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

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Куторженко Сергій Ігорович

УДК 631.3.004.67:631.372

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Організація технічного сервісу машинно-тракторного парку з розробкою стенду для складання ресор

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 _____ Куторженко С.І.

Керівник роботи
Грудовий Р.С.
кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Куторженко Сергій Ігорович. Організація технічного сервісу машинно-тракторного парку з розробкою стенду для складання ресор. – *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 машинно-тракторного парку аграрного підприємства зони Полісся. Обґрунтовано необхідність удосконалення ремонтно-обслуговувальної бази для забезпечення високої технічної готовності сільськогосподарської техніки. Для проектного підприємства площею 4000 га підібрано сучасний склад машинно-тракторного парку з урахуванням виробничих потреб і природно-кліматичних умов регіону. Виконано розрахунок трудомісткості технічного обслуговування та ремонту машин, а також визначено потребу в основних дільницях і відділеннях машинно-ремонтної майстерні. Складено графік завантаження ремонтної майстерні, що дозволяє раціонально розподілити ремонтні роботи протягом року. Окрему увагу приділено забезпеченню запасними частинами та можливості використання 3D-друку для виготовлення окремих допоміжних деталей в умовах майстерні. У роботі розроблено стенд для складання ресор, який підвищує зручність, безпеку та якість виконання ремонтних операцій. Проведене техніко-економічне обґрунтування підтвердило доцільність запропонованих проектних рішень для підвищення ефективності технічного сервісу машинно-тракторного парку.

Ключові слова: машинно-тракторний парк, технічний сервіс, ремонтна майстерня, ресора, стенд для складання ресор, 3D-друк.

ANNOTATION

Serhiy Ihorovych Kutorzhenko. Organisation of technical maintenance for a fleet of machinery and tractors, including the design of a test bench for assembling leaf springs. *– 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 thesis examines the organisation of technical servicing for the machinery and tractor fleet of an agricultural enterprise in the Polissia region. It justifies the need to improve the repair and maintenance facilities in order to ensure a high level of technical readiness of agricultural machinery. A modern fleet of machinery and tractors has been selected for the model enterprise, covering an area of 4,000 hectares, taking into account the production requirements and the natural and climatic conditions of the region. The labour intensity of the maintenance and repair of the machinery has been calculated, and the requirements for the main sections and departments of the machinery repair workshop have been determined. A workload schedule for the repair workshop has been drawn up, allowing repair work to be distributed efficiently throughout the year. Particular attention has been paid to the supply of spare parts and the possibility of using 3D printing to manufacture certain auxiliary components within the workshop. The study developed a spring assembly bench, which improves the convenience, safety and quality of repair operations. A technical and economic feasibility study confirmed the viability of the proposed design solutions for improving the efficiency of technical servicing of the machinery and tractor fleet.

Keywords: machinery and tractor fleet, technical servicing, repair workshop, leaf spring, leaf spring assembly stand, 3D printing.

ЗМІСТ

ВСТУП……6

РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ ПРОЕКТНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА……..10
1.1 Вихідні умови проектування……..……10
1.2 Підбір сучасної техніки для підприємства……...….11
1.3 Розрахунок трудомісткості технічного обслуговування і ремонту…….13
1.4 Чисельність працівників і графік завантаження майстерні…….……14
1.5 Розрахунок площ дільниць і відділень…….…….16
1.6 Забезпечення запасними частинами та застосування 3D-друку……...…..18
Висновки по розділу……..21

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА…….……..22
2.1 Технологічні передумови розроблення стенду для складання ресор…….22
2.2 Аналіз наявних конструкцій стендів для розбирання і складання ресор...…24
2.3 Опис запропонованої конструкції стенду та принципу його роботи…….….29
2.4 Розрахунок системи стенда на зусилля 50 кН…….…..32
2.5 Перевірні розрахунки міцності елементів модернізованого стенду……..….34
Висновок по розділу…….…….37

РОЗДІЛ 3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ……..……39
3.1 Мета та вихідні дані для економічного оцінювання……...…….39
3.2 Обґрунтування капітальних вкладень……..…..40
3.3 Розрахунок експлуатаційних витрат і річного економічного ефекту……..…42
3.4 Економічна оцінка стенда для складання ресор…….……..43
3.5 Економічне значення запасних частин і 3D-друку……..…….44
3.6 Узагальнюючі економічні показники проекту…….….46
Висновки по розділу……..……46

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……..…..48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..50

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується високим рівнем механізації технологічних процесів, зростанням енергонасиченості машинно-тракторного парку та підвищенням вимог до своєчасності виконання польових робіт. У таких умовах ефективність діяльності аграрного підприємства значною мірою залежить від технічного стану тракторів, автомобілів, комбайнів, ґрунтообробних, посівних, збиральних і транспортних машин. Будь-яке порушення працездатності техніки в напружені періоди польових робіт призводить до простоїв, втрати оптимальних агротехнічних строків, зниження врожайності та збільшення собівартості продукції.

