МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Мішута Віктор Дмитрович

УДК 631.173:631.3-7

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Організація технічного сервісу машино-тракторного парку з розробкою обладнання для відділення технічного обслуговування

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Мішута В.Д.

Керівник роботи
Міненко С.В.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Мішута Віктор Дмитрович. Організація технічного сервісу машино-тракторного парку з розробкою обладнання для відділення технічного обслуговування. *– Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2026.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання організації технічного сервісу машино-тракторного парку аграрного підприємства з розробкою обладнання для відділення технічного обслуговування. Актуальність теми зумовлена необхідністю підвищення надійності сільськогосподарської техніки, скорочення простоїв машин та зменшення витрат на ремонтно-обслуговувальні роботи. У роботі підібрано машинно-тракторний парк для проектного підприємства зони Полісся, яке має 3200 га орної землі. Виконано розрахунок основних параметрів машинно-ремонтної майстерні, визначено трудомісткість робіт, чисельність виробничих працівників, кількість постів і необхідну площу виробничих приміщень. Складено графік завантаження майстерні, що дозволяє раціонально розподілити ремонтно-обслуговувальні роботи протягом року. Запропоновано заходи з удосконалення технічного сервісу, зокрема впровадження елементів роботизації, автоматизованої діагностики та цифрового обліку технічного стану машин. Спроектовано конструкцію свердлильного кондуктора, призначеного для обробки отворів у деталях типу "Вилка". У результаті виконаних розрахунків обґрунтовано доцільність запропонованих проектних рішень та їх позитивний вплив на ефективність роботи машинно-тракторного парку підприємства.

Ключові слова: технічний сервіс, кондуктор, машино-тракторний парк, машинно-ремонтна майстерня, технічне обслуговування, роботизація.

ANNOTATION

Viktor Dmytrovych Mishuta. Organisation of technical servicing for the machinery and tractor fleet, including the development of equipment for the maintenance department. *– Qualification work on the rights of the manuscript*.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2026.

This qualification thesis examines the organisation of technical servicing for the machinery and tractor fleet of an agricultural enterprise, including the design of equipment for the maintenance department. The relevance of the topic stems from the need to improve the reliability of agricultural machinery, reduce machine downtime and lower the costs of repair and maintenance work. The thesis selects a machinery and tractor fleet for a model enterprise in the Polissia region, which has 3,200 hectares of arable land. Calculations have been carried out for the key parameters of the machinery repair workshop; the labour intensity of the work, the number of production staff, the number of workstations and the required floor area of the production premises have been determined. A workshop workload schedule has been drawn up, enabling the rational distribution of repair and maintenance work throughout the year. Measures have been proposed to improve technical service, in particular the introduction of robotisation, automated diagnostics and digital monitoring of the technical condition of machinery. A design has been developed for a drilling jig intended for machining holes in ‘fork’-type components. The calculations carried out have demonstrated the feasibility of the proposed design solutions and their positive impact on the operational efficiency of the enterprise’s machinery and tractor fleet.

Keywords: technical service, drill jig, machinery and tractor fleet, machine repair workshop, maintenance, robotisation.

ЗМІСТ

ВСТУП……..…5
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ……..…….8
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА КОНДУКТОРА ДЛЯ СВЕРДЛІННЯ……...…22
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ……...…33
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……...…41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……...…….…….43

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасне сільськогосподарське виробництво неможливе без ефективного використання машинно-тракторного парку, який забезпечує виконання основних технологічних операцій у рослинництві. Від технічного стану тракторів, комбайнів, ґрунтообробних, посівних, збиральних і транспортних машин залежить своєчасність проведення польових робіт, якість виконання технологічних процесів, продуктивність праці та економічні результати діяльності аграрного підприємства. У зв’язку з цим важливого значення набуває правильна організація технічного сервісу, своєчасне проведення технічного обслуговування, діагностування, поточного ремонту та відновлення працездатності машин.

В умовах експлуатації сільськогосподарська техніка працює з нерівномірним навантаженням протягом року. Найбільша інтенсивність використання машин припадає на періоди підготовки ґрунту, сівби, догляду за посівами та збирання врожаю. Будь-які відмови техніки в ці періоди призводять до простоїв, порушення агротехнічних строків, збільшення витрат на ремонт і зниження ефективності виробництва. Тому для аграрних підприємств особливо важливим є створення належної ремонтно-обслуговувальної бази, яка дає змогу підтримувати машинно-тракторний парк у працездатному стані та оперативно виконувати ремонтні роботи.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю підвищення ефективності організації технічного сервісу машинно-тракторного парку шляхом раціонального планування роботи машинно-ремонтної майстерні, визначення її основних параметрів та розробки технологічного обладнання для виконання ремонтно-обслуговувальних операцій. Для підприємства зони Полісся, яке має 3200 га орної землі, важливо правильно підібрати склад машинно-тракторного парку, визначити обсяг робіт з технічного обслуговування і ремонту, розрахувати трудомісткість, потребу у виробничих працівниках, площах і постах майстерні. Це дозволяє забезпечити

рівномірніше завантаження ремонтної бази, зменшити простої техніки та підвищити ефективність її використання.

Важливим напрямом удосконалення ремонтно-обслуговувального виробництва є застосування спеціального технологічного оснащення. Використання пристроїв, кондукторів, стендів і допоміжного обладнання дає можливість підвищити точність виконання операцій, скоротити тривалість ремонтних робіт, зменшити трудомісткість і забезпечити стабільну якість виготовлення або відновлення деталей. У даній роботі як конструктивну розробку розглянуто кондуктор для свердління, призначений для точного оброблення отвору в деталі типу «Вилка». Запропоноване обладнання може бути використане у ремонтному підрозділі підприємства під час виготовлення, відновлення або доопрацювання деталей машин.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності організації технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства шляхом розрахунку основних параметрів машинно-ремонтної майстерні, розробки технологічного обладнання для ремонтного підрозділу та техніко-економічного обґрунтування запропонованих проектних рішень.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання:** підібрати машинно-тракторний парк для проектного підприємства зони Полісся з площею орної землі 3200 га; визначити річний обсяг ремонтно-обслуговувальних робіт; розрахувати трудомісткість технічного обслуговування і ремонту машин; визначити чисельність виробничих працівників, кількість постів і площу машинно-ремонтної майстерні; скласти графік завантаження майстерні протягом року; розглянути конструкцію кондуктора для свердління, його призначення, будову, принцип роботи та порядок розбирання; обґрунтувати вибір матеріалів, посадок і технічних вимог до деталей пристрою; виконати техніко-економічну оцінку доцільності впровадження запропонованих проектних рішень.

Об’єктом дослідження є процес організації технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства.

Предметом дослідження є параметри машинно-ремонтної майстерні, трудомісткість ремонтно-обслуговувальних робіт, завантаження виробничих підрозділів, конструкція кондуктора для свердління та економічна ефективність проектних рішень.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Міненко С.В., Хоменко С.М., Загородній Д.О., **Мішута В.Д.,** Приднюк О.М. Особливості технічного сервісу сільськогосподарської техніки в країнах європейського союзу. Матеріали VI Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». URL: https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/minenko_26-2.pdf (дата звернення: 11.06.2020).

2. Боровський В.М., Чехов В.І., Мішута В.Д., Хоменко С.М., Яриновський С.Т. діагностика як ключовий елемент технічного сервісу сільськогосподарських машин. Збірник тез XII Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». 29 квітня 2026 року. Житомир. Видавничий центр ЖАТФК. 2026. С. 111-113.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання отриманих результатів під час організації роботи машинно-ремонтної майстерні сільськогосподарського підприємства. Розраховані параметри майстерні можуть бути використані для планування ремонтно-обслуговувальних робіт, визначення потреби в персоналі, обладнанні та виробничих площах. Розроблений кондуктор для свердління може застосовуватися у ремонтному виробництві для підвищення точності обробки деталей і скорочення часу виконання окремих операцій.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновку та списку використаних джерел з 20 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 44 сторінки комп’ютерного тексту, містить 16 рисунків,15 таблиць та 2 додатки.

РОЗДІЛ 1
РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ

1.1. Вихідні дані та характеристика умов експлуатації машинно-тракторного парку

Проектне підприємство розглядається як середнє багатогалузеве господарство зони Полісся з площею орної землі 3200 га. Для цієї природно-кліматичної зони характерні підвищена вологість, періодичне перезволоження ґрунтів, наявність легких піщаних і супіщаних ґрунтів, а також значна сезонність польових робіт. Такі умови впливають на використання машинно-тракторного парку: зростає потреба у своєчасному очищенні машин від ґрунту і рослинних решток, контролі стану ходових частин, гідросистем, електрообладнання та антикорозійному захисті.

Основним завданням першого розділу є формування проектного складу машинно-тракторного парку, визначення річної трудомісткості робіт з технічного обслуговування і поточного ремонту, розрахунок чисельності виробничих робітників та площі машинно-ремонтної майстерні. Розрахунки виконано для організації власного відділення технічного обслуговування, яке забезпечує підтримання справності тракторів, комбайнів, автомобілів і сільськогосподарських машин без надмірного залучення сторонніх сервісних організацій.

Прийнята структура посівних площ відповідає спеціалізації господарств Полісся, де поєднуються зернові, зернобобові, технічні культури, картопля та кормові культури. Така структура дає змогу рівномірніше використовувати техніку протягом року, але водночас вимагає наявності різних груп машин: від енергонасичених тракторів і зернозбиральних комбайнів до картоплезбиральної, кормозаготівельної та навантажувальної техніки.

Таблиця 1.1 – Прийнята структура посівних площ проектного підприємства

№	Культура	Площа, га	Частка, %
1	Озима пшениця	700	21.9
2	Жито та тритикале	300	9.4
3	Ячмінь і овес	350	10.9
4	Кукурудза на зерно	550	17.2
5	Соя	500	15.6
6	Озимий ріпак	250	7.8
7	Картопля	250	7.8
8	Багаторічні трави і кормові	300	9.4



Рис.1.1. Діаграма структури посівних площ проектного підприємства.

З урахуванням структури посівів основними періодами пікового навантаження машин є весняна посівна кампанія, заготівля кормів, збирання зернових і сої, а також осінній обробіток ґрунту. Тому майстерня повинна мати не лише ремонтні пости, а й ділянки швидкої діагностики, мийки, дефектування, виготовлення простих деталей і оперативного відновлення вузлів, що найчастіше виходять з ладу у польовий сезон.

