальної наплавочної установки моделі СУН-01

Альтернативним рішенням є система АС370-К, яка реалізує СМТ-процес та MIG/MAG-наплавлення по спіралі з можливістю коливання пальника.

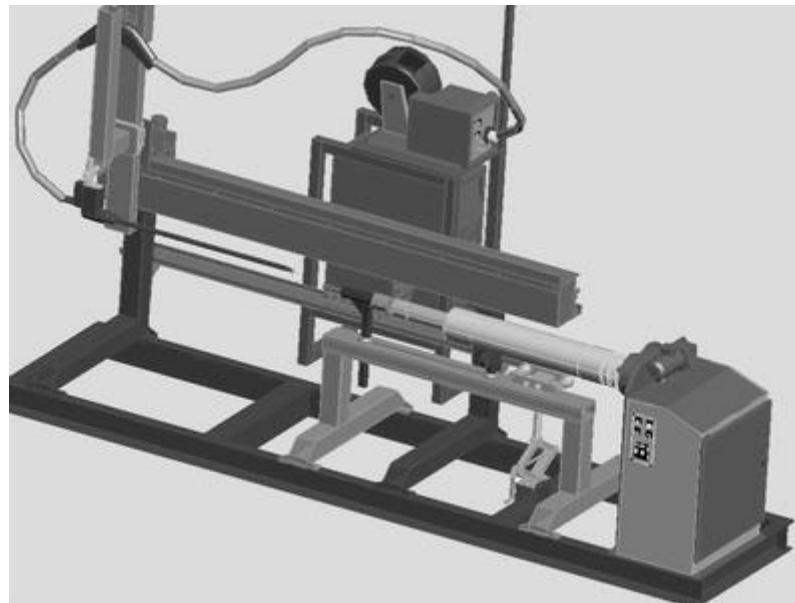


Рис. 3.2. Автоматизований комплекс АС370-К для відновлення поверхонь складної конфігурації

Спеціалізований комплекс моделі розроблений для автоматизації процесів наплавлення зовнішніх та внутрішніх поверхонь циліндричної та конічної конфігурацій. Технологічний процес реалізується методом дугової обробки плавким електродним дротом (суцільного або порошкового типу) у захисному газовому середовищі. Формування відновлювального шару відбувається по спіральній траєкторії із можливістю точного регулювання швидкості та амплітуди коливань зварювального пальника. Конструктивна схема апарату базується на жорсткій основі, що об'єднує механізми прецизійного позиціонування пальника за осями X (поздовжнє переміщення) та Z

(вертикальне регулювання). Кінематика процесу забезпечується інтегрованим обертачем та системою переміщуваних опор і фіксаторів, що дозволяють адаптувати установку під деталі різних типорозмірів. Управління всіма параметрами наплавлення здійснюється за допомогою мікропроцесорного блоку та дистанційного пульта оператора, що входять до загального комплекту зварювального обладнання.



Рис. 3.3. Технологічний процес відновлення поверхонь із застосуванням мобільного наплавочного обладнання

Технологічний маршрут повної реновації зовнішніх поверхонь валів та з'єднувальних пальців реалізується у три послідовні стадії. На початковому етапі зношені ділянки піддаються попередній механічній обробці на токарному верстаті для створення оптимальної геометрії під подальше нанесення металу. Друга стадія передбачає безпосереднє автоматизоване наплавлення зовнішньої поверхні з використанням обмідненого електродного дроту в захисній атмосфері газової суміші (аргону та вуглекислоти). Завершальним етапом є чистове розточування деталі до номінальних розмірів, що виконується на токарному обладнанні.

Практичний досвід проведення відновлювальних робіт у польових умовах свідчить, що за наявності кваліфікованого токаря та стандартного верстатного парку підготовка деталей та їх фінішна обробка не викликають

значних труднощів. Ключовою ж проблемою залишається забезпечення рівномірного та високоякісного наплавленого шару. Запропонована нами конструкція верстата успішно вирішує це завдання, забезпечуючи мобільність та можливість живлення від побутової електромережі 220 В.