Особливо важливого значення набуває раціональна організація технічного сервісу машинно-тракторного парку в аграрних підприємствах зони Полісся. Для цього регіону характерні специфічні ґрунтово-кліматичні умови, підвищена вологість, значна сезонність виробничих процесів та необхідність виконання великого обсягу механізованих робіт у стислі строки. Це потребує високої технічної готовності машин, своєчасного проведення технічного обслуговування, якісного ремонту агрегатів і вузлів, а також належного забезпечення запасними частинами.

Важливим елементом системи технічного сервісу є машинно-ремонтна майстерня сільськогосподарського підприємства. Саме вона забезпечує виконання поточних ремонтів, технічного обслуговування, діагностування, відновлення деталей, підготовку машин до сезонної експлуатації та усунення несправностей у міжсезонний період. Раціонально спроєктована майстерня дозволяє скоротити простої техніки, знизити витрати на ремонт, підвищити якість обслуговування машин і зменшити залежність підприємства від сторонніх сервісних організацій.

Одним із вузлів транспортних і тракторно-транспортних машин, що працює в умовах значних динамічних навантажень, є ресорна підвіска. Ресори

сприймають удари та коливання, що виникають під час руху техніки нерівними дорогами, польовими шляхами та ґрунтовими ділянками. У процесі експлуатації вони зазнають втомного руйнування, втрати пружності, зношування втулок, поломки окремих листів і послаблення кріплень. Тому для якісного ремонту ресор необхідно застосовувати спеціальне обладнання, яке забезпечує безпечне розбирання, складання та стискання пакета ресорних листів.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності підвищення ефективності організації технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства шляхом удосконалення параметрів ремонтної бази та розробки стенду для складання ресор. Використання такого стенду дозволяє зменшити трудомісткість ремонтних операцій, підвищити безпеку праці ремонтного персоналу, забезпечити якісне складання ресор і скоротити тривалість простою транспортних засобів.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності технічного сервісу машинно-тракторного парку сільськогосподарського підприємства зони Полісся шляхом обґрунтування параметрів машинно-ремонтної майстерні та розробки стенду для складання ресор.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання:** підібрати раціональний склад машинно-тракторного парку для аграрного підприємства площею 4000 га; визначити річну трудомісткість технічного обслуговування і ремонту машин; обґрунтувати склад виробничих дільниць і відділень машинно-ремонтної майстерні; визначити необхідні площі основних виробничих і допоміжних приміщень; скласти графік завантаження ремонтної майстерні протягом року; розглянути питання забезпечення запасними частинами та можливість використання 3D-друку в умовах майстерні; проаналізувати існуючі конструкції стендів для розбирання та складання ресор; запропонувати конструктивне рішення стенду для складання ресор; виконати необхідні конструктивні та перевірочні розрахунки; провести техніко-економічне обґрунтування запропонованих проектних рішень.

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

Предметом дослідження є параметри машинно-ремонтної майстерні та конструктивно-технологічні рішення стенду для складання ресор.

У роботі використано розрахунково-аналітичний метод, метод порівняльного аналізу існуючих технічних рішень, методи визначення трудомісткості ремонтно-обслуговувальних робіт, методи компонування виробничих дільниць, а також техніко-економічні розрахунки ефективності впровадження запропонованого обладнання.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Савченко В.М., **Куторженко С.І.,** Герасимчук Д.В. Діагностування машин у системі технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрних підприємств. 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. 171-174.

2. Грудовий Р.С., Федорчук А.О., **Куторженко С.І.,** Полінкевич С.В. Способи ремонту ресор автотракторної техніки. VI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Запоріжжя: ТДАТУ. URL: https://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/hrudovyj_26-3.pdf (дата звернення 07.06.2026).

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропоновані рішення можуть бути використані в умовах ремонтної майстерні аграрного підприємства для підвищення рівня технічної готовності машинно-тракторного парку, скорочення простоїв техніки, поліпшення якості ремонту та зниження експлуатаційних витрат. Розроблений стенд для складання ресор може бути застосований під час ремонту підвісок вантажних автомобілів, тракторних причепів та іншої техніки, що використовується в сільськогосподарському виробництві.

Таким чином, тема кваліфікаційної роботи є актуальною, оскільки поєднує вирішення організаційних, технологічних і конструктивних завдань, спрямованих на вдосконалення системи технічного сервісу машинно-тракторного парку та підвищення ефективності роботи аграрного підприємства.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновку та списку використаних джерел з 27 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 52 сторінки комп'ютерного тексту, містить 18 рисунків, 16 таблиць та 4 додатки.

РОЗДІЛ 1
РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ ПРОЕКТНОГО СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Вихідні умови проектування

Проектне сільськогосподарське підприємство розміщене в зоні Полісся та має 4000 га ріллі. Для цієї зони характерні підвищена вологість у весняно-осінній період, дерново-підзолисті й супіщані ґрунти, а також короткі строки виконання окремих польових робіт. Через це машинно-тракторний парк повинен мати достатню продуктивність і високий рівень технічної готовності.