1.2. Підбір машинно-тракторного парку для господарства площею 3200 га

Під час комплектування машинно-тракторного парку прийнято принцип достатності: кількість машин повинна забезпечувати виконання технологічних операцій у стислі агротехнічні строки, але не створювати надлишкового простою дорогих енергетичних засобів. Для основного обробітку ґрунту передбачено трактори високої потужності, для сівби та міжрядного обробітку – універсально-просапні трактори, для транспортних операцій – вантажні автомобілі і причепи.

Розрахунковий парк наведено в таблиці 1.2. Він охоплює 96 одиниць техніки та обладнання, що підлягають плановому технічному обслуговуванню і поточному ремонту в умовах майстерні. Для самохідних машин і тракторів прийнято вищу трудомісткість, оскільки вони мають складні гідравлічні, електронні, трансмісійні та паливні системи. Для ґрунтообробних і причіпних машин трудомісткість менша, але їхня кількість значна, що теж впливає на загальну виробничу програму майстерні.

Таблиця 1.2 – Проектний склад машинно-тракторного парку

№	Група машин	Кількість, шт.	Питома трудомісткість, люд.-год/шт.	Базова трудомісткість, люд.-год
1	Трактори 250–300 к.с.	4	160	640
2	Трактори 150–180 к.с.	5	135	675
3	Трактори 90–120 к.с.	6	115	690
4	Трактори 60–80 к.с.	3	90	270
5	Зернозбиральні комбайни	5	260	1300
6	Кормозбиральний комбайн	1	220	220
7	Самохідні обприскувачі	2	140	280
8	Вантажні автомобілі	7	115	805
9	Причепи та напівпричепи	10	32	320
10	Плуги і глибокорозпушувачі	6	55	330
11	Дискові борони та лущильники	7	48	336
12	Культиватори і комбіновані агрегати	7	52	364
13	Сівалки зернові	5	70	350
14	Сівалки точного висіву	2	80	160
15	Розкидачі мінеральних добрив	3	52	156
16	Картопляна техніка	5	90	450
17	Кормозаготівельна техніка	6	65	390
18	Навантажувачі	3	105	315
19	Інше обладнання	9	25	225

Загальна кількість енергетичних засобів становить 18 тракторів, 6 комбайнів, 2 самохідні обприскувачі, 7 вантажних автомобілів і 3 навантажувачі. Такий склад забезпечує можливість одночасного виконання кількох технологічних процесів: підготовки ґрунту, внесення добрив, сівби, транспортного забезпечення та післязбиральних робіт. Для господарства з 3200 га орної землі це дозволяє організувати роботу без критичного перевантаження однієї групи машин.

У проектній майстерні техніка поділяється на три потоки: самохідні енергетичні засоби, причіпні й навісні агрегати та сезонне обладнання. Для кожного потоку передбачаються мийка, дефектування, ремонт і контроль якості.

1.3. Розрахунок річної трудомісткості робіт з технічного обслуговування і ремонту

Річну трудомісткість ремонтно-обслуговувальних робіт визначаємо за групами машин. За основу прийнято питому трудомісткість на одну одиницю техніки, а також поправкові коефіцієнти, що враховують умови експлуатації у зоні Полісся та непланові роботи, пов’язані з відмовами у напружені періоди сезону.

$$T_{\beta} = \Sigma(n_i \cdot t_i), \tag{1.1}$$

де T_{β} – базова річна трудомісткість, люд.-год; n_i – кількість машин і-го виду, шт.; t_i – питома трудомісткість технічного обслуговування і поточного ремонту однієї машини, люд.-год/шт.

$$T_{\beta} = 8276 \text{ люд.-год.}$$

Для умов Полісся приймаємо коефіцієнт Кп = 1,12. Він враховує роботу машин у вологому середовищі, забруднення робочих органів, більший обсяг мийно-очисних робіт, потребу в антикорозійному захисті та частіший контроль ходових систем.

$$T_1 = T_{\beta} \cdot K_{п} = 8276 \cdot 1.12 = 9269 \text{ люд.-год.} \tag{1.2}$$

Додатково закладаємо резерв на позапланові відмови і дрібні відновлювальні операції $K_д$ = 1,08. Тоді розрахункова трудомісткість річної програми майстерні становитиме:

$$T_р = T_1 \cdot K_д = 9269 \cdot 1.08 = 10011 \text{ люд.-год.} \quad (1.3)$$

Отримане значення 10011 люд.-год приймаємо як річну виробничу програму машинно-ремонтної майстерні. До неї входять технічні обслуговування, сезонні огляди, поточний ремонт, дефектування, заміна мастил і фільтрів, відновлення деталей, мийка, консервація та роботи з підготовки техніки до зберігання.

Таблиця 1.3 – Розрахунок річної трудомісткості за укрупненими групами машин

№	Група машин	Кількість, шт.	Базова трудомісткість, люд.-год	Розрахункова трудомісткість, люд.-год
1	Трактори	18	2275	2752
2	Комбайни і самохідні машини	8	1800	2177
3	Транспорт і навантаження	20	1440	1742
4	Грунтообробні машини	20	1030	1246
5	Посівні машини та удобрення	10	666	806
6	Спеціальні машини	11	840	1016
7	Інше обладнання	9	225	272

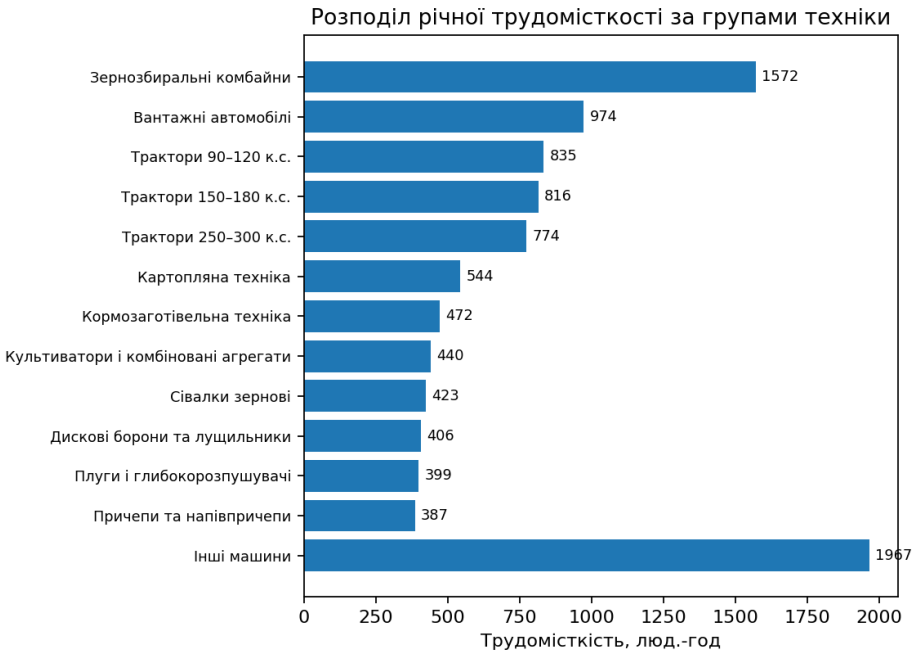


Рис. 1.2. Розподіл річної трудомісткості технічного сервісу за групами машин.

Найбільшу частку трудомісткості формують зернозбиральні комбайни, трактори середнього та високого тягового класу, вантажні автомобілі та самохідні обприскувачі. Це пояснюється складністю їхніх систем, високою вартістю простою та необхідністю проводити ретельну передсезонну підготовку. Для причіпних машин основні роботи пов’язані з ремонтом рам, заміною підшипників, відновленням робочих органів, контролем гідроциліндрів, шлангів і з’єднань.

Таблиця 1.4 – Структура річної трудомісткості за видами робіт

№	Вид робіт	Частка, %	Трудомісткість, люд.-год
1	Регламентне та щозмінне ТО	18	1802
2	ТО-1, ТО-2 і контрольні операції	22	2202
3	Сезонне обслуговування і консервація	12	1201
4	Поточний ремонт вузлів і агрегатів	32	3204
5	Діагностика, дефектування, налаштування	8	801
6	Відновлення та виготовлення деталей	5	501
7	Мийка, очищення, фарбування дрібних деталей	3	300

Переважання поточного ремонту у структурі робіт є типовим для господарської майстерні, оскільки саме вона виконує оперативне усунення відмов під час сезону. Водночас збільшення частки діагностики, планового ТО і сезонного обслуговування дозволяє зменшити аварійні ремонти, скоротити простої техніки та підвищити готовність парку до пікових агротехнічних строків.

1.4. Розрахунок виробничих робітників, постів і площі майстерні

Кількість виробничих робітників визначаємо за річною трудомісткістю та дійсним фондом часу одного працівника. Для розрахунку приймаємо однозмінний режим роботи, тривалість зміни 8 год, коефіцієнт використання робочого часу 0,92. Із календарного фонду виключаємо вихідні дні, святкові дні та щорічну відпустку.

$$F_д = (D_к − D_в − D_с − D_{відп}) \cdot tзм \cdot η, \quad (1.4)$$

$$F_д = (365 − 104 − 11 − 24) \cdot 8 \cdot 0{,}92 = 1663 \text{ люд.-год.}$$

Розрахункова чисельність виробничих робітників:

$$N_р = T_р / F_д = 10011 / 1663 = 6.02 \text{ осіб.} \quad (1.5)$$

За результатами розрахунку приймаємо 6 виробничих робітників: слюсарів-ремонтників, електрика-діагноста, зварника, токаря-слюсаря та оператора дільниці адитивного виробництва, який може поєднувати роботу з функціями інструментальника. Додатково передбачається майстер або завідувач майстерні, який організовує планування робіт, ведення журналів ТО, замовлення запасних частин і контроль якості.

Кількість ремонтних постів визначаємо за часткою робіт, які виконуються безпосередньо на постах. Для тракторів, комбайнів, автомобілів і самохідних машин приймаємо, що 62 % загальної трудомісткості припадає на постові роботи. Коефіцієнт використання поста приймаємо 0,85.

$$N_п = 0,62 \cdot T_р / (1840 \cdot 0,85) = 0,62 \cdot 10011 / 1564 = 3.97.$$

Приймаємо 4 основні пости: пост приймання і комп’ютерної діагностики, два універсальні пости ТО та поточного ремонту, пост ремонту комбайнів і самохідних машин. Окремо передбачено мийно-очисний пост, який працює як підготовча дільниця перед дефектуванням і ремонтом.