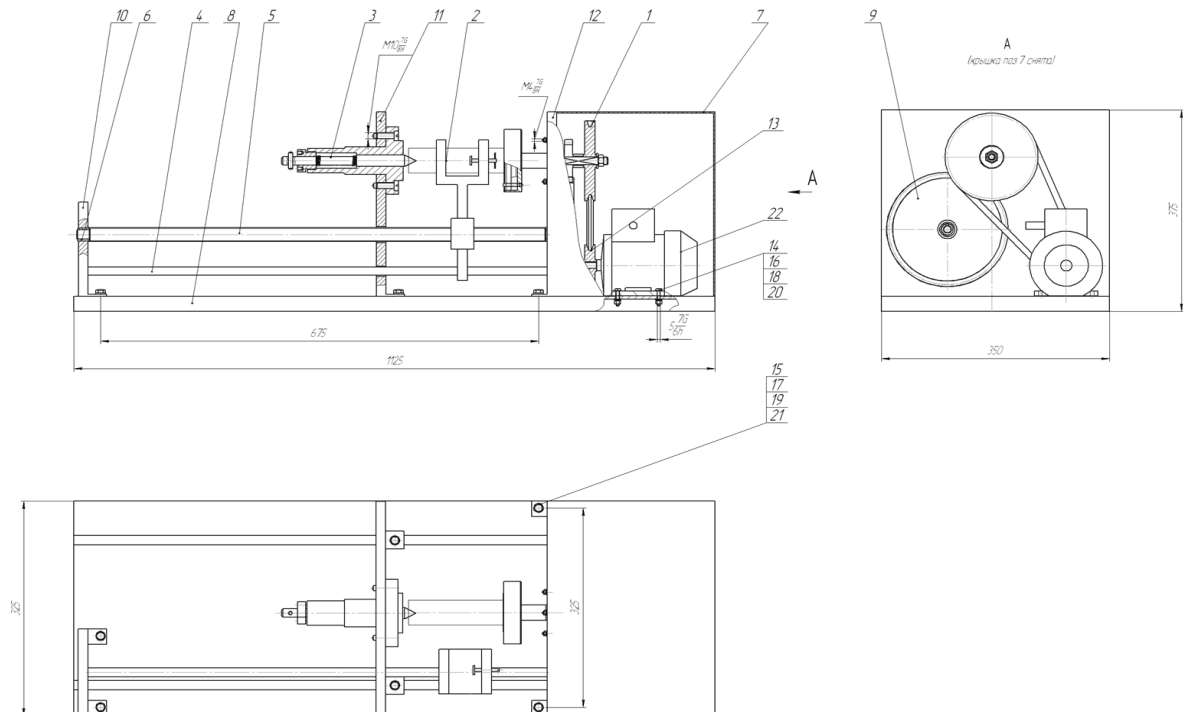


Рис. 3.4. Конструктивна схема пристрою-прототипу згідно з авторським свідоцтвом №1593819

В якості конструктивного прототипу пристрою було обрано авторське свідоцтво №1593819 (клас У 23 К 9/04). Алгоритм функціонування даного прототипу полягає у фіксації заготовки в шпинделі за допомогою упорного конуса, після чого у спеціальному вилкоподібному тримачі закріплюється пальник зварювального напівавтомата. Регулювання режимів обробки здійснюється шляхом налаштування частоти обертання привода через інвертор або, у разі потреби складнішої синхронізації, за допомогою підбору пар змінних шестерень.

Проте критичний аналіз конструкції прототипу виявив низку суттєвих технічних недоліків. Зокрема, виникають значні труднощі при синхронізації кутової швидкості обертання деталі з лінійним переміщенням наплавочної головки, що забезпечується ходовим гвинтом. Окрім цього, вузол фіксації пальника характеризується недостатньою жорсткістю, що унеможливорює

суворе дотримання міжелектродної відстані, яка є критично важливою для стабільності зварювальної дуги та якості формування валика. Ці недоліки було враховано та модернізовано в нашій проектній розробці.

3.2. Принцип дії та компонування розробленого наплавочного верстата

Робочий процес наплавочної установки реалізується за наступною схемою. Деталь, що потребує відновлення, жорстко фіксується в затискному патроні 3. Шляхом маніпуляцій з маховиками поздовжнього та поперечного позиціонування (6, 7), вузол подачі електродного дроту 9 встановлюється у вихідне положення таким чином, щоб мундштук був спрямований на початкову ділянку зони наплавлення.

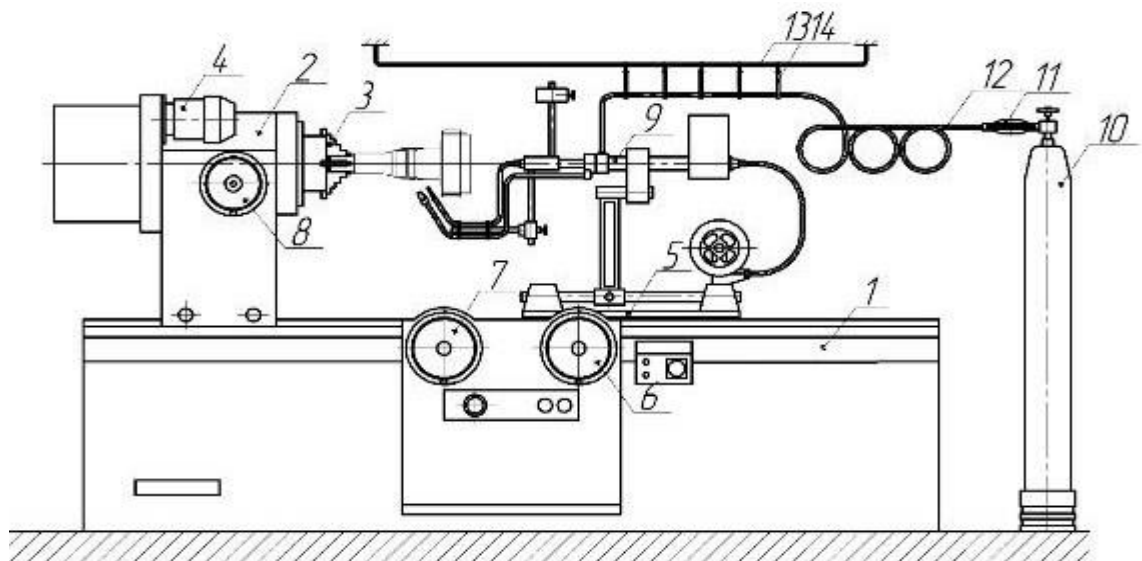


Рис. 3.5. Загальний вигляд установки для реновації циліндричних поверхонь

Після завершення підготовчих операцій активується головний привід 4, який надає патрону 3 обертального руху. Наступним кроком здійснюється відкриття запірного крана 11 на балоні 10, що забезпечує надходження захисного газу через систему трубопроводів 12 безпосередньо в область зварювання. Запуск двигуна механізму подачі ініціює рух електродного дроту;

в момент його контакту з поверхнею деталі виникає зварювальна дуга, і починається формування відновлювального шару.

Функціональні можливості обладнання передбачають роботу у двох режимах експлуатації. Автоматичний режим забезпечує повну синхронізацію робочих рухів. Кінематичний зв'язок між приводом патрона та ходовим гвинтом, на якому встановлено супорт, забезпечує рівномірне переміщення наплавочної головки вздовж деталі за принципом роботи гвинторізного токарного верстата. Це сприяє дотриманню стабільного кроку наплавлення та формуванню однорідного відновлювального шару.

Напівавтоматичний режим застосовується при вимкненому механізмі автоматичної подачі супорта. У такому випадку переміщення робочого органу здійснюється оператором вручну. Використання цього режиму суттєво розширює технологічні можливості установки, оскільки дає змогу виконувати наплавлення не лише деталей типу тіл обертання, а й плоских поверхонь.