Метою розділу є підбір техніки для такого господарства, розрахунок річної трудомісткості технічного обслуговування і поточного ремонту, визначення складу та площі дільниць машинно-ремонтної майстерні, побудова графіка її завантаження і розгляд системи забезпечення запасними частинами. Окремо враховано потребу в дільниці ремонту підвіски та ресор, оскільки подальша конструкторська частина роботи пов’язана зі стендом для складання ресор.

Структуру посівних площ прийнято з урахуванням спеціалізації господарств Полісся: зернові культури, кукурудза, соя, ріпак, гречка, картопля та багаторічні трави. Частку культури у структурі сівозміни визначаємо за формулою:

$$P_i = A_i / A_{заг} \cdot 100, \%. \quad (1.1)$$

Таблиця 1.1 – Структура посівних площ проектного підприємства

Культура	Площа, га	Частка, %
Пшениця озима	850	21.2
Жито/тритикале	350	8.8
Кукурудза на зерно	650	16.2
Соя	550	13.8
Ріпак озимий	350	8.8
Ячмінь та овес	300	7.5
Гречка	250	6.2
Картопля	250	6.2
Багаторічні трави	450	11.2



Рис. 1.1. Структура посівних площ господарства.

Найбільша частина площ припадає на зернові, зернобобові та кукурудзу. Вони формують основне навантаження на трактори, сівалки, комбайни й транспорт. Картопля займає 250 га, але потребує спеціалізованих машин і більшої уваги до транспортерів, сепараторів, підшипників, гумотехнічних деталей та сезонного запасу комплектуючих.

1.2 Підбір сучасної техніки для підприємства

Комплектування машинно-тракторного парку виконано за принципом поєднання високопродуктивної техніки з універсальними машинами середнього класу. Енергонасичені трактори використовуються на важкому обробітку ґрунту; трактори 240–260 к.с. забезпечують посів, культивацію і транспорт; допоміжні трактори виконують роботи біля складів, на фермерському дворі та з причіпними агрегатами.

Кількість машин визначаємо розрахунково-експертним способом за площею робіт, змінною продуктивністю, допустимою тривалістю операції та коефіцієнтом технічної готовності:

$$n = A / (W_{зм} \cdot D \cdot {}_{Кг}), \qquad (1.2)$$

де n – потрібна кількість машин; A – площа виконання операції, га; Wзм – змінна продуктивність агрегату, га/зміну; D – кількість робочих днів у допустимому строку; $K_г$ – коефіцієнт готовності, прийнятий 0,85–0,90. Наприклад, для захисту рослин за чотири проходи потрібно обробити 16000 га умовної площі. Два самохідні обприскувачі за продуктивності 250–300 га/зміну забезпечують цей обсяг із резервом на погодні перерви.

Таблиця 1.2 – Склад машинно-тракторного парку

Група техніки	Прийняті моделі	Кількість, шт.	Параметр	Основні роботи
Енергонасичені трактори	John Deere 8R 340	2	340 к.с.	важкий обробіток, глибоке розпушування
Універсальні трактори 240–260 к.с.	Case IH Puma 260; New Holland T7.270	5	240–260 к.с.	посів, культивація, транспорт
Трактори середнього і допоміжного класу	CLAAS ARION 660; MF 5713 M	6	130–205 к.с.	догляд, кормозаготівля, внутрішні перевезення
Зернозбиральні комбайни	CLAAS LEXION 6700	3	≈300 кВт	зернові, ріпак, соя, кукурудза
Самохідні обприскувачі	Amazone Pantera 4504	2	4500 л; 21–48 м	захист рослин, позакореневе живлення
Посівна техніка	HORSCH Pronto 6 DC; HORSCH Maestro	3	6 м; 12 рядів	зернові, ріпак, соя, кукурудза
Картопляна техніка	GRIMME GL 430; AVR Spirit 9200i	2	4-рядна; бункер >8 т	садіння та збирання картоплі
Ґрунтообробні агрегати	Lemken Diamant, Rubin; Horsch Tiger	8	6–8 м	лущення, оранка, передпосівний обробіток
Розкидачі добрив	Amazone ZA-TS / аналог	2	до 36 м	мінеральне живлення
Вантажні автомобілі та причепи	MAN TGS/МАЗ; Bodex/Metaltech	11	18–24 т	перевезення врожаю, насіння, добрив
Телескопічні навантажувачі	Manitou MLT 737 / аналог	2	3,7 т; майже 7 м	складські та вантажні роботи
Інші машини й обладнання	косарки, прес, котки, подрібнювачі	4	комплект	допоміжні операції

Сумарна потужність прийнятих тракторів становить близько 3020 к.с., або 0,76 к.с./га ріллі. Для підприємства з інтенсивною технологією це достатній показник, оскільки частина операцій виконується самохідними машинами. Три

зернозбиральні комбайни забезпечують збирання близько 3300 га зернових, зернобобових, ріпаку, гречки та кукурудзи, а один картоплезбиральний комбайн покриває потребу площі 250 га картоплі.