Таблиця 1.5 – Розрахунок площі машинно-ремонтної майстерні

№	Дільниця або приміщення	Площа, м²
1	Пост приймання, діагностики і дефектування	36
2	Мийно-очисний пост	42
3	Дільниця ТО і ремонту тракторів	96
4	Дільниця ТО комбайнів та самохідних машин	72
5	Агрегатно-демонтажна дільниця	54
6	Слюсарно-механічна дільниця	48
7	Зварювальна дільниця	36
8	Електротехнічна та акумуляторна дільниця	24
9	Шиномонтаж, гідравліка і рукавна дільниця	30
10	Склад запасних частин і мастильних матеріалів	54
11	Дільниця адитивного виробництва	20
12	Інструментальна та комора оснастки	18
13	Побутові та санітарні приміщення	28
	Разом виробнича та допоміжна площа	558
	Проектна площа з проходами і технологічним резервом 15 %	642

Отже, для розміщення дільниць, проходів, місць очікування техніки і технологічного резерву приймаємо проектну площу майстерні близько 642 м². Планувальне рішення доцільно виконувати за потоковим принципом: мийка – приймання – діагностика – ремонтний пост – контроль якості – видача в експлуатацію. Це скорочує непродуктивні переміщення, зменшує перетин чистих і забруднених потоків та полегшує контроль виконаних операцій.

Важливо, щоб у майстерні було передбачено місце для безпечного обслуговування великогабаритних машин. Для комбайнів необхідні збільшені ворота, підсилена підлога, достатня висота приміщення та зона для демонтажу жаток або великих вузлів. Для тракторів і автомобілів потрібні канави або підйомники, а для сучасної техніки – стабільне електроживлення, інтернет-доступ для діагностичних програм і захищене місце для електронного обладнання.

Таблиця 1.6 – Основне обладнання майстерні

№	Обладнання	Склад і призначення	Кількість
1	Діагностичний комплект	сканер CAN/OBD, ноутбук, манометри, тестери гідросистем	1 комплект
2	Мийно-очисне обладнання	апарат високого тиску, підігрів води, уловлювач нафтопродуктів	1 пост
3	Підйомно-транспортні засоби	кран-балка 3,2 т, домкрати, гідравлічні візки	1 комплект
4	Слюсарно-механічне обладнання	верстак, свердлильний, токарний, заточувальний верстати	1 комплект
5	Зварювальне обладнання	напівавтомат, інвертор, витяжка, захисні екрани	1 комплект
6	Дільниця 3D друку	FDM-принтер, сушильна камера, сканер або штангенінструмент	1 комплект

1.5. Графік завантаження машинно-ремонтної майстерні

Графік завантаження майстерні складаємо з урахуванням сезонності сільськогосподарського виробництва. Узимку основний обсяг робіт припадає на поточний ремонт тракторів, комбайнів, ґрунтообробних агрегатів і підготовку техніки до весняно-польових робіт. Навесні майстерня переходить у

режим оперативного технічного сервісу, коли частина робіт виконується мобільною бригадою безпосередньо в полі. Улітку зростає потреба у швидкому ремонті комбайнів, транспортних засобів і навантажувачів. Восени майстерня забезпечує післязбиральний ремонт, очищення та постановку машин на зберігання.

Таблиця 1.7 – Помісячний розподіл трудомісткості робіт майстерні

№	Місяць	Трудомісткість, люд.-год	Середній орієнтир, люд.-год	Частка, %
1	Січень	1120	834	11.2
2	Лютий	1080	834	10.8
3	Березень	950	834	9.5
4	Квітень	620	834	6.2
5	Травень	560	834	5.6
6	Червень	650	834	6.5
7	Липень	940	834	9.4
8	Серпень	760	834	7.6
9	Вересень	680	834	6.8
10	Жовтень	880	834	8.8
11	Листопад	1050	834	10.5
12	Грудень	721	834	7.2

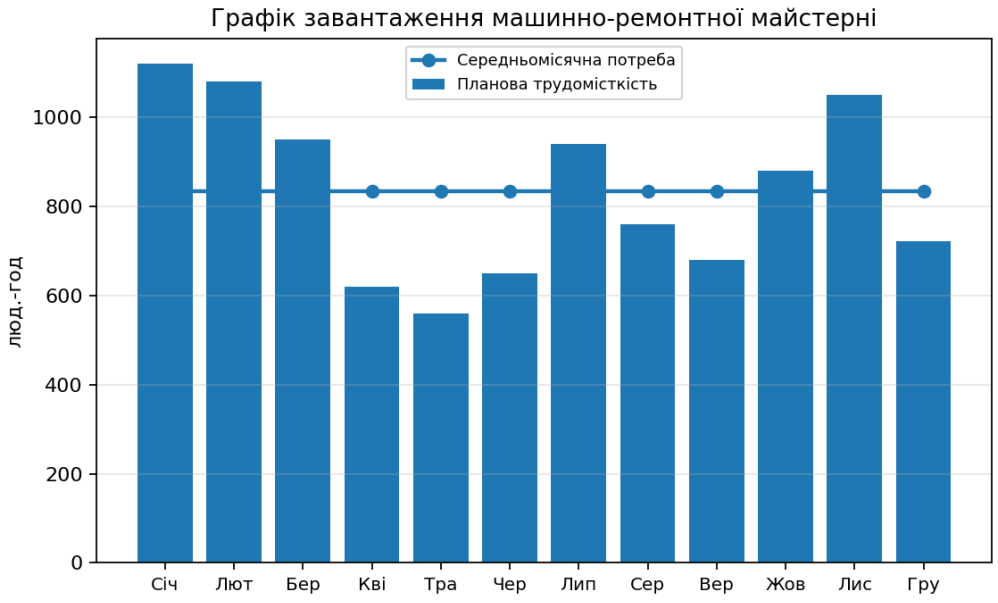


Рис. 1.3. Графік завантаження машинно-ремонтної майстерні протягом року.

Із графіка видно, що найбільше навантаження припадає на січень, лютий, березень, липень і листопад. У ці місяці доцільно застосовувати подовжений робочий день для окремих бригад, залучати механізаторів до простих операцій під контролем майстра, а також переносити частину підготовчих робіт на грудень. У періоди нижчого навантаження слід виконувати профілактичні роботи, модернізацію оснастки, виготовлення деталей, перевірку інструменту, навчання персоналу та оновлення електронної бази технічного стану машин.

Для управління завантаженням майстерні доцільно використовувати електронний журнал технічного сервісу. У ньому фіксують напрацювання кожної машини, дату останнього ТО, перелік виявлених дефектів, наявність запасних частин, відповідального виконавця та фактичні витрати часу. Така система дозволяє переходити від ремонту за фактом відмови до планово-попереджувального обслуговування за технічним станом.

1.6. Заходи з роботизації процесів під час технічного обслуговування та ремонту техніки

Роботизація технічного сервісу в умовах аграрної майстерні не означає повну заміну персоналу. Її головна мета – зняти з робітників важкі, небезпечні, повторювані та малопродуктивні операції, підвищити якість діагностики і скоротити час простою техніки. Для проектної майстерні доцільно впроваджувати роботизовані та автоматизовані рішення поетапно, починаючи з операцій, які дають найшвидший ефект.

Першим напрямом є автоматизація мийно-очисних робіт. Стаціонарний пост із регульованими форсунками, поворотними рамами та уловлювачем нафтопродуктів зменшує ручну працю, підвищує якість дефектування і дає змогу швидше виявляти пошкодження рам, підшипникових вузлів, гідрошлангів та електропроводки.

Другим напрямом є комп’ютеризована діагностика. Для тракторів, комбайнів і самохідних обприскувачів використовують сканер електронних

блоків, датчики тиску та тестери гідросистеми. Результати заносять до електронної карти машини і порівнюють з попередніми вимірами.



Рис. 1.4. Схема організації роботизованого технічного сервісу в майстерні.

Таблиця 1.8 – Заходи з роботизації та автоматизації технічного сервісу

№	Заходи	Очікуваний ефект	Сфера застосування
1	Автоматизований мийний пост	зменшення ручної праці, покращення дефектування	очищення тракторів, комбайнів, ґрунтообробних машин
2	Комп’ютерна діагностика	швидке виявлення відмов електроніки, гідравліки і двигуна	трактори, обприскувачі, комбайни
3	Кобот або маніпулятор	допомога під час переміщення важких вузлів	акумулятори, колеса, стартери, гідронасоси
4	Автоматична мастильна станція	точне дозування мастил, зменшення втрат	ТО тракторів і комбайнів
5	Система CMMS	планування ТО, облік трудомісткості і запасних частин	усі групи техніки
6	3D сканування і друк	швидке виготовлення шаблонів, кожухів, втулок, оснастки	ремонтні та підготовчі роботи

Третім напрямом є використання коботів або простих маніпуляторів для демонтажу важких вузлів: коліс, гідроциліндрів, акумуляторів, стартерів, генераторів і редукторів. Такі засоби підвищують безпеку праці та зменшують потребу у ручному переміщенні вантажів.

Четвертим напрямом є цифрове планування сервісу. Електронна картка машини зберігає напрацювання, перелік виконаних ТО, результати діагностики та замінені деталі. На основі цих даних система формує нагадування і допомагає вирівнювати завантаження майстерні.

1.7. Виготовлення запасних частин за допомогою 3D друку

Виготовлення запасних частин за допомогою 3D друку є перспективним напрямом для ремонтної майстерні, оскільки дозволяє швидко отримувати нескладні деталі, пристосування, шаблони та елементи оснастки без тривалого очікування постачання. У господарській майстерні 3D друк доцільно використовувати насамперед для полімерних деталей, які не сприймають критичних навантажень і не впливають безпосередньо на безпеку руху або роботу високонавантажених механізмів.

До таких деталей належать кришки, заглушки, корпуси датчиків, кронштейни для кабелів, ручки, захисні кожухи, ущільнювальні шаблони, дистанційні втулки, напрямні для шлангів, фіксатори, калібри для налаштування робочих органів, шаблони для свердління та маркувальні таблички. Окрему групу становить ремонтна оснастка: пристрої для центрування, шаблони контролю зносу, тримачі інструменту та лотки для сортування дрібних деталей.

Таблиця 1.9 – Можливості застосування 3D друку в ремонтній майстерні

№	Технологія	Матеріали	Типові деталі	Переваги
1	FDM/FFF	PETG, ABS, ASA, PA, TPU	кожухи, заглушки, ручки, фіксатори, шаблони	низька собівартість, швидке виготовлення
2	SLA/DLP	фотополімери	точні шаблони, моделі для лиття, дрібні корпуси	висока точність і якість поверхні
3	SLS/MJF	поліамідні порошки	міцні втулки, кронштейни, складні геометричні деталі	добра міцність без підтримок
4	Металевий 3D друк	сталі, алюмінієві та титанові сплави	дослідні або дефіцитні деталі після перевірки міцності	доцільний переважно через спеціалізований сервіс

Дільниця 3D друку включає робоче місце оператора, FDM-принтер, сушильну камеру для філаменту, штангенінструмент, комп’ютер із програмами моделювання та слайсингу. Для точнішого відтворення складних деталей доцільно застосовувати 3D сканування або фотограмметрію.