3.3. Параметричне обґрунтування та розрахунок вузла подачі електродного дроту

3.3.1. Функціональне призначення, компоновальна схема та технічні параметри механізму

Конструкція розробленого механізму базується на модульному принципі: основний корпус пристрою адаптований для кріплення на різні типи наплавочних установок. Така універсальність дозволяє інтегрувати вузол в склад існуючого обладнання без суттєвих змін у його базовій структурі.

В основу функціонування вузла покладено принцип фрикційної подачі електродного дроту. Процес транспортування реалізується шляхом протягування дроту між двома робочими елементами: ведучим валом та притискним роликом.

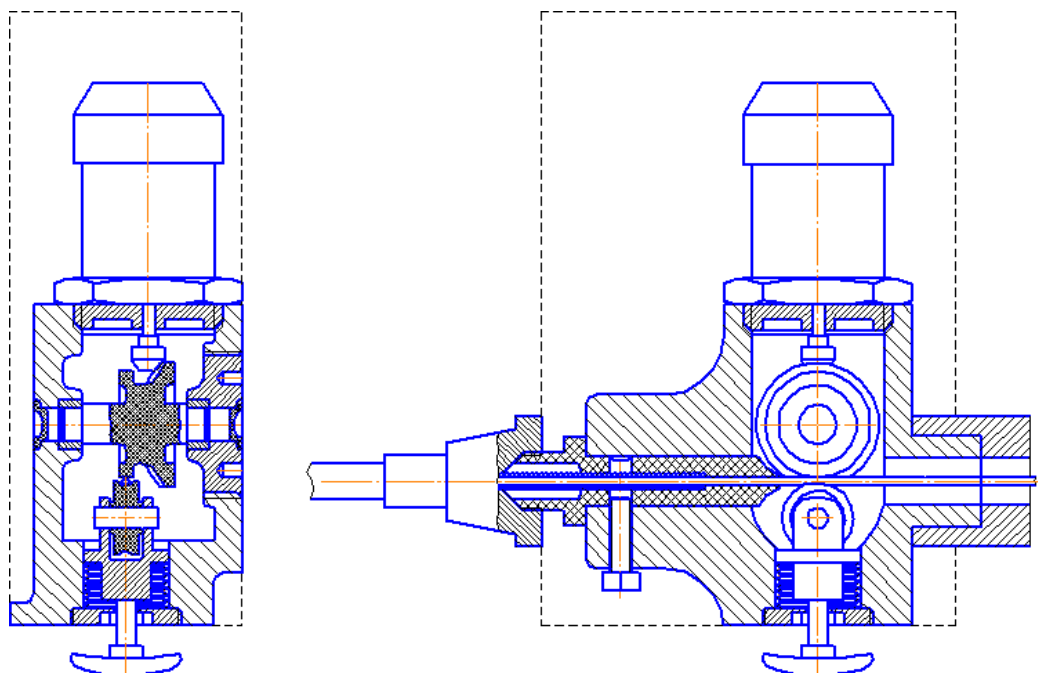


Рис. 3.6. Загальна компоновка механізму подачі дроту

Кінематична схема привода передбачає передачу крутного моменту від електродвигуна на конічну вал-шестерню, що забезпечує необхідне зусилля подачі. Для гарантування стабільного зчеплення та запобігання проковзуванню, дріт надійно фіксується у канавці валика за допомогою регульованого притискного ролика.

Керування швидкісними режимами здійснюється за допомогою електронного блоку регулювання частоти обертів двигуна. Це дозволяє плавно змінювати інтенсивність наплавлення залежно від технологічних завдань.

Технічна характеристика механізму:

- діапазон швидкості подачі дроту: 0 – 150 м/год;
- номінальний діаметр наплавочного дроту: 1,2 мм;
- тип передачі: конічна зубчаста;
- метод регулювання: електронний (дискретно-плавний).

3.3.2. Енергетичний розрахунок та вибір силового привода

Визначення необхідної потужності для стабільного обертання ведучої

вал-шестерні здійснюється на основі аналізу силових факторів, що діють у зоні контакту притискних роликів із наплавочним дротом (рис. 3.7.).

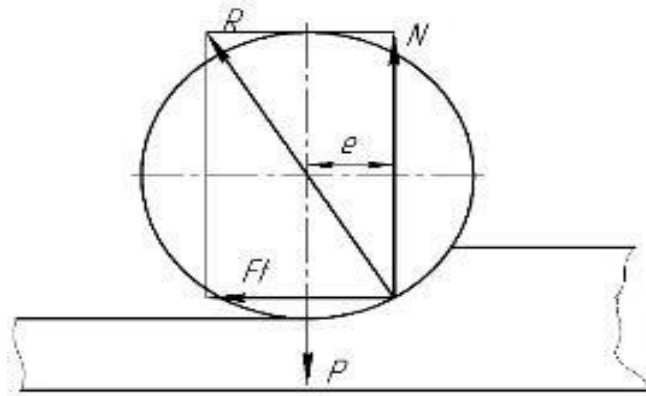


Рис. 3.7 Принципова схема розрахунку тягового зусилля при волочінні дроту

Розрахункова потужність на валу ведучого ролика визначається за залежністю:

$$N_{\text{вв}} = F_t \cdot \omega, B_m \quad (3.1)$$

Де ω – кутова швидкість обертання ролика, яка відображає інтенсивність зміни кутового положення цього обертового елемента за одиницю часу;

F_t – тягове зусилля, або силу натягу, що докладається для ефективного протягування дроту (чи іншого подібного провідника), забезпечуючи його рух або витягування.

Зусилля протягування, що забезпечує стабільну подачу без проковзування, обчислюється за формулою:

$$F_t = \frac{e}{R} \cdot P = \frac{0,05}{4,2} 100 = 1,2, \quad (3.2)$$

Де e – радіус провідника;

P – величина притискної сили, що забезпечує кінематичний зв'язок між рушійним елементом (валом-шестернею) та керованим елементом (провідником) без прослизання. Вказане значення цієї сили становить 100 Н.;

R – радіус ролика.