1.3 Розрахунок трудомісткості технічного обслуговування і ремонту

Річна трудомісткість робіт визначається за групами машин. До неї включено періодичне технічне обслуговування, сезонне обслуговування, діагностування, поточний ремонт, регулювання, заміну швидкозношуваних деталей, дефектацію та контроль після ремонту. Для проектного розрахунку застосовано укрупнені показники на одну машину за рік.

Загальна трудомісткість визначається за формулою:

$$T_{заг} = \Sigma(n_j \cdot t_j) \cdot K_{доп}, \quad (1.3)$$

де n_j – кількість машин j-ї групи; t_j – трудомісткість на одну машину, люд.-год; $K_{доп}$ – коефіцієнт додаткових робіт. Приймаємо $K_{доп}$ = 1,15, що враховує непланові відмови, зварювальні роботи, виготовлення дрібних деталей, ремонт інвентарю та організаційні втрати часу.

Таблиця 1.3 – Розрахунок річної трудомісткості ТО і ремонту

Група техніки	Кількість, шт.	Трудомісткість на 1 од., люд.-год	Річна трудомісткість, люд.-год
Енергонасичені трактори	2	330	660
Універсальні трактори 240–260 к.с.	5	292	1460
Трактори середнього і допоміжного класу	6	210	1260
Зернозбиральні комбайни	3	360	1080
Самохідні обприскувачі	2	180	360
Посівна техніка	3	105	315
Картопляна техніка	2	173	346
Ґрунтообробні агрегати	8	58	464
Розкидачі добрив	2	70	140
Вантажні автомобілі та причепи	11	129	1419
Телескопічні навантажувачі	2	250	500
Інші машини й обладнання	4	180	720

$$T_{заг} = 8724 \cdot 1{,}15 = 10033 \text{ люд.-год.}$$

Найбільший обсяг робіт припадає на трактори, комбайни, транспорт і самохідні машини. Саме для цих груп потрібно передбачати основні діагностичні прилади, запасні частини, ремонтні пости та кваліфікований персонал.

Таблиця 1.4 – Трудомісткість за групами машин.

Група машин	Трудомісткість, люд.-год
Трактори	3380
Комбайни та картопляна техніка	1426
Самохідні машини	860
Посівні та ґрунтообробні агрегати	919
Транспорт	1419
Інше обладнання	720

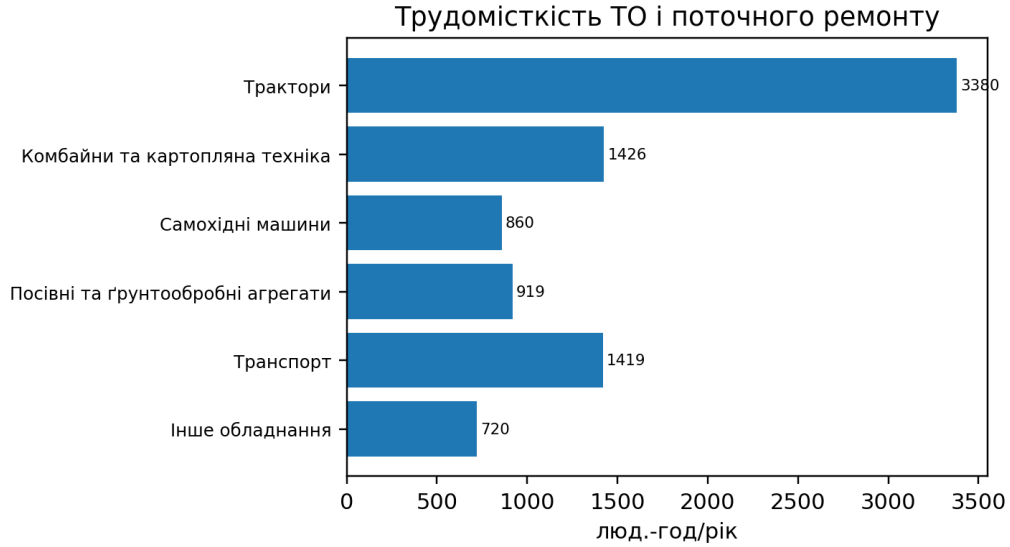


Рис. 1.2. Діаграма розподілу трудомісткості робіт.

1.4 Чисельність працівників і графік завантаження майстерні

Майстерню доцільно організувати з однозмінним режимом роботи тривалістю 8 год. Ефективний річний фонд часу одного працівника приймаємо $F_р$ = 1840 год, коефіцієнт використання робочого часу η = 0,85. Чисельність виробничих робітників визначаємо за формулою:

$$R = T_{заг} / (F_р \cdot \eta). \quad (1.4)$$

R = 10033 / (1840 · 0,85) = 6.4 особи. За річним фондом достатньо 6 основних ремонтних працівників, однак через сезонні піки приймаємо штат 8

осіб: три слюсарі-ремонтники, механік-діагност, зварник, токар-верстатник, електрик-діагност і комірник-оператор 3D-друку. У періоди пікового завантаження до допоміжних операцій залучаються механізатори, закріплені за машинами.