Маршрут виготовлення деталі включає вимірювання або сканування, побудову 3D моделі, вибір матеріалу, друк, постобробку, контроль розмірів і пробне встановлення. Усі моделі зберігають в електронному каталозі майстерні з параметрами друку та прив’язкою до конкретної машини.

Для відповідальних деталей 3D друк слід застосовувати обережно. Не допускається встановлення самостійно надрукованих деталей у вузли, де відмова може спричинити аварію, травмування людей або пошкодження дорогої техніки. Для навантажених металевих деталей доцільно використовувати 3D друк лише як спосіб виготовлення прототипу, моделі для лиття або заготовки, яка потім проходить механічну обробку, термообробку та контроль якості.

Економічний ефект від впровадження 3D друку полягає не тільки в зменшенні вартості окремої деталі. Головна перевага – скорочення простою техніки в польовий сезон. Якщо невелика пластикова деталь або кронштейн очікується від постачальника кілька днів, майстерня може виготовити її за кілька годин і повернути машину до роботи. Крім того, 3D друк дозволяє швидко виготовляти оснастку для ремонту, що підвищує точність і повторюваність операцій.

Висновки по розділу

У першому розділі сформовано вихідні дані для проектування машинно-ремонтної майстерні господарства зони Полісся з площею орної землі 3200 га. Запропоновано структуру посівних площ, яка включає зернові, зернобобові, технічні культури, картоплю та кормові культури, що обумовлює використання різних груп тракторів, самохідних машин, автомобілів і причіпного обладнання.

Для проектного підприємства підібрано машинно-тракторний парк у складі 96 одиниць техніки та обладнання. Розрахункова річна трудомісткість робіт з технічного обслуговування, поточного ремонту, діагностики, сезонної підготовки та відновлення деталей становить 10011 люд.-год. На основі цієї

трудомісткості визначено потребу у 6 виробничих робітниках і 4 основних ремонтно-обслуговувальних постах.

Розрахована проектна площа машинно-ремонтної майстерні становить близько 642 м² з урахуванням виробничих дільниць, складів, побутових приміщень, проходів і технологічного резерву. Складено помісячний графік завантаження майстерні, який показав найбільшу напруженість робіт у зимово-весняний період, під час збирання врожаю та після завершення основних польових робіт.

Запропоновано заходи з роботизації та автоматизації технічного сервісу: автоматизований мийний пост, комп’ютерну діагностику, коботи для переміщення важких вузлів, електронну систему планування ТО, автоматизовану мастильну станцію та дільницю 3D друку. Окремо обґрунтовано застосування 3D друку для виготовлення запасних частин, ремонтної оснастки, шаблонів і полімерних деталей, що дозволяє зменшити простої техніки та підвищити оперативність роботи майстерні.

РОЗДІЛ 2
РОЗРОБКА КОНДУКТОРА ДЛЯ СВЕРДЛІННЯ

2.1 Призначення та схема роботи кондуктора

Розроблений кондуктор використовується для виконання отвору Ø20 у деталі типу «Вилка». Конструкція пристрою є складальною та включає одну складальну одиницю, 11 оригінальних деталей і 22 стандартні вироби, що показано на рисунку 2.1.

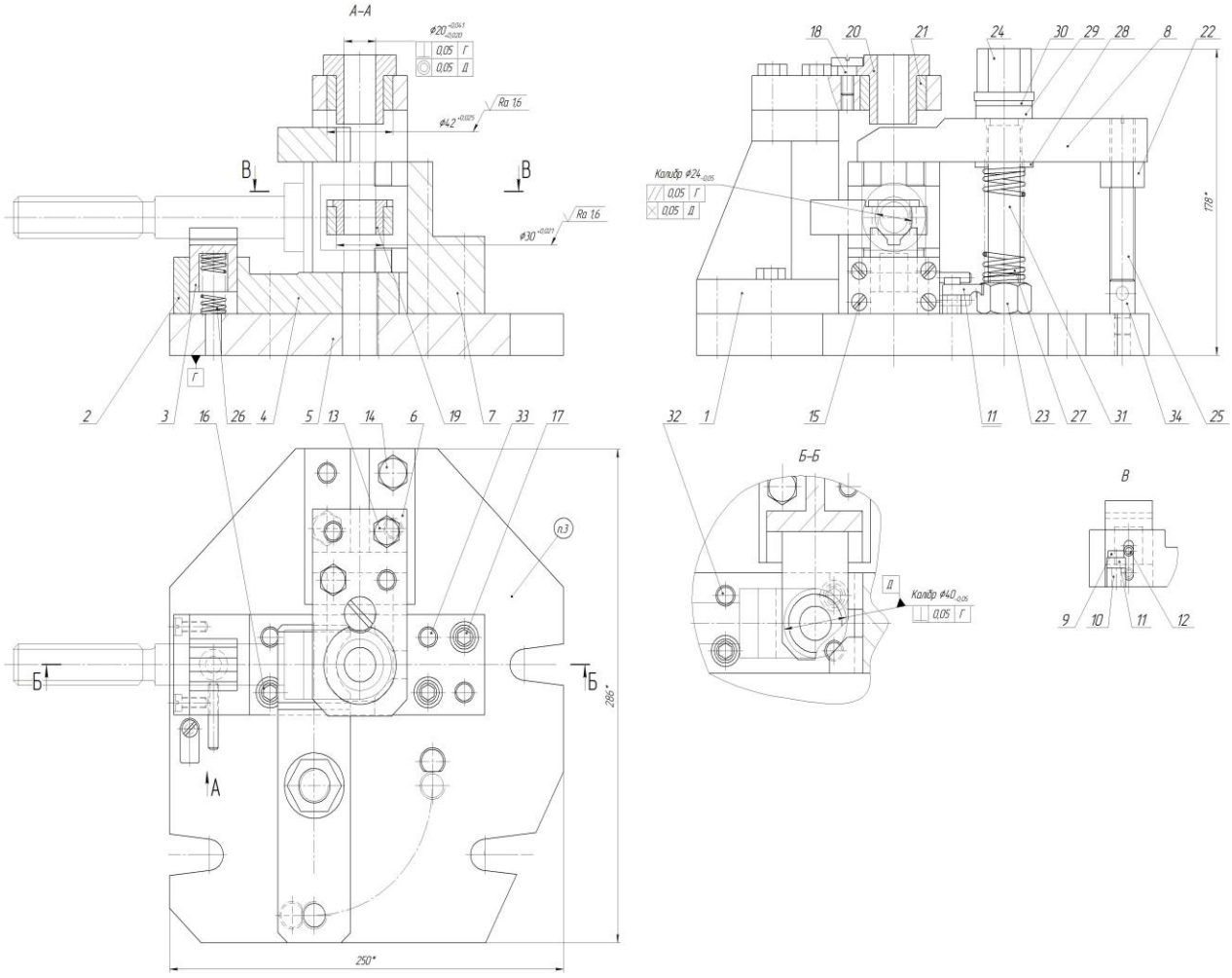


Рис. 2.1. Загальний вигляд кондуктора для свердління.

Основою пристрою є плита, на якій за допомогою п’яти болтів поз. 6 та двох установчих штифтів поз. 33 закріплено стійку поз. 1. На стійці змонтовано кондукторну плиту поз. 6. У ній гвинтом поз. 16 зафіксовано кондукторну втулку поз. 10, яка забезпечує точне спрямування свердла. Для підвищення

стійкості інструмента під час обробки та запобігання його відведенню передбачено додаткову направляючу втулку.

Заготовка встановлюється в пристрої з базуванням за діаметром Ø24, нижньою площиною та радіусом R10. Деталь розміщують на опорі, плаваючій призмі поз. 3 і доводять до упору в призму поз. 7, після чого вона притискається прихватом поз. 8. Під час повертання гайки поз. 23 прихват опускається та надійно фіксує заготовку. Після завершення свердління гайку повертають у протилежний бік, прихват піднімається, відводиться до штиря поз. 34, і деталь можна зняти. Для утримання плаваючої призми поз. 3 у нижньому положенні використано затвор поз. 11, що обертається на осі поз. 9. Кріплення кондуктора до столу верстата здійснюється через три пази, виконані у плиті.

2.2 Порядок розбирання кондуктора

Конструкція кондуктора передбачає можливість поелементного розбирання у разі ремонту, заміни зношених деталей або списання пристрою. Розбирання доцільно починати зі стійки поз. 1. Для цього з кондукторної плити поз. 6 знімають два болти поз. 14 і два штифти поз. 32. Перед цим викручують гвинт поз. 16, яким закріплено кондукторну втулку поз. 19 та перехідну втулку поз. 20.

Безпосередньо стійку демонтують після вивертання двох гвинтів поз. 16 і видалення двох штифтів поз. 32.

Прихват, виконаний у вигляді складального вузла, розбирають послідовно: спочатку знімають гвинт поз. 15, далі шайби поз. 29 і 30, сам прихват поз. 8, шайбу поз. 28, пружину поз. 32, гайку поз. 28 та шпильку поз. 38. Окремо від’єднують прихват від гайки поз. 23 і опори поз. 25.

Плаваюча призма поз. 3 разом із пружиною поз. 36 знімається без застосування спеціального інструменту.

Опору поз. 4 та упорну призму поз. 7 демонтують після відкручування гвинтів поз. 17, 18 і видалення штифтів поз. 33. Кришку поз. 2 знімають окремою операцією.

Дрібні елементи пристрою, зокрема упорні штирі поз. 41, вісь поз. 9, втулку поз. 10 та затвор поз. 11, від'єднують окремо після звільнення відповідних місць кріплення.

Для спрощення демонтажу допускається розпочинати розбирання з основи кондуктора. У такому разі спочатку знімають болти, гвинти та штифти, звільняють плиту від установлених деталей, а вже потім розбирають окремі складальні вузли на деталі.

2.3 Технічні вимоги до деталей кондуктора

Як приклад розглянемо деталь «Опора» поз. 4, конструкцію якої наведено на рисунку 2.2.

Поверхня 1 є установчою, оскільки через неї опора контактує з плитою поз. 5. З цієї причини для неї задано шорсткість Ra = 1,6 мкм.