Отже

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (3.3)$$

Де n – обертова частота вал-шестерн, хв^{-1} .

Для забезпечення заданої технологічної швидкості подачі дроту в зону обробки частота обертання приймається $n=60 \text{ хв}^{-1}$.

Тоді значення кутової швидкості становить:

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 60}{30} = 6,28 \text{ с}^{-1}$$

Відповідно, корисна потужність на робочому органі:

$$N_{\text{вв}} = 1,2 \cdot 6,28 = 7,5 \text{ Вт}.$$

Необхідна потужність електричного двигуна з урахуванням втрат у механічній передачі становить:

$$N_{\text{эл}} = \frac{N_{\text{вв}}}{\eta} = \frac{7,5}{0,6} = 12,5 \text{ Вт}.$$

На основі проведених розрахунків, з урахуванням необхідного запасу потужності та динамічних характеристик пуску, для приводу механізму подачі дроту обрано електродвигун SIEMENS A1075MS. Його ключові показники: номінальна продуктивність складає 0,75 кВт, а швидкість обертання його вала – 930 хв^{-1} . Обраний електродвигун має достатній резерв потужності, що забезпечує стабільне підтримання крутного моменту при можливих змінах навантаження в системі подачі дроту. Це сприяє надійній, безперервній та ефективній роботі механізму в процесі наплавлення.

3.3.3. Визначення кінематичних характеристик редуктора

Для трансформації високої кутової швидкості вала електродвигуна у необхідну швидкість подачі дроту, а також для відповідного збільшення крутного моменту, у конструкції механізму передбачено використання знижувальної передачі. З огляду на компоновальну схему пристрою, оптимальним рішенням є застосування конічної зубчастої передачі.

Передавальне відношення редуктора визначається як відношення

частоти обертання вала двигуна до необхідної частоти обертання ведучого валика:

$$u = n_{\text{дв}}/n_{\text{вв}}$$

Враховуючи обраний тип двигуна з номінальною частотою та розраховану потребу в 60 обертах за хвилину на робочому органі, для забезпечення стабільного режиму наплавлення та компенсації динамічних навантажень, приймаємо передавальне відношення конічної пари редуктора:

$$u = 25$$

Таке значення дозволяє досягти плавності ходу механізму та забезпечує необхідний діапазон регулювання швидкості подачі електрода в зону дугового розряду.

3.3.4. Розрахунок геометричних розмірів ведучого ролика

З метою досягнення визначеної продуктивності наплавлювальних робіт та реалізації граничної швидкості подачі електродного матеріалу, що становить $V_{\text{пр}} = 150$ м/год, виникає необхідність у визначенні оптимального робочого діаметра рушійного елемента привідного механізму. Цей розрахунок ґрунтується на кінематичному співвідношенні між кутовою швидкістю приводного пристрою та лінійною швидкістю поздовжнього переміщення електрода.

Алгоритм розрахунку передбачає наступну послідовність дій.

Визначення кутової швидкості вала силового привода:

$$\omega_{\text{эд}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{эд}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 930}{30} = 97,34 (\text{рад} / \text{с}) \quad (3.4)$$

Здійснення процедури обчислення кутової швидкості обертання провідної осі, беручи до уваги встановлене передатне співвідношення редукційного вузла, яке дорівнює $u = 25$:

$$\omega = \frac{\omega_{эд}}{U_{ред}} = \frac{97,34}{25} = 3,89 (rad / c) \quad (3.5)$$

Визначення розрахункового радіуса ролика. Лінійна швидкість подачі у перерахунку на одиниці СІ становить:

$$V_{np} = r \cdot \omega, \quad (3.6)$$

Виходячи з базового рівняння тангенціальної швидкості визначаємо необхідний радіус:

$$r = V_{np} / \omega = 0,042 / 3,89 = 0,011 (м).$$

Таким чином, розрахунковий радіус ведучого ролика складає 11 мм, що відповідає зовнішньому діаметру 22 мм. Отриманий розмір забезпечує стабільне транспортування дроту в усьому діапазоні регулювання швидкостей без надмірного нагріву та зносу робочих поверхонь.

3.3.5. Оцінка напружено-деформованого стану в зоні контакту притискного пристрою

Для запобігання незворотної деформації електродного дроту в процесі його транспортування необхідно виконати перевірочний розрахунок на зминання в зоні взаємодії з роликами. Виходячи з конструктивних параметрів механізму, приймаємо діаметр притискного ролика $d = 13$ мм, радіус $r = 6,5$ мм.

Визначення місцевих контактних напружень при лінійній взаємодії здійснюється за формулою Герца:

$$\sigma_{см} = 0,418 \sqrt{(P_p \cdot E_{np} / l \cdot r)} \leq [\sigma_{см}], \quad (3.7)$$

Де $[\sigma_{см}]$ – допустиме напруження зминання для матеріалу дроту, прийнято $[\sigma_{см}] = 120$ МПа;

l – протяжність межі контакту.

$$l = \pi \cdot d_{np} / 2 = 3,14 \cdot 0,0012 / 2 = 0,0019 (м) \quad (3.8)$$

Де r – радіус ролика, який становить 0,0065м;

P_p – розрахункове навантаження на ролик;

$E_{пр}$ – еквівалентний модуль пружності для системи, що складається зі сталевого ролика та сталевого дроту, величина якого дорівнює $E_{пр} = 2,1 \cdot 10^{10}$ Па.