Помісячний розподіл трудомісткості залежить від календаря польових робіт. Узимку виконують плановий ремонт тракторів, комбайнів і причепів; у березні готують посівну техніку; у липні–вересні переважають оперативні ремонти під час збирання; у жовтні–листопаді проводять післясезонну дефектацію та консервацію машин.

Таблиця 1.5 – Помісячний графік завантаження майстерні

Місяць	Частка, %	Трудомісткість, люд.-год	Потрібно робітників, ос.
Січень	12	1204	9
Лютий	12	1204	9
Березень	10	1003	8
Квітень	8	803	6
Травень	6	602	5
Червень	6	602	5
Липень	9	903	7
Серпень	9	903	7
Вересень	10	1003	8
Жовтень	8	803	6
Листопад	6	602	5
Грудень	4	401	3

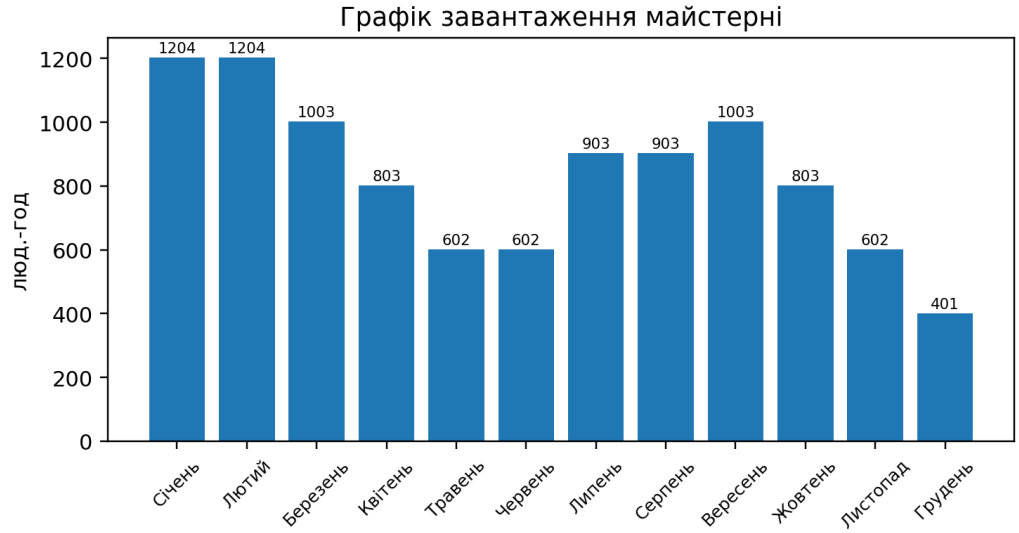


Рис.1.3. Графік завантаження ремонтної майстерні.

Максимальне навантаження спостерігається у січні, лютому, березні та вересні. У ці місяці необхідно застосовувати змінно-добове планування, попереднє комплектування деталей і розподіл робіт за пріоритетом: спочатку машини, що працюють у найближчу технологічну операцію, потім допоміжна техніка та інвентар.

Для практичного використання графік завантаження доповнюють календарним планом за групами машин. Він показує, у який період виконувати основні ремонтно-сервісні операції, щоб не переносити складні роботи на сезон польових операцій. Такий календар є основою для замовлення запасних частин, складання заявок на витратні матеріали і розподілу робіт між слюсарями.

Календарний план ремонтно-сервісних робіт

	Зима	Березень	Квітень-червень	Липень-вересень	Жовтень-грудень
Трактори	ПР, ТО-3	передсезонне ТО	оперативне ТО	оперативне ТО	дефектація
Комбайни	ПР, вузли	підготовка жаток	резерв	збирання, ТО	консервація
Посівна техніка	ремонт сошників	налаштування	робота	очищення	заміна зношених
Обприскувачі	ревізія насосів	калібрування	робота	робота	промивання
Транспорт	ПР кузовів	підготовка	перевезення	пікові рейси	ремонт підвіски
Ресори і підвіска	стенд, втулки	готовність	аварійно	після рейсів	плановий ремонт

Рис. 1.4. Календарний план ремонтно-сервісних робіт за групами техніки

Для машин, які працюють у найближчому сезоні, встановлюється перший пріоритет. Узимку це посівні комплекси, трактори та вантажний транспорт; перед жнивами – комбайни, жатки, причепи та навантажувачі; восени – ґрунтообробні агрегати, транспорт і вузли підвіски. Такий підхід зменшує ймовірність одночасного накопичення великої кількості несправної техніки на постах майстерні.