Поверхня 2 виконує функцію бази для оброблюваної деталі, тому її також необхідно обробити до шорсткості Ra = 1,6 мкм. У пазу розмірами 30×30 переміщується призма поз. 3, тому поверхні 3, 4 і 5 повинні мати таку саму шорсткість Ra = 1,6 мкм.

Два отвори Ø30 призначені для встановлення штифтів, тому до їх поверхонь висувається вимога шорсткості Ra = 1,6 мкм. Отвір Ø22 використовується як вихідний отвір для інструмента; високої точності для нього не потрібно, тому допускається шорсткість Ra = 4,6 мкм.

Отвори Ø11 та Ø18 застосовуються для розміщення гвинтів, у зв'язку з чим їх поверхні виконують із шорсткістю Ra = 1,6 мкм.

Окрему групу в конструкції кондуктора становлять стандартні вироби, технічні вимоги до яких також необхідно враховувати.

Кондукторну втулку поз. 19 виготовляють із шорсткістю зовнішньої та внутрішньої посадкових поверхонь Ra = 0,8. Така точність потрібна тому, що

внутрішній діаметр втулки спрямовує різальний інструмент, а зовнішня поверхня забезпечує її правильне встановлення у проміжній втулці.

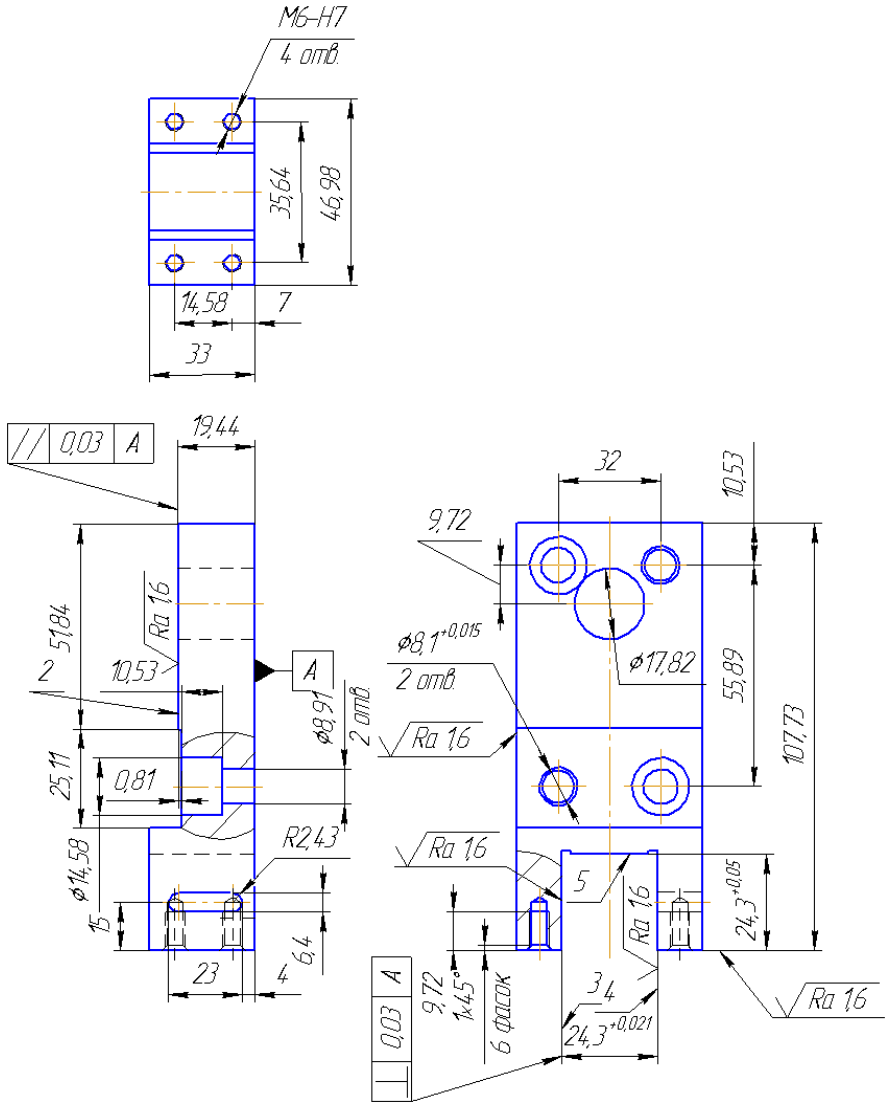


Рис. 2.2. Опора.

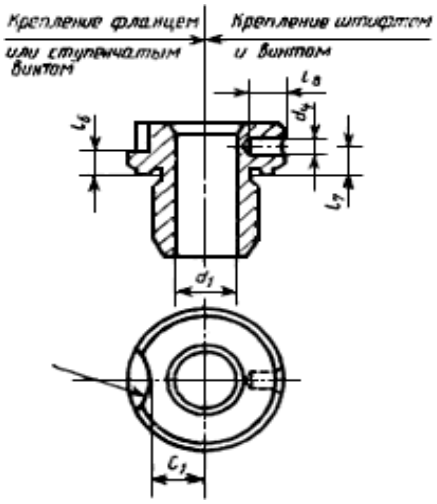


Рис. 2.3. Кондукторна втулка.

Стійка поз. 1 є зварною складальною одиницею. Деталі, що входять до її складу, доцільно виготовляти зі сталі 20 за ДСТУ 7809:2015. Ця якісна вуглецева сталь має невисоку вартість, добре зварюється та може застосовуватися без додаткової термічної обробки.

Деталі поз. 3, 4 і 7 виготовляють зі сталі 40Х за ДСТУ 7809:2015. Це легована конструкційна сталь, яку використовують для елементів, що повинні мати підвищену міцність. Вона добре піддається гартуванню.

Деталі поз. 2, 5, 6, 8, 10, 11 і 12 передбачено виготовляти зі сталі 45 за ГОСТ 1050-88. Вибір цього матеріалу пояснюється необхідністю забезпечення достатньої міцності та можливістю зміцнення деталей термічною обробкою.

Втулки поз. 19, 20 і 21 доцільно виготовляти з вуглецевої інструментальної сталі, оскільки для цих елементів важливими є висока твердість, стійкість проти зношування та теплостійкість.

Пружини поз. 26 і 27 виготовляють зі сталі 65Г. Такий матеріал забезпечує пружність, витривалість, міцність та опір малим пластичним деформаціям під час тривалої дії навантаження.

Кріпильні деталі, зокрема гвинти, болти, гайки, шайби та шпильки, виготовляють зі сталі 45 або 40Х із твердістю HRC 32…38.

2.4 Особливості з’єднання деталей

Під час складання пристрою основний обсяг робіт пов’язаний із виконанням різних видів з’єднань. З’єднання двох або кількох деталей чи вузлів може бути нерухомим або рухомим залежно від призначення елемента в конструкції.

Нерухоме з’єднання забезпечує незмінне взаємне положення деталей або складальних одиниць у процесі експлуатації.

Рухоме з’єднання, навпаки, допускає певне переміщення однієї деталі відносно іншої.

За можливістю демонтажу з’єднання поділяють на нерозбірні та розбірні. Нерозбірні застосовують тоді, коли під час роботи машини або пристрою

роз’єднання деталей не передбачається. Якщо ж за умовами експлуатації потрібне періодичне розбирання, використовують розбірні з’єднання.

Нерухомі з’єднання можуть бути як розбірними, так і нерозбірними. До нерозбірних способів належать електричне або газове зварювання, паяння м’якими чи твердими припоями, склеювання, клепання, пресові посадки та інші способи фіксації деталей.

Клепання, крім ручного малопродуктивного способу, може виконуватися пневматичними або електричними молотками, електромеханічними, пневматичними й пневмогідравлічними пресами, а також спеціальними клепальними машинами. Найбільш продуктивними є клепальні машини, оскільки вони зменшують шум, фізичне навантаження та втому працівників порівняно з іншими способами клепання.

Пресове з’єднання може виконуватися запресуванням або напресуванням. У разі запресування охоплювана деталь, наприклад вал, під дією преса вводиться в отвір охоплюючої деталі – втулки, шківа чи зубчастого колеса. При напресуванні процес відбувається у зворотному напрямку.

Посадку з нагріванням найчастіше застосовують для втулок великого діаметра з невеликою довжиною. Нагріта деталь вільно встановлюється на вал, а після охолодження стискається та утворює міцне з’єднання з натягом.

Великогабаритні деталі зазвичай нагрівають електричним струмом за методом опору або індукційним способом.

Якщо нагрівання деталі неможливе через її розміри, форму або значну трудомісткість процесу, потрібний натяг можна отримати охолодженням охоплюваної деталі, наприклад вала.

За температури цеху 18…20 °С охолодження деталі до -100 °С дає змогу отримати зменшення розміру приблизно на 0,01…0,02 мм на кожні 100 мм довжини, чого достатньо для утворення необхідного натягу.

Нерухомі розбірні з’єднання виконують за допомогою посадок глухого, тугого, напруженого або щільного типу, різьбових елементів – болтів, гвинтів і шпильок, а також посадок на конус.

Різьбові з’єднання широко застосовують під час сполучення деталей із плоскими поверхнями. Для забезпечення герметичності або щільності стику можуть використовуватися прокладки зі шкіри, гуми чи м’яких металів.

Конусні посадки доцільні для щільних з’єднань, які потрібно часто й швидко розбирати.

Рухомі з’єднання переважно є розбірними, оскільки нерозбірні рухомі сполучення трапляються рідко. Їх виконують за допомогою посадок ковзання, руху, ходових і легкоходових посадок, а також з’єднанням кульових, конічних чи гвинтових поверхонь.

У запропонованій конструкції кондуктора нерозбірним є з’єднання стійки поз. 1, оскільки для неї використано зварювання.

Нерухомі розбірні сполучення в кондукторі реалізовано за допомогою гвинтів, болтів, штифтів і гайок.

Між більшістю спряжених деталей пристрою застосовано перехідні посадки або посадки із зазором. Це пояснюється тим, що під час експлуатації окремі деталі зношуються і мають бути замінені без ускладнення ремонту.

Для забезпечення точності, надійності та довговічності пристосувань і технологічної оснастки поряд із розмірними допусками необхідно задавати допуски форми та розташування робочих поверхонь.

Для плоских поверхонь сумарні відхилення форми характеризуються неплощинністю, а в межах окремого перерізу – непрямолінійністю.

Для циліндричних поверхонь, крім загального показника нециліндричності, встановлюють показники окремих перерізів: у поперечному перерізі – некруглість, у поздовжньому – відхилення профілю поздовжнього перерізу.