Обчислення гранично допустимого осьового зусилля для випадку лінійного контакту буде виконано з використанням виразу (3.7).

$$P_p = ([\sigma_{см}]^2 \cdot l \cdot r) / (E_{пр} \cdot 0,418^2) = (180^2 \cdot 10^{12} \cdot 0,0019 \cdot 0,0065) / (2,1 \cdot 10^{10} \cdot 0,418^2) = 93 \text{ Н.} \quad (3.9)$$

Результати розрахунку показують, що притискний механізм забезпечує надійне зчеплення при навантаженні до 93 Н, що повністю задовольняє раніше визначену умову тягового зусилля з урахуванням незначного запасу та пружних властивостей матеріалу. Це підтверджує працездатність обраної геометричної схеми роликів та збереження цілісності дроту під час подачі.

3.3.6. Перевірочний розрахунок на міцність елементів вал-шестерні

Для підтвердження надійності розробленої конструкції проведемо перевірочний розрахунок вала на міцність. Згідно з попередніми обчисленнями, вал сприймає радіальне навантаження 93 Н. Для створення розрахункового запасу приймаємо робоче зусилля $P = 100$ Н (рис.3.8.).

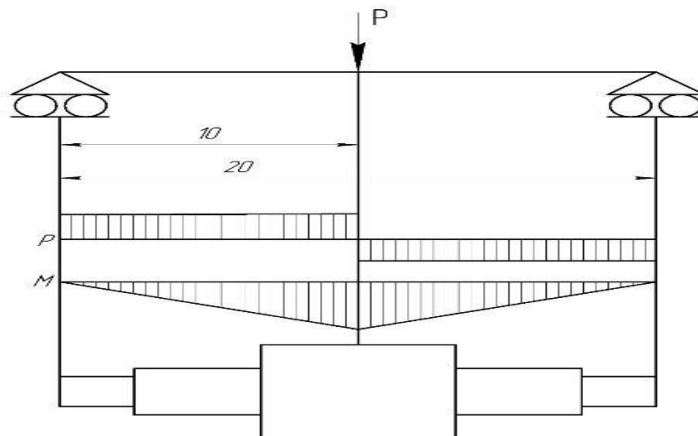


Рис. 3.8. Розрахункова схема, епюри поперечних сил та згинальних моментів

Розподілене навантаження на поверхні вала ініціює виникнення згинального моменту, максимальне значення якого визначається як:

$$M = P \cdot l = 100 \cdot 10 = 1000 \text{ Н} \quad (3.10)$$

Оцінку геометричних параметрів осі проводимо за умовою міцності на зріз. Допустиме напруження зрізу для обраного матеріалу (сталь 20) визначається через межу текучості [13, 14]:

$$[\tau_{\text{ср}}] = 0,4 \cdot \sigma_{\text{Т}} \quad (3.11)$$

Для сталі 20 приймаємо $\sigma_{\text{Т}} = 250 \text{ Н/мм}^2$, тоді:

$$[\tau_{\text{ср}}] = 0,4 \cdot \sigma_{\text{Т}} = 0,4 \cdot 250 = 100 \text{ Н/мм}^2,$$

Умова міцності на зріз має вигляд:

$$\tau_{\text{ср}} = 4P / (\pi d^2) \leq [\tau_{\text{ср}}] \quad (3.12)$$

Виходячи з цієї умови, розрахунковий діаметр осі становить:

$$d_{\text{с}} = \sqrt{\frac{4F}{\pi [\tau_{\text{ср}}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 100}{3,14 \cdot 100}} = 1,2 \text{ мм}, \quad (3.13)$$

Незважаючи на отриманий мінімальний діаметр, з огляду на необхідність забезпечення жорсткості конструкції та технологічні особливості виготовлення, приймаємо ступеневу форму вала: діаметр на кінцевих ділянках становить 5 мм, а в центральній частині — 12 - 13 мм.

Модернізація конструктивних вузлів: в якості базового елемента використано корпус редуктора системи керування вентиляційними жалюзі. У процесі адаптації корпус піддається модернізації: у нижній частині виконується технологічний отвір з внутрішньою різьбою для встановлення механізму притискання ролика. Боковий вихідний вузол залишається незмінним, проте доповнюється спеціально виготовленою гайкою з проточкою під вал привідного елемента. Таке конструктивне рішення суттєво підвищує загальний запас міцності та стабільність роботи механізму подачі дроту.

3.4. Висновки за розділом

За результатами проведеного аналітичного та розрахунково-конструкторського етапу проектування можна зробити наступні висновки. Було виконано всебічний огляд наявних технологій, призначених для відновлення поверхонь валів. Шляхом детального патентного пошуку, який охопив понад п'ятнадцять років, вдалося виявити провідні напрямки розвитку та існуючі вади в сучасному обладнанні. Обґрунтовано вибір базової конструкції пристрою, яка поєднує в собі мобільність та високу якість формування наплавленого шару. Проведено вичерпний комплекс інженерних розрахунків ключових елементів механізму, що забезпечують його стійкість до навантажень та опірність зносу. Аналіз механічної поведінки в ділянці взаємодії засвідчив високу надійність механізму подачі дроту та стабільність його форм і розмірів протягом усього періоду експлуатації.

Доведено економічну та технологічну доцільність розробки, використання серійного привода від стандартної системи автоматизації дозволяє відмовитися від складного процесу виготовлення корпусу. Більшість оригінальних комплектуючих адаптовані для виробництва в умовах типової ремонтно-механічної майстерні, що суттєво знижує собівартість впровадження установки.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Забезпечення безпеки під час виконання механоскладальних та зварювальних робіт

Безпечне виконання технологічних операцій у ремонтній майстерні ґрунтується на чіткому дотриманні встановлених нормативних вимог та організаційних процедур. Допуск працівників до робіт підвищеної небезпеки, зокрема зварювальних і складальних процесів, здійснюється за умови відповідності віковим вимогам, проходження медичного огляду та наявності необхідної професійної підготовки.