1.5 Розрахунок площ дільниць і відділень

Площа машинно-ремонтної майстерні визначається кількістю постів, габаритами техніки, складом обладнання, технологічними проходами та потребою у складських приміщеннях. Для проектного підприємства майстерня повинна виконувати ремонт тракторів, комбайнів, вантажного транспорту, причіпних агрегатів, гідравліки, електрообладнання, шин, підвіски та ресор.

$$F_д = m \cdot f_п, \quad (1.5)$$

де $F_д$ – площа дільниці, м²; m – кількість постів або робочих місць; $f_п$ – площа на один пост з урахуванням обладнання й проходів. Додатково приймається резерв 18% на проїзди, внутрішні переміщення та перспективне розміщення обладнання.

Таблиця 1.6 – Рекомендоване обладнання основних дільниць

Дільниця	Основне обладнання
Пости ТО і діагностики	комплект діагностичних сканерів, компресор, підйомні домкрати, пересувні ємності для олив
Слюсарно-механічна	токарний і свердлильний верстати, прес, верстаки, знімачі, шафи інструменту
Зварювальна	напівавтомат, апарат MMA/TIG, витяжка, стіл зварника, засоби захисту
Ресорна дільниця	стенд складання ресор, стелаж листів, оправки, пристрій для запресування втулок
Електротехнічна	зарядний пристрій АКБ, мультиметри, тестер датчиків, стенд перевірки генераторів
Гідравліка	стенд перевірки РВД, набір фітингів, манометри, пристрій для промивання
3D-друк і CAD	FDM-принтер, сушарка філаменту, ПК з CAD, штангенінструмент, 3D-сканер за потреби

Наявність такого обладнання дає змогу виконувати більшість поточних ремонтів у господарстві без передачі техніки стороннім організаціям. Водночас капітальний ремонт двигунів, складних гідростатичних трансмісій та електронних блоків керування доцільно передавати дилерським або спеціалізованим сервісним центрам, оскільки для цього потрібні стенди, програмне забезпечення і гарантійна відповідальність.

Таблиця 1.7 – Площі дільниць машинно-ремонтної майстерні

Дільниця / відділення	Пости	Норма на пост, м²	Площа, м²	Призначення
Пости ТО і діагностики	2	54	108	2 трактори або 1 комбайн
Розбірно-мийна	1	54	54	очищення вузлів, дефектація
Слюсарно-механічна й агрегатна	3	24	72	верстати, столи, стелажі
Зварювально-ковальська	2	24	48	рами, причепи, кронштейни
Дільниця підвіски та ресор	1	42	42	стенд складання ресор
Електротехнічна, гідравліка, паливна апаратура	2	30	60	датчики, АКБ, РВД, форсунки

Продовження таблиці 1.7

Шиномонтажна	1	30	30	колеса, камери, вентилі
Склад запасних частин	1	90	90	фільтри, підшипники, ремені
Склад шин, мастил і технічних рідин	1	54	54	окреме безпечне зберігання
3D-друк, CAD і інструментальна	1	48	48	принтер, ПК, оснастка
Адміністративно-побутові приміщення	1	72	72	майстер, гардероб, санвузол
Проїзди, проходи, технологічний резерв			123	18% від основної площі
Усього по майстерні			801	приймаємо 810 м²

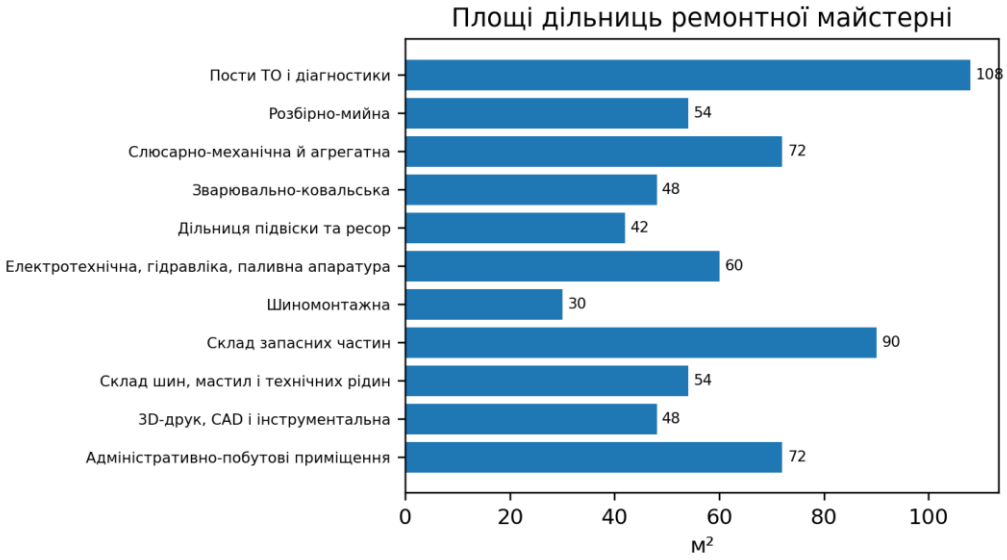


Рис. 1.5. Діаграма площ основних дільниць.