Відхилення розташуванням називають різницю між фактичним положенням контрольованої поверхні та її номінальним положенням відносно заданої бази.

До відхилень розташування належать непаралельність і неперпендикулярність площин та осей, неспіввісність, перекоси, зміщення і неперетинання осей, несиметричність, а також торцеве й радіальне биття.

У конструкції даного кондуктора задано такі допуски розташування, як перпендикулярність отвору втулки поз. 20 відносно основи кондуктора поз. 5 та співвісність отвору втулки відносно базової поверхні призми поз. 7.

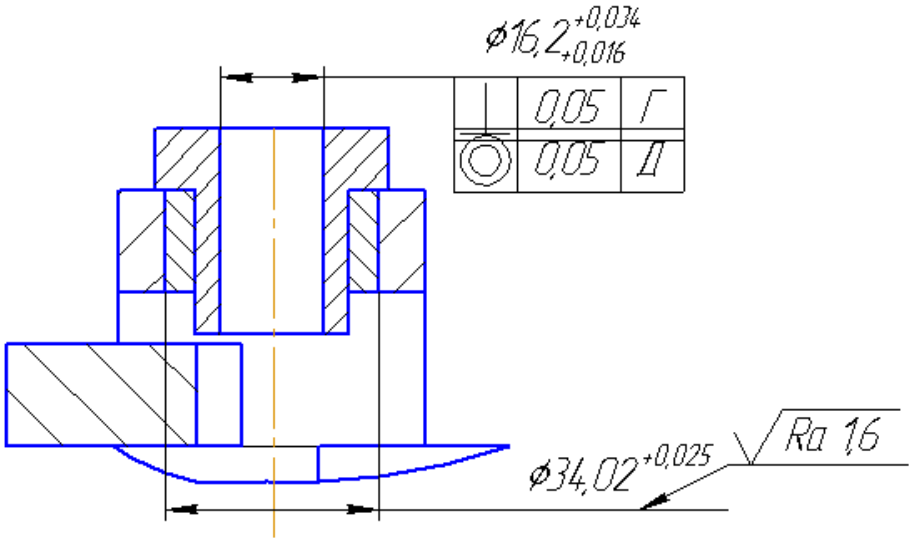


Рис. 2.4. Допуск розташування для втулки.

Кінцевим елементом, який визначає точність виконання отвору, є оброблювана деталь, адже якість обробки безпосередньо залежить від правильності її встановлення. Деталь має розміщуватися паралельно базовій поверхні основи. Крім того, необхідно забезпечити перетин осі кондукторної втулки з віссю вала.

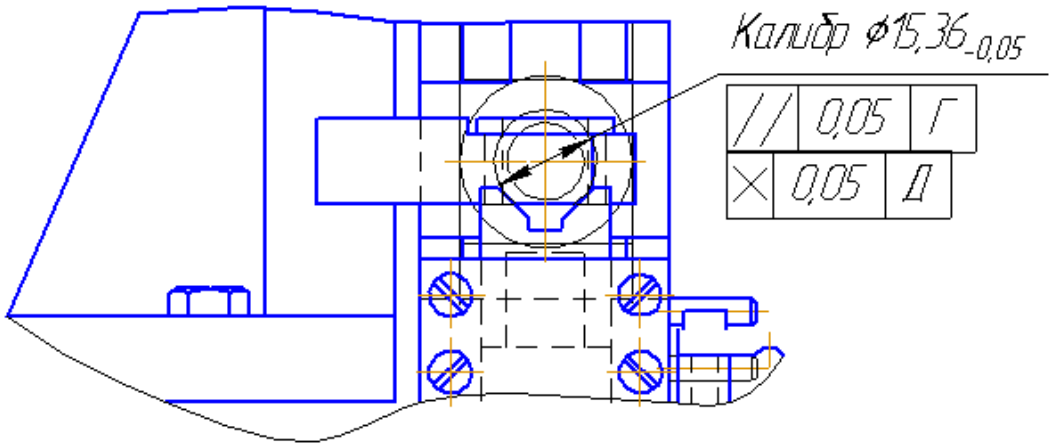


Рис. 2.5. Допуск розташування для деталі.

3.5 Обґрунтування вибору посадок і граничних відхилень розмірів

Допуск є основним показником точності виготовлення деталі. Чим менше значення допуску, тим складніше забезпечити виготовлення, однак надмірне збільшення допуску погіршує якість виробу. Для нормування точності застосовують квалітети, а під час призначення посадок використовують систему отвору або систему вала.

Для кондукторної втулки поз. 20 зовнішній посадковий діаметр прийнято Ø30g6, а відповідний отвір у втулці поз. 21 виконується Ø30H7. Оскільки втулка поз. 19 у процесі роботи зношується та підлягає періодичній заміні, це з’єднання доцільно виконувати із зазором.

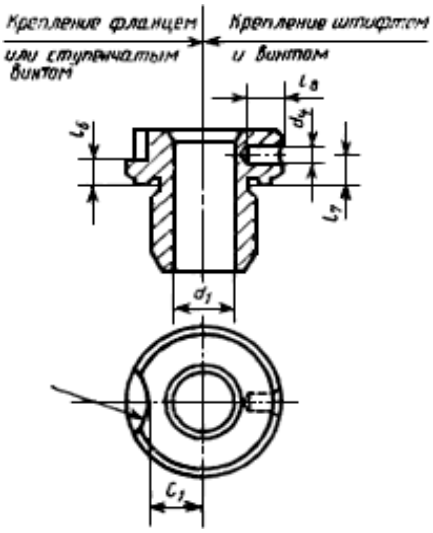


Рис. 2.6 Кондукторна втулка.

Зовнішній діаметр втулки поз. 20 прийнято d = 42n6, а отвір у кондукторній плиті поз. 4 – Ø42H7. Через те, що ця втулка практично не зазнає інтенсивного зношування і не потребує частої заміни, для з’єднання обрано перехідну посадку.

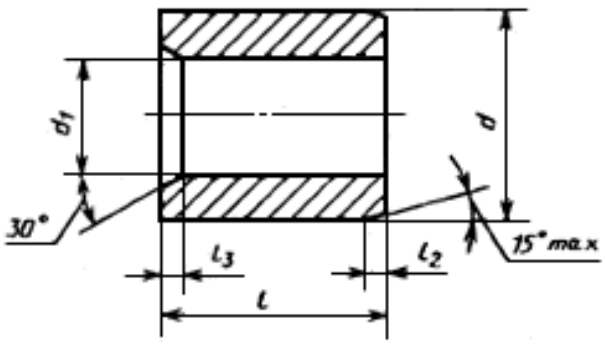


Рисунок 3.7 – Перехідна втулка.

Проміжна кондукторна втулка поз. 19 призначена для спрямування довгого свердла під час роботи. Її встановлюють у планку стійки поз. 1 за діаметром d = 30n6 із застосуванням перехідної посадки.

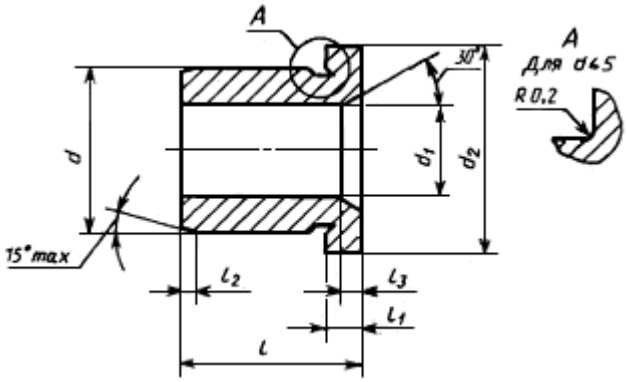


Рис. 2.8. Проміжна втулка.

З’єднання плаваючої призми поз. 3 з опорою поз. 4 показано на рисунку 2.9. Призма переміщується в опорі із зазором, оскільки конструкцією передбачена посадка ковзання. Таке з’єднання має працювати плавно, без заїдань і задирів, що забезпечує правильне симетричне положення деталі відносно базової поверхні.

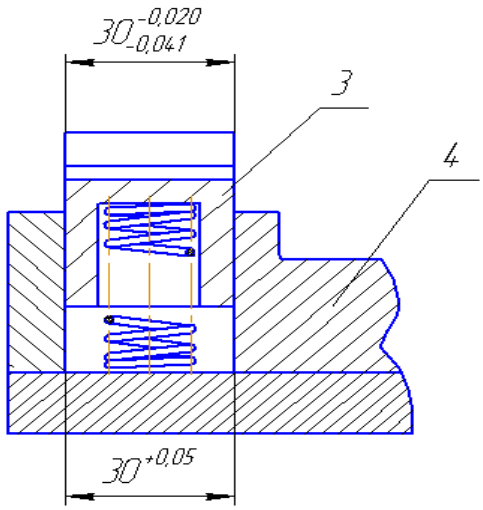


Рис. 2.9. Посадка призми та опори.

2.6 Висновки по розділу

У третьому розділі розглянуто конструкцію кондуктора, призначеного для свердління отворів у деталях типу «Вилка». Описано будову пристрою, принцип його роботи, порядок встановлення та фіксації заготовки, а також

послідовність розбирання кондуктора під час ремонту або заміни деталей. Для основних і стандартних елементів підібрано матеріали та наведено вимоги до їх термічної обробки.

Також виконано обґрунтування вибору посадок, допусків форми та розташування поверхонь, а також граничних відхилень розмірів, що забезпечують необхідну точність, надійність і довговічність кондуктора для свердління.

РОЗДІЛ 3
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1. Мета та вихідні дані для економічної оцінки

Техніко-економічне обґрунтування проектних рішень виконується з метою визначення доцільності організації власної машинно-ремонтної майстерні та відділення технічного обслуговування для машинно-тракторного парку проектного підприємства. У попередніх розділах прийнято, що господарство розміщене в зоні Полісся і має 3200 га орної землі. У таких умовах техніка працює з підвищеним забрудненням, часто контактує з вологим ґрунтом, а періоди використання машин мають виражений сезонний характер. Саме тому економічний результат залежить не лише від зменшення прямих витрат на ремонт, а й від скорочення простоїв у напружені агротехнічні строки.

Проектні рішення передбачають створення майстерні площею 642 м², організацію чотирьох основних постів, використання діагностичного обладнання, мийно-очисного поста, підйомно-транспортних засобів, дільниці 3D друку та цифрової системи планування робіт. Економічна оцінка виконана за порівняльною схемою: базовий варіант характеризує роботу без комплексної модернізації, а проектний варіант – функціонування власного відділення ТО з механізацією, роботизацією окремих операцій і системним обліком робіт.