Підготовка персоналу включає систему обов'язкових інструктажів, які є невід'ємною частиною організації безпечної праці. Вступний та первинний інструктажі проводяться перед початком роботи і охоплюють загальні вимоги безпеки, правила пожежної профілактики та особливості конкретного робочого місця. Надалі працівники проходять повторні інструктажі з визначеною періодичністю, а за потреби — позапланові у разі змін у технології або виявлення порушень. Усі проведені інструктажі фіксуються у відповідних журналах із підписами відповідальних осіб. Важливим елементом безпеки є забезпечення працівників засобами індивідуального захисту. Для виконання зварювальних робіт використовується спеціальний вогнестійкий одяг, захисне взуття, рукавиці та засоби захисту органів зору, підібрані відповідно до умов роботи та інтенсивності теплового впливу. Експлуатаційна безпека обладнання забезпечується його справним технічним станом і своєчасним обслуговуванням. Усе зварювальне обладнання повинно мати маркування та підтвердження проходження перевірок і технічного контролю.

Окрему увагу приділено правилам поводження з обладнанням та матеріалами підвищеної небезпеки. Забороняється передавати закріплене обладнання іншим працівникам без дозволу. При роботі з газовим обладнанням

та вибухонебезпечними матеріалами використання інструменту, який може створювати іскру, не допускається — застосовуються лише безіскрові (латунні або бронзові) інструменти, що знижує ризик аварійних ситуацій.

Етап підготовки є ключовим для забезпечення безперервності та безпеки технологічного процесу. Газозварник допускається до виконання робіт лише після повної перевірки засобів індивідуального захисту, робочого місця та справності газозварювального обладнання. Перед початком робіт працівник зобов'язаний привести у відповідність свій зовнішній вигляд, одягнувши передбачений нормативами спецодяг, захисне взуття та краги. Використання засобів захисту органів зору зі світлофільтрами є обов'язковим безпосередньо під час виконання зварювальних операцій. Робоча зона повинна бути попередньо очищена від сторонніх предметів, а всі легкозаймисті матеріали та горючі речовини — видалені на безпечну відстань.

Розміщення газового обладнання регламентується низкою вимог. Забороняється встановлювати генератори та газові балони в проходах, на сходових майданчиках, у місцях скупчення людей або в недостатньо освітлених зонах. Відстань від обладнання до місця проведення зварювальних робіт, відкритого вогню чи нагрітих поверхонь повинна становити не менше 10 метрів. У виробничих приміщеннях великого об'єму, обладнаних вентиляцією, допускається тимчасове встановлення одного ацетиленового генератора невеликої продуктивності. При цьому обмежується разове завантаження карбіду та сумарна витрата газу відповідно до встановлених норм. Окремо визначено вимоги безпеки під час роботи з газами та реагентами. Категорично забороняється контакт кисневого обладнання з маслами, жирами або забрудненими матеріалами, оскільки це може призвести до вибухонебезпечних реакцій. Також не допускається завантаження карбіду кальцію у вологі ємності, перевищення робочого тиску або використання несправної апаратури.

Технічне обслуговування газового обладнання, включаючи розбирання та очищення, повинно виконуватися лише у спеціально відведених місцях або на відкритому повітрі, а не у виробничих приміщеннях. Місця встановлення

обладнання мають бути позначені попереджувальними знаками безпеки, такими як «Вогнєнебезпечно», «Не палити» та «Стороннім вхід заборонено». Також забороняється куріння та використання відкритого вогню поблизу ацетиленових генераторів. Під час виконання робіт у приміщеннях із діючими джерелами відкритого вогню, наприклад, котельнями або ковальськими ділянками, газове обладнання повинно бути винесене за межі цих зон, а подача газу здійснюється через подовжені гнучкі шланги.

У разі виникнення аварійних ситуацій передбачено чіткий алгоритм дій. При виявленні витoku газу роботу необхідно негайно зупинити, забезпечити провітрювання приміщення та визначити місце витoku лише за допомогою мильного розчину. Використання відкритого вогню для пошуку витоків категорично забороняється. У випадку займання ацетилену або елементів газової системи гасіння здійснюється за допомогою відповідних засобів пожежогасіння, таких як вуглекислотні вогнегасники або пісок. При загорянні шланга необхідно оперативно припинити подачу газу шляхом перекриття вентиля. Якщо ліквідувати пожежу власними силами неможливо, працівник зобов'язаний негайно викликати пожежну службу. У разі травмування першочергово надається домедична допомога, викликаються екстрені служби та інформується керівництво підприємства.

4.2. Перспективні заходи щодо оптимізації охорони праці та поліпшення виробничого середовища

Для досягнення високого рівня безпеки та створення комфортних умов життєдіяльності персоналу в межах ремонтної майстерні підприємства пропонується реалізація комплексної програми модернізації системи охорони праці. Першочерговим етапом цієї програми має стати проведення поглибленої атестації робочих місць, що дозволить інструментально оцінити фактичні умови праці та ідентифікувати потенційні шкідливі чинники, такі як рівень шуму, концентрація зварювальних аерозолів та якість освітлення. На основі

отриманих даних буде розроблено адресний план технічних заходів, спрямованих на нейтралізацію виявлених ризиків.

Паралельно з технічним аудитом передбачається суттєве оновлення інформаційно-дидактичного фонду підприємства. Це включас повну заміну застарілих наочних засобів сучасними мультимедійними плакатами та стендами, а також доукомплектування методичного кабінету актуальною фаховою літературою. Таке оновлення забезпечить якісно новий рівень проведення інструктажів, оскільки наочність матеріалів сприятиме кращому засвоєнню персоналом правил безпечного поводження зі складним наплавочним та зварювальним обладнанням. Особлива увага приділяється удосконаленню системи забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). Пропонується впровадити диференційований підхід до вибору робочого одягу, враховуючи специфіку кожної професії. Для персоналу, задіяного у зварювальних процесах, необхідно передбачити використання костюмів із підвищеною стійкістю до термічного впливу та іскор. Такий підхід дозволить значно знизити рівень мікротравматизму та запобігти виникненню професійних захворювань шкіри та органів дихання.