Розрахункова площа майстерні становить 801 м². Для проектування приймаємо 810 м². У складі майстерні передбачено дільницю підвіски та ресор площею 42 м², де розміщується стенд складання ресор, верстак, стелаж листів, комплект знімачів, домкратів і пристроїв для дефектації. Розташовувати цю дільницю доцільно поруч зі зварювальною і слюсарно-механічною зонами, оскільки ремонт ресор часто потребує очищення, заміни втулок, правки кронштейнів і виготовлення дрібних деталей кріплення.

1.6 Забезпечення запасними частинами та застосування 3D-друку

Робота майстерні залежить від стабільного забезпечення запасними частинами. Навіть за наявності кваліфікованих працівників простій техніки

збільшується, якщо відсутні фільтри, ремені, підшипники, рукави високого тиску, манжети, датчики, електричні роз’єми або елементи кріплення. Тому склад запасних частин поділяють на швидкооборотні, сезонні, аварійні та дорогі низькооборотні позиції.

Мінімальний запас швидкооборотних деталей можна визначити за формулою:

$$Q_з = q_{доб} \cdot t_{пост} \cdot K_р, \quad (1.6)$$

де $q_{доб}$ – середньодобова потреба в сезон; $t_{пост}$ – строк поставки, діб; $K_р$ – коефіцієнт резерву 1,2–1,5. Для дорогих вузлів доцільно не створювати надмірний запас, а укладати договори з дилерами на гарантовану поставку або резервування на центральному складі.

Таблиця 1.8 – Система запасу деталей і матеріалів

Група деталей	Рекомендований запас	Можливість 3D-друку
Фільтри, мастила, рідини	запас на сезон	3D-друк не застосовується
Ремені, ланцюги, підшипники	20–30% сезонної потреби	друк шаблонів і кожухів
Рукави ВТ, фітинги	2–3 комплекти типових розмірів	друк маркерів, кліпс, тримачів
Ресорні втулки, болти, пальці	комплект на 1–2 ремонти	друк оправок, шаблонів, заглушок
Датчики, роз’єми, запобіжники	за критичністю машин	друк корпусів і кришок
Робочі органи ґрунтообробних машин	перед весною та осінню	друк калібрів зношування



Рис. 1.6. Схема руху запасних частин.

3D-друк у майстерні доцільно використовувати як допоміжну технологію для малонавантажених полімерних деталей і технологічної оснастки. Принтер класу UltiMaker S7 із робочим об’ємом 330×240×300 мм дозволяє виготовляти заглушки, кліпси, тримачі кабелів, корпуси датчиків, ручки, накладки, шаблони

свердління, оправки для запресування втулок і контрольні калібри. Для цього застосовують PETG, ASA/ABS, TPU, PA або PA-CF залежно від вимог до температурної стійкості, гнучкості й міцності.

Таблиця 1.9 – Матеріали для 3D-друку в майстерні

Матеріал	Типові вироби	Переваги	Обмеження
PETG	кришки, заглушки, корпуси	вологостійкість, простий друк	не для силових деталей
ASA/ABS	зовнішні кожухи, тримачі	температурна й атмосферна стійкість	потрібна вентиляція
TPU	гнучкі прокладки, ковпачки	еластичність	обмежена жорсткість
PA/PA-CF	оправки, шаблони, втулки малих навантажень	міцність і зносостійкість	потрібне сушіння матеріалу

Для впровадження 3D-друку пропонується створити цифровий архів деталей. Після виготовлення кожної моделі вказують машину, призначення деталі, матеріал, параметри друку, час виготовлення і результат випробування. Це дозволяє повторно друкувати перевірені вироби без додаткового моделювання та формувати власну базу технологічної оснастки для ремонту техніки.

Таблиця 1.10 – Оцінка придатності деталей до виготовлення 3D-друком

Категорія	Приклади деталей
Доцільно друкувати	кліпси, заглушки, тримачі, корпуси, шаблони, бирки, оправки
Можна друкувати після перевірки	втулки малих навантажень, накладки, напрямні, амортизуючі вставки
Не друкувати в майстерні	ресорні листи, гальмівні деталі, рульові елементи, гідравлічні корпуси, силові пальці

Не допускається замінювати 3D-друком відповідальні силові елементи: ресорні листи, деталі гальмівної системи, рульового керування, тягово-зчіпних пристроїв, високонавантажені зубчасті колеса, гідравлічні корпуси та деталі, що працюють під тиском. Такі вузли повинні бути оригінальними або виготовленими сертифікованим способом. У майстерні 3D-друк найбільше зменшує простої тоді, коли потрібно швидко отримати дрібну деталь або пристосування, доставка яких триває кілька днів.

Висновки по розділу

Для господарства зони Полісся площею 4000 га підібрано сучасний машинно-тракторний парк, який включає 13 тракторів різних класів, 3 зернозбиральні комбайни, 2 самохідні обприскувачі, посівні комплекси, картопляну техніку, вантажний транспорт, навантажувачі та причіпні агрегати. Такий склад відповідає прийнятій структурі посівів і забезпечує виконання робіт у встановлені строки.