Таблиця 3.1 – Вихідні показники для техніко-економічного розрахунку

Показник	Одиниця виміру	Значення
Площа орної землі проектного підприємства	га	3200
Кількість машин і обладнання у складі МТП	од.	96
Річна трудомісткість ТО і поточного ремонту	люд.-год	10 011
Кількість виробничих робітників	осіб	6
Кількість основних постів ТО і ремонту	постів	4
Проектна площа машинно-ремонтної майстерні	м²	642
Частка постових робіт у загальній трудомісткості	%	62

За річної програми 10011 люд.-год майстерня повинна виконувати не тільки планові ТО, а й поточний ремонт, дефектування, підготовку техніки до зберігання, відновлення дрібних деталей і виготовлення нескладної оснастки. Основним економічним завданням є зменшення частки дорогих зовнішніх

сервісних робіт, скорочення непродуктивних простоїв машин та підвищення керованості ремонтного процесу.

3.2. Розрахунок капітальних вкладень у проектні рішення

Капітальні вкладення включають переобладнання приміщень, закупівлю основного ремонтно-технологічного обладнання, створення діагностичного та мийного постів, придбання підйомно-транспортних засобів, оснащення слюсарно-механічної і зварювальної дільниць, впровадження цифрового обліку та організацію дільниці адитивного виробництва. Вартість наведена як орієнтовна проектна оцінка, достатня для порівняння варіантів і визначення строку окупності.

Загальну величину капітальних вкладень визначаємо за формулою:

$$K = K_{прим} + K_{обл} + K_{монт} + K_{рез}, \quad (3.1)$$

де $K_{прим}$ – витрати на підготовку та переобладнання приміщення; Кобл – вартість технологічного обладнання; $K_{монт}$ – витрати на монтаж, пусконалагодження і підключення; $K_{рез}$ – резерв на непередбачені витрати, доставку та дрібну оснастку.

Таблиця 3.2 – Орієнтовні капітальні вкладення у створення майстерні

№	Стаття вкладень	Сума, грн	Частка, %
1	Переобладнання приміщень	2 889 000	48,7
2	Діагностичний пост	360 000	6,1
3	Мийно-очисний пост	320 000	5,4
4	Підйомно-транспортне обладнання	680 000	11,5
5	Слюсарно-механічна і зварювальна дільниці	620 000	10,4
6	Інструмент, верстаки, оснащення	260 000	4,4
7	CMMS, комп’ютеризація, мережа	110 000	1,9
8	Дільниця 3D друку	210 000	3,5
9	Монтаж, пусконалагодження і резерв	488 000	8,2
	Разом	5 937 000	100,0

Розрахункова сума капітальних вкладень становить 5 937 000 грн. Найбільшу частку займає переобладнання приміщень, оскільки майстерня повинна мати достатню висоту, міцну підлогу, ворота для великогабаритної техніки, безпечні проходи, місця для очікування машин і технологічний резерв

площі. Водночас саме поєднання приміщення з діагностикою, підйомними засобами, мийним постом та цифровим плануванням забезпечує економічний ефект, тому скорочення витрат на базове оснащення недоцільне.



Рис. 3.1 – Структура капітальних вкладень у проектну майстерню.

3.3. Розрахунок річних витрат за базовим і проектним варіантами

У базовому варіанті значна частина складних ремонтно-обслуговувальних робіт передається стороннім сервісним організаціям. Це підвищує вартість однієї людино-години робіт, збільшує час очікування спеціалістів і запасних частин, а також ускладнює планування робіт у пікові періоди. У проектному варіанті більша частина операцій виконується силами господарської майстерні, а зовнішній сервіс залишається для складних електронних систем, гарантійних робіт і спеціалізованих агрегатів.

Для порівняння прийнято, що у базовому варіанті 55 % річної трудомісткості передається на зовнішній сервіс за вищою питомою вартістю, а 45 % виконується власними силами без належної механізації. У проектному варіанті 85 % робіт виконується у власній майстерні, а 15 % залишається за спеціалізованими сервісними підприємствами. Такий розподіл відповідає меті проекту: виконувати типові операції самостійно, але не дублювати дорогі вузькоспеціалізовані сервіси.

Таблиця 3.3 – Порівняння річних витрат на технічний сервіс

Стаття витрат	Базовий варіант, грн	Проектний варіант, грн	Зміна, грн
Виконання ремонтно-обслуговувальних робіт	7 993 784	6 572 222	1 421 562
Термінова доставка, виїзди сервісних бригад, додаткові перевезення	850 000	450 000	400 000
Втрати від простоїв техніки у виробничий сезон	1 650 000	1 050 000	600 000
Експлуатація цифрових і роботизованих засобів	0	210 000	-210 000
Разом	10 493 784	8 282 222	2 211 562

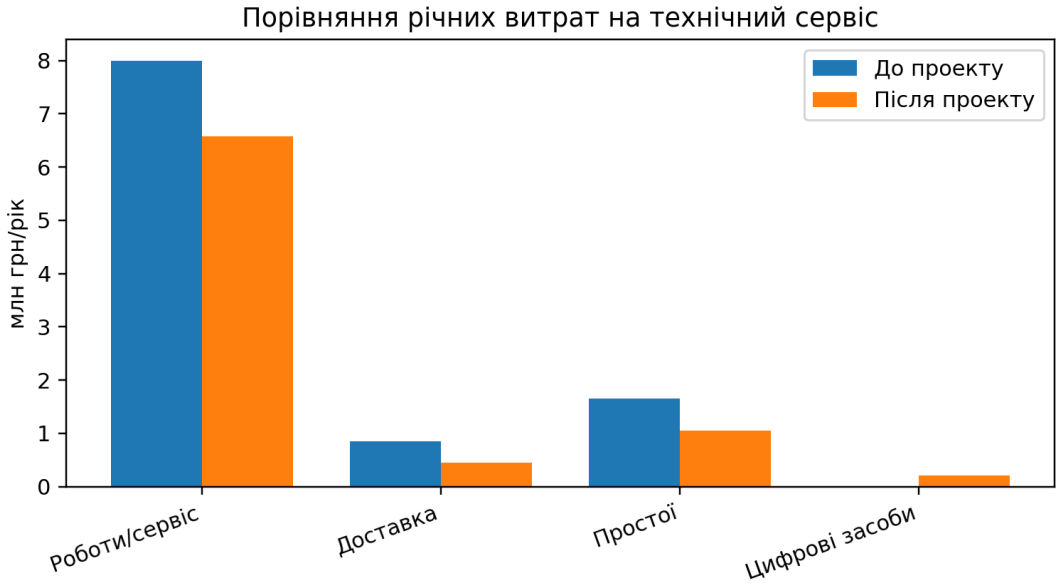


Рисунок 3.2 – Порівняння річних витрат до і після реалізації проекту

Загальні річні витрати у базовому варіанті становлять 10 493 784 грн, а у проектному – 8 282 222 грн. Річна економія дорівнює 2 211 562 грн. Частина витрат у проектному варіанті зростає за рахунок виконання більшого обсягу робіт власними силами, однак це компенсується різким зменшенням потреби у зовнішньому сервісі, нижчими витратами на термінову доставку та скороченням простоїв техніки.

3.4. Визначення економічного ефекту та строку окупності

Річний економічний ефект від реалізації проектних рішень визначаємо як різницю між витратами базового та проектного варіантів:

$$E_р = C_б - C_п = 10\ 493\ 784 - 8\ 282\ 222 = 2\ 211\ 562 \text{ грн.} \qquad (3.2)$$

Строк окупності капітальних вкладень розраховуємо за формулою:

$$T_{ок} = K / E_р = 5\ 937\ 000 / 2\ 211\ 562 = 2{,}7 \text{ року.} \quad (3.3)$$

Рівень річної економічної віддачі становить 37,3 %. Для виробничого проекту, який безпосередньо впливає на технічну готовність МТП, отриманий строк окупності є прийнятним, оскільки основні засоби майстерні використовуються протягом тривалого періоду, а економія повторюється щороку.

Таблиця 3.4 – Основні техніко-економічні показники проекту

Показник	Одиниця виміру	Значення
Капітальні вкладення у проектні рішення	грн	5 937 000
Річні витрати до реалізації проекту	грн/рік	10 493 784
Річні витрати після реалізації проекту	грн/рік	8 282 222
Річний економічний ефект	грн/рік	2 211 562
Строк окупності вкладень	року	2,7
Річна економічна віддача вкладень	%	37,3
Витрати на сервіс до проекту в розрахунку на 1 га	грн/га	3 279
Витрати на сервіс після проекту в розрахунку на 1 га	грн/га	2 588
Економія на 1 га орної землі	грн/га	691

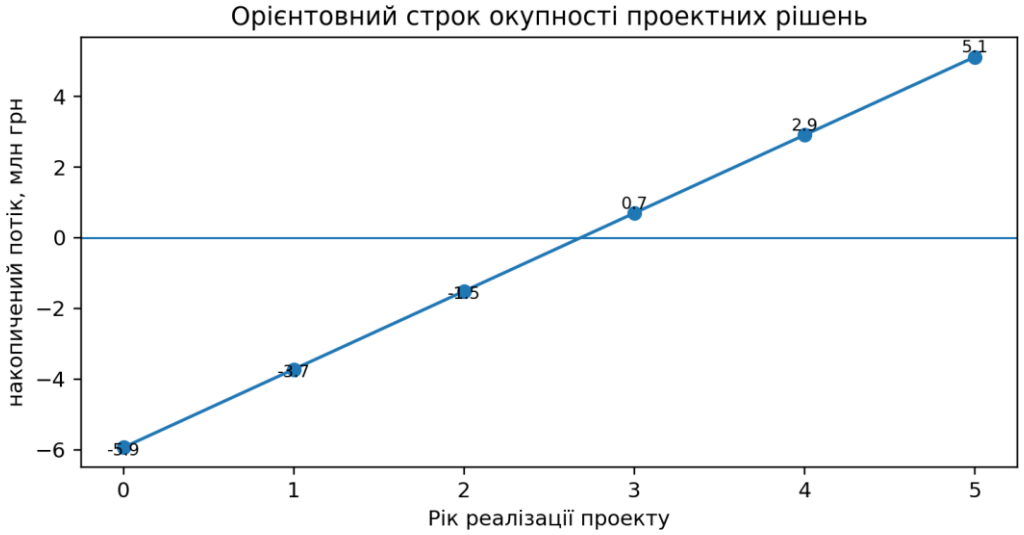


Рис. 3.3. Графік накопиченого економічного ефекту.