Нарешті, для посилення організаційної дисципліни впроваджуються жорсткі регламентні обмеження, серед яких ключовим є офіційна заборона на виконання будь-яких електрозварювальних робіт на відкритих майданчиках під час атмосферних опадів. Це рішення є критично важливим для запобігання випадкам електротравматизму, що можуть бути спровоковані різким зниженням опору ізоляції та підвищенням провідності навколишнього середовища. Реалізація зазначених кроків у комплексі дозволить створити надійний фундамент для сталого та безпечного розвитку виробничого потенціалу майстерні.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

В умовах динамічного розвитку аграрного сектору та посилення ринкової конкуренції, орієнтується на підвищення ефективності власної виробничої бази. Досягнення високих економічних показників можливе завдяки модернізації технологічних процесів та раціональному використанню ресурсів. Техніко-економічна оцінка в даному контексті виступає базовим аналітичним інструментом, що дозволяє обґрунтувати доцільність інвестицій та прийняти зважені управлінські рішення.

Метою даного розділу є проведення комплексного розрахунку економічної ефективності проєкту, визначення очікуваної рентабельності та терміну окупності капітальних вкладень. Для проведення розрахунків використано фактичні показники діяльності господарства та нормативні значення, наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Первинні відомості та ключові показники проєкту

Ідентифікатор	Параметр	Величина
$C_{ум.рем.}$	Вартість одиниці умовного ремонту, грн.	88620,00
$K_{пр}$	Чисельність штатних працівників, осіб	1
$C_{ел}$	Вартість одиниці електроенергії, грн.	6,00
$B_{пр}$	Витрати на закупівлю обладнання, грн.	660000,00
$Q_{ел}$	Річний обсяг споживання електроенергії, кВт/год.	36200
Q	Обсяг робіт з технічного обслуговування та ремонту, умовних ремонтів	9,20
$ЗП_{ср}$	Середня заробітна плата виробничого персоналу, грн.	16000,00

З метою оцінки економічної ефективності запропонованого проєкту доцільно проаналізувати такі ключові показники, як: витрати на виконання ремонтних робіт, операційні витрати, а також період окупності інвестицій [19].

З метою розрахунку сукупних витрат на ремонтні роботи рекомендується застосовувати наступну формулу:

$$B_{\text{пр}} = Q \cdot \Pi_{\text{ум.рем.}}, \quad (5.1)$$

$$B_{\text{пр}} = 9,20 \cdot 88620,00 = 815304,00 \text{ грн.}$$

Де $\Pi_{\text{ум.рем.}}$ - питома вартість виконання однієї умовної ремонтної одиниці, грн.

Сукупні витрати, пов'язані з обслуговуванням виробництва, розраховуються за формулою:

$$EB = ЗП + A + B_{\text{ел}} + B_{\text{рем}} + IB, \quad (5.2)$$

Де $B_{\text{ел}}$ – вартість спожитої електричної енергії, грн.;

$ЗП$ – витрати на оплату праці виробничого персоналу, грн.;

$B_{\text{рем}}$ – видатки на придбання матеріалів для технічного обслуговування та ремонту, грн.;

A – амортизаційні відрахування на основні засоби (обладнання, будівлі та споруди), грн.;

IB – інші операційні витрати, які не класифіковані в попередніх категоріях, грн.

$$ЗП = ЗП_{\text{ср}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot 12, \quad (5.3)$$

$$ЗП = 16000 \cdot 1 \cdot 12 = 192000,00 \text{ грн,}$$

Де 12 - річна кількість операційних місяців.

Витрати на амортизацію матеріальних необоротних активів, таких як будівлі, споруди та виробниче устаткування:

$$A = (B \cdot \lambda) / 100 \quad (5.4)$$

Приймаємо середню норму амортизації $\lambda = 21,93\%$:

$$A = \frac{660000,0 \cdot 21,93}{100} = 144738,00 \text{ грн.};$$

Витрати на спожиту електричну енергію, грн.:

$$B_{\text{ел}} = Q_{\text{ел}} \cdot \Pi_{\text{ел}}, \quad (5.5)$$

$$B_{\text{ел}} = 36200 \cdot 6,00 = 217200,0 \text{ грн};$$

Видатки на придбання матеріалів, призначених для проведення поточного ремонту та регламентних технічних обслуговувань, зазвичай визначаються як 30% від суми нарахованої амортизації.

$$B_{рем} = \frac{A \cdot 30}{100} \quad (5.6)$$

$$B_{рем} = \frac{144738,00 \cdot 30}{100} = 43421,40 \text{ грн.}$$

Відповідно до розрахунків, ця стаття витрат становить 43421,40 грн.

Накладні витрати, що не були враховані у прямих статтях, як правило, встановлюються на рівні 3% від сукупних експлуатаційних витрат:

$$IB = \frac{(3П + A + B_{ел} + B_{рем}) \cdot 3}{100} \quad (5.7)$$

$$IB = \frac{(192000,00 + 144738,0 + 217200,0 + 43421,40) \cdot 3}{100} = 17920,78 \text{ грн.}$$

За результатами обчислень, зазначені витрати складають 17920,78 грн.

Сукупні експлуатаційні витрати, що включають усі вищезазначені компоненти (оплата праці, амортизація, витрати на електроенергію, ремонтні матеріали та накладні витрати), становлять:

$$EB = 192000,00 + 144738,0 + 217200,0 + 43421,40 + 17920,78 = 615280,18 \text{ грн}$$

Повна собівартість ремонтних робіт з урахуванням загальногосподарських нарахувань:

$$ПС = EB \cdot 1,02, \quad (5.8)$$

$$ПС = 615280,18 \cdot 1,02 = 627585,79 \text{ грн.}$$

Річний прибуток підприємства від надання послуг технічного обслуговування та ремонтних робіт обчислюється як різниця між доходами від реалізації цих послуг та їх повною собівартістю:

$$\Pi = B_{пр} - ПС, \quad (5.9)$$

Де $B_{пр}$ – доходи від реалізації ремонтних робіт, грн.

Отже:

$$\Pi = 815304,0 - 627585,79 = 187718,21 \text{ грн.}$$

Показник рентабельності підприємства визначається як відношення чистого прибутку до повної собівартості, виражене у відсотках.

$$P = \frac{П \cdot 100}{ПС} = \frac{187718,21 \cdot 100}{627585,79} = 29,9\% . \quad (5.10)$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень визначається шляхом ділення суми інвестицій на річний прибуток:

$$T_o = \frac{Б}{П} = \frac{660000}{187718,21} = 3,5 \text{ років} \quad (5.11)$$

Результати проведеного техніко-економічного аналізу свідчать про високу ефективність запропонованого проєкту. Показник рентабельності на рівні 29,9% та термін окупності капіталовкладень упродовж 3,5 років підтверджують економічну доцільність модернізації технічного сервісу.

ВИСНОВКИ

Запропоновані заходи, сформовані з урахуванням передового досвіду підприємств агропромислового комплексу та сучасних технологічних рішень, забезпечують отримання позитивних виробничих і економічних результатів.

В межах роботи передбачено вдосконалення виробничої структури ремонтної майстерні шляхом реконструкції наявних приміщень та створення відсутніх технологічних ланок. Основним рішенням стало проектування і оснащення спеціалізованої зварювальної ділянки необхідним обладнанням. Розроблена технологія ремонту та запропоноване технічне оснащення сприятимуть підвищенню працездатності й надійності сільськогосподарської техніки. Встановлено, що частка зварювальних робіт у загальній трудомісткості ремонту становить 10–15 %, або 1957 люд.-год на рік. Раціональна організація цих робіт дає змогу скоротити простої машин та забезпечити своєчасне виконання польових робіт у встановлені агротехнічні строки.

Проектована зварювальна ділянка має раціональні розміри 6×9 м і загальну площу 54 м². Обслуговування ділянки передбачено одним кваліфікованим працівником із можливістю суміщення професій, що підвищує ефективність використання трудових ресурсів. Окрема увага приділена питанням охорони праці. У проєкті розроблено комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на зниження виробничих ризиків та створення безпечних умов праці на новій ділянці. Економічні розрахунки підтвердили ефективність запропонованих рішень. Очікуваний річний прибуток від впровадження заходів становить 187718 грн, а термін окупності капітальних вкладень дорівнює 3,5 роки, що свідчить про доцільність реалізації проєкту в сучасних умовах господарювання.

Отже, результати дипломного проєкту підтверджують технічну, організаційну та економічну обґрунтованість упровадження розроблених заходів у виробничу діяльність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Хлудєєв Б.С. Шляхи оптимізації роботи дилерсько-сервісних центрів техніки John Deere / Б.С. Хлудєєв, Є.В. Калганков // Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу: Матеріали Міжнародної науково - практичної конференції ГО "Інститут інноваційної освіти" Науково - навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – 2019. – С. 180–185.
2. Дорошенко О. В. Обґрунтування методів та параметрів діагностування паливних систем мобільних сільськогосподарських машин / О. В. Дорошенко, Є. В. Калганков. // Zbior artykulow naukowych z Konferencji Miedzynarodowej Naukowo-Praktycznej «Nowy sposob rozwoju Inzynieria i Technologia» Sp. Z o.o. «Diamond trading tour» Warszawa. – 2017. – С. 44–50
3. Черній О. Дослідження безвідказності тракторів John Deere серії 8R в експлуатаційних умовах України. Теоретичні та практичні питання аграрної науки : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. 2022. С. 117–120.
4. Черній О. Деякі проблеми технічної надійності сільськогосподарських тракторів JOHN DEERE. The 7 th International scientific and practical conference “Innovations and prospects of world science”(March 2-4, 2022) Perfect Publishing, Vancouver, Canada. 2022. С. 13–19. Черній О. Дослідження безвідказності тракторів John D серії 8R в експлуатаційних умовах України. Теоретичні та практичні питання аграрної науки : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. 2022. С. 117–120.
5. Армашов Ю.В. Надійність сільськогосподарської техніки: навчальний посібник / Ю.В. Армашов, П.К. Охмат. – Дніпропетровськ.: РВВ ДДАУ, 2008. – 208 с.
6. Ремонт машин та обладнання: підручник для вищих навчальних закладів / [Дирда В.І., Мельянцов П.Т., Калганков, Є.В. та ін.]. – Дніпропетровськ: Журфонд, 2015. – 292 с.
7. Проектування сервісних підприємств ремонту машин та агрегатів АПК:

навчальний посібник / [Дирда В.І., Калганков Є.В., Мельянцов П.Т. та інші] – Д.: «Герда», 2014. – 100 с.

8. Калініч М.О. Дослідження параметрів відновлення деталей типу вал методом наплавлення / М.О. Калініч, Є.В. Калганков// Zbior artykułow naukowych. Konferencji Miedzynarodowej Naukowo-Praktycznej " Inżynieria i technologia. Współczesne tendencje w nauce i edukacji " Paris: Sp. z o.o. "Diamond trading tour". – 2020. – №34. – С. 36–40.

9. Пат. № 144310 Україна, G01N 3/56 (2006.01) Машина тертя / Калганков Є.В.; Грачова В.М.; Косенко А.В. - u202001408; заявл. 20.03.2020; опубл. 25.09.2020, бюл. № 18; 4 с.

10. Пат. 119244 Україна, МПК7 МПК G01N 33/44 (2006.01). Пристрій для випробувань гумових елементів на стирання [Текст] / Дирда Віталій Іларіонович (UA); Калганков Євген Васильович (UA); Черній Олександр Анатолійович (UA); Цаніді Іван Миколайович (UA); Калганков Богдан Васильович (UA). u201602207; заявл. 09.03.2016 ; опубл. 25.09.2017, бюл. № 18- 4с.

11. Економіка ремонтного підприємства: підручник. / [Аветісян В.К., Бантковський В.А., Луценко А.П. та інші] – Харків, ХНТУСГ, 2005 – 374 с.