Крім прямої економії, проект дає організаційний ефект: ремонтні роботи стають плановими, створюється запас часу перед посівною та збиральною кампаніями, а відповідальність за технічний стан машин закріплюється за персоналом майстерні. Підвищення технічної готовності зменшує ризик порушення агротехнічних строків, що особливо важливо для господарства з

різноманітною структурою посівів і великою часткою сезонно завантажених машин.

3.5. Виготовлення запасних частин за допомогою 3D друку

Окремим напрямом підвищення ефективності майстерні є виготовлення запасних частин за допомогою 3D друку. У ремонтній практиці значну кількість затримок спричиняють не великі агрегати, а дрібні дефіцитні елементи: заглушки, ручки, фіксатори, кожухи, дистанційні втулки, шаблони для свердління, захисні накладки, кронштейни датчиків та технологічна оснастка. Такі деталі часто мають низьку вартість, але через очікування постачання можуть затримувати введення машини в роботу.

Для проектної майстерні доцільним є застосування FDM-принтера з робочою камерою середнього розміру, сушильної камери для філаменту, базового 3D сканера або вимірювального інструменту та комп’ютера з програмним забезпеченням для підготовки моделей. Друк металевих силових деталей у господарській майстерні не передбачається, оскільки такі елементи потребують спеціального контролю матеріалу, термообробки і перевірки міцності. Основна сфера власного 3D друку – полімерні деталі, прототипи, шаблони, захисні елементи та допоміжна оснастка.

Таблиця 3.5 – Орієнтовний економічний ефект від дільниці 3D друку

Напрям впливу	Характер впливу	Сума, грн/рік
Відмова від купівлі частини дрібних пластикових деталей	економія	170 000
Скорочення простоїв під час очікування нескладних деталей	економія	155 000
Виготовлення шаблонів, оправок, кожухів і технологічної оснастки	економія	70 000
Зменшення витрат на термінове транспортування запасних частин	економія	40 000
Матеріали для друку, електроенергія, обслуговування, амортизація	витрати	-206 000
Разом чистий ефект	результат	229 000

Чистий річний ефект від дільниці 3D друку становить близько 229 000 грн. За капітальних витрат 210 000 грн строк окупності цього напрямку становить приблизно 0,9 року. Найбільша перевага адитивного виробництва

полягає не лише у зменшенні вартості окремих деталей, а й у можливості швидко відновити працездатність машини тоді, коли стандартна запасна частина відсутня на складі.

3.6. Економічна доцільність роботизації та цифровізації сервісних процесів

Роботизація у межах господарської майстерні не означає повної заміни праці слюсарів. Доцільніше впроваджувати часткову автоматизацію повторюваних, важких і небезпечних операцій: миття техніки, дозоване змащування, переміщення важких вузлів, діагностування електронних систем і ведення електронного журналу ТО. Такі рішення зменшують втрати часу, підвищують безпеку праці та забезпечують стабільну якість обслуговування.

Таблиця 3.6 – Заходи з роботизації та очікуваний результат

Заходи	Місце застосування	Економічний результат	Додатковий ефект
Автоматизований мийний пост	очищення тракторів, комбайнів, агрегатів	менше ручної праці та швидше дефектування	краща культура виробництва
Підйомний маніпулятор або кран-балка	зняття коліс, агрегатів, гідронасосів	скорочення часу демонтажу	підвищення безпеки
Комп’ютерна діагностика	двигуни, гідросистеми, електроніка	швидше виявлення причин відмов	менше помилкових замін
Автоматична мастильна станція	регламентне ТО тракторів і комбайнів	точне дозування мастил	менше втрат матеріалів
CMMS-система	планування і журнал ТО	контроль строків і запасних частин	прозора звітність

У проектному варіанті роботизація має насамперед допоміжний характер, але саме вона робить економічний результат стійким. Якщо мийка, діагностика, переміщення важких вузлів і планування виконуються швидше, то ті самі шість виробничих робітників можуть забезпечити річну програму 10011 люд.-год без залучення надмірної кількості сезонного персоналу. Крім того, цифровий облік дозволяє накопичувати статистику відмов, планувати закупівлю фільтрів, мастил і типових запасних частин до початку сезону, а не після виникнення несправності.

Висновки по розділу

У третьому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування проектних рішень щодо організації машинно-ремонтної майстерні та відділення технічного обслуговування для господарства з площею орної землі 3200 га. Розрахункова річна програма ремонтно-обслуговувальних робіт становить 10 011 люд.-год, що обґрунтовує потребу у шести виробничих робітниках, чотирьох основних постах і майстерні площею близько 642 м².

Загальна сума капітальних вкладень у проектні рішення становить 5 937 000 грн. Порівняння базового та проектного варіантів показало, що річні витрати на технічний сервіс можуть бути зменшені з 10 493 784 до 8 282 222 грн. Річний економічний ефект складає 2 211 562 грн, а строк окупності проекту становить приблизно 2,7 року. Додатковий ефект забезпечують впровадження 3D друку, автоматизованої мийки, комп’ютерної діагностики, підйомно-транспортного обладнання та CMMS-системи. Отже, запропоновані проектні рішення є економічно доцільними і можуть бути рекомендовані для впровадження в ремонтно-обслуговувальну базу проектного підприємства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання організації технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства з розробкою технологічного обладнання для ремонтно-обслуговувального виробництва. Актуальність теми зумовлена необхідністю підтримання високої технічної готовності тракторів, комбайнів, сільськогосподарських і транспортних машин, оскільки своєчасне технічне обслуговування та ремонт дають змогу зменшити простої, скоротити кількість відмов і забезпечити виконання польових робіт в оптимальні строки.

У першому розділі підібрано машинно-тракторний парк для проектного підприємства зони Полісся, яке має 3200 га орної землі. Визначено склад основних енергетичних засобів, сільськогосподарських машин і допоміжної техніки, необхідної для виконання виробничих процесів у рослинництві. Проведено розрахунок річної трудомісткості ремонтно-обслуговувальних робіт, потреби у виробничих працівниках, постах і площах машинно-ремонтної майстерні. Складений графік завантаження майстерні показав доцільність виконання основного обсягу ремонтних робіт в осінньо-зимовий період, що дозволяє краще підготувати техніку до наступного сезону.

Окремо розглянуто питання роботизації, автоматизації та використання 3D-друку в умовах ремонтної майстерні. Встановлено, що адитивні технології можуть застосовуватися для виготовлення допоміжних деталей, втулок, кожухів, шаблонів, макетів і технологічного оснащення. Це сприяє скороченню часу очікування запасних частин, зменшенню залежності від постачальників і підвищенню оперативності виконання ремонтних робіт.

У другому розділі розроблено конструкцію кондуктора для свердління, призначеного для оброблення отвору в деталі типу «Вилка». Розглянуто його призначення, принцип роботи, складові частини, порядок установлення та фіксації заготовки. Запропонована конструкція забезпечує правильне базування деталі, точне спрямування різального інструменту та підвищення якості

свердлильної операції. Визначено технічні вимоги до деталей, особливості з’єднання елементів, вибір матеріалів, посадок і граничних відхилень розмірів.

У третьому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування проектних рішень. Встановлено, що економічний ефект досягається за рахунок скорочення простоїв техніки, зменшення трудомісткості окремих операцій, підвищення продуктивності праці ремонтного персоналу та покращення якості технічного обслуговування. Проведені розрахунки підтвердили доцільність удосконалення організації технічного сервісу та впровадження спеціального технологічного обладнання в ремонтному підрозділі підприємства.

Отже, мету кваліфікаційної роботи досягнуто. У роботі обґрунтовано склад машинно-тракторного парку, розраховано основні параметри машинно-ремонтної майстерні, розроблено кондуктор для свердління та підтверджено економічну доцільність запропонованих рішень. Практичне значення роботи полягає в можливості використання її результатів для удосконалення технічного сервісу, планування ремонтних робіт і підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторного парку аграрного підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.

2. Коновалюк О. В., Кіяшко В. М., Колісник М. В. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі : навчальний посібник. Київ : Аграрна освіта, 2013. 404 с.

3. Сукач М. К. Технічний сервіс машин : навчальний посібник. Київ : Ліра-К, 2017. 290 с.

4. Ремонт машин та обладнання : підручник / за ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. Харків : Міськдрук, 2010. 744 с.

5. Лудченко О. А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів : підручник. Київ : Знання-Прес, 2003. 511 с.

6. Мельник І. І. Машиновикористання в землеробстві : підручник. Київ : Урожай, 2006. 600 с.

7. Бондаренко М. Г., Демещук В. А. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві : підручник. Київ : Вища школа, 1995. 237 с.

8. Марченко В. В. Механізація технологічних процесів у рослинництві : посібник. Київ : Кондор, 2007. 334 с.

9. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : Каравела, 2004. 552 с.

10. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.

11. Технологія конструкційних матеріалів : підручник / за ред. М. А. Сологуба. Київ : Вища школа, 2002. 374 с.

12. Деталі машин : підручник / за ред. О. В. Гнітька. Київ : Вища школа, 2005. 384 с.

13. Метрологія, стандартизація та управління якістю : навчальний посібник / уклад. В. І. Сиволап. Київ : Центр учбової літератури, 2012. 328 с.

14. Борак К. В., Ткачук Б. М., Торгонський В. С. Перспективи розвитку технічного сервісу МТП в АПК. Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України. С. 61-62.

15. ISO/ASTM 52900:2021. Additive manufacturing – General principles – Fundamentals and vocabulary. Geneva : International Organization for Standardization, 2021.

16. ISO/ASTM 52910:2018. Additive manufacturing – Design – Requirements, guidelines and recommendations. Geneva : International Organization for Standardization, 2018.

17. Gibson I., Rosen D., Stucker B., Khorasani M. Additive Manufacturing Technologies. 3rd ed. Cham : Springer, 2021. 685 p.

18. Gebhardt A., Hötter J.-S. Additive Manufacturing: 3D Printing for Prototyping and Manufacturing. Munich : Hanser Publishers, 2016. 591 p.

19. Duckett T., Pearson S., Blackmore S., Grieve B., Chen W.-H., Cielniak G. Agricultural Robotics: The Future of Robotic Agriculture. London : UK-RAS Network, 2018. 35 p.

20. Yamato Y., Fukumoto Y., Kumazaki H. Proposal of real time predictive maintenance platform with 3D printer for business vehicles. International Journal of Information and Electronics Engineering. 2016. Vol. 6, No. 5. P. 289–293.