Базова трудомісткість технічного обслуговування і поточного ремонту становить 8724 люд.-год, а з урахуванням додаткових робіт – 10033 люд.-год на рік. Розрахункова чисельність становить 6 основних працівників, але через сезонні піки прийнято 8 працівників із залученням механізаторів до допоміжних робіт.

Загальна площа машинно-ремонтної майстерні прийнята 801 м², тобто в проекті 810 м². У її складі передбачено пости ТО, слюсарно-механічну, розбірно-мийну, зварювальну, електротехнічну, гідравлічну, шиномонтажну, складську, CAD/3D-друк дільниці та окрему зону ремонту ресор зі стендом складання.

Запропонована система забезпечення запасними частинами поєднує складський запас, оперативні поставки та 3D-друк допоміжних полімерних деталей. Це дає можливість зменшити простої техніки, але не замінює сертифіковані запасні частини для відповідальних вузлів.

РОЗДІЛ 2
КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Технологічні передумови розроблення стенду для складання ресор

Надійність машинно-тракторного парку значною мірою залежить від того, наскільки якісно організовано технічне обслуговування ходових частин транспортних і тягових машин. У підвісках вантажних автомобілів, причепів, спеціалізованої сільськогосподарської техніки та допоміжного транспорту широко застосовують листові ресори. Під час роботи вони сприймають змінні ударні й вібраційні навантаження, тому поступово втрачають початкову пружність, одержують місцеві деформації, зношення втулок або руйнування окремих листів. Через це ремонт ресор доцільно виконувати не випадковими ручними прийомами, а на спеціальному стенді, який забезпечує контрольоване стискання пакета листів і безпечне розбирання вузла.

У сервісному підрозділі аграрного підприємства операції з ресорами зазвичай виконують після попереднього очищення машини, діагностування підвіски та підготовки робочого місця. Ресора перед демонтажем повинна бути розвантажена, а рама або міст надійно зафіксовані підставками. Така послідовність зменшує ризик раптового вивільнення накопиченої пружної енергії і створює умови для подальшого дефектування деталей.

Для передньої ресори вантажного автомобіля послідовність демонтажу можна подати таким чином. Спочатку послаблюють і відгвинчують кріплення заднього кронштейна, знімають болт, шайбу та розпірну втулку. Далі від’єднують нижнє кріплення амортизатора, піднімають передню частину автомобіля за раму та встановлюють під неї надійні опори. Після розвантаження підвіски в зоні заднього кронштейна залишають технологічний зазор, достатній для вільного виходу ресори з опорних елементів. На наступному етапі відгвинчують болти переднього вушка, виймають штифт, підводять підйомний пристрій, від’єднують ресору від балки передньої осі та знімають її з автомобіля.

Задні ресори демонтують у схожій логіці, однак з урахуванням особливостей кріплення до башмака та моста. Спочатку послаблюють стяжні шпильки щік башмака, після чого виймають пальці опор або знімають обмежувачі коливань мостів залежно від конструкції автомобіля. Задню частину рами піднімають, ставлять на підставки і забезпечують зазор між кінцями ресори та опорними поверхнями. Потім відгвинчують гайки стремен, знімають накладку, стремена і верхні листи, які не утримуються хомутами. Повністю звільнену ресору знімають за допомогою підйомного пристосування.

Після демонтажу ресору не можна одразу розбирати без фіксації, оскільки пакет листів перебуває у напруженому стані. Вузол встановлюють на стенд або затискають у спеціальному пристрої поблизу центрального болта. Притискний орган стенда підводять до пакета листів і створюють стискальне зусилля, яке компенсує пружні сили ресори. Лише після цього відгвинчують гайки хомутів, виймають болти з втулками, послаблюють центральний болт і поступово розвантажують пакет.

Очищення і дефектування є обов’язковими етапами ремонту. Листи промивають мийним розчином, видаляють залишки мастила і корозійні нашарування, витирають насухо та оглядають. Гумометалеві шарніри перевіряють на наявність відриву гуми від арматури, наскрізних розривів, тріщин торцевих поверхонь і пошкоджень втулок. Кронштейни з тріщинами, відколами або суттєвим зношенням замінюють. Ослаблені заклепкові з’єднання хомутів відновлюють переклепуванням або заміною відповідних деталей.

Стан ресорних листів оцінюють візуально з використанням лупи, а за потреби – методом магнітної дефектоскопії. Листи з тріщинами, зламами, значною корозією чи залишковою деформацією не допускають до повторного складання. У разі масового пошкодження листів ремонт окремих елементів недоцільний, тому ресору замінюють у зборі. Придатні листи, що пройшли контроль, за потреби піддають термічному відновленню, зміцнювальній обробці поверхні та підготовці до складання.

Перед складанням поверхні тертя між листами покривають тонким шаром графітового мастила. Це зменшує зношування, поліпшує роботу пакета під навантаженням і запобігає заїданню листів під час прогину. Правильно зібрана ресора повинна мати щільний контакт листів у крайніх ділянках. У середній зоні в ненавантаженому стані допускається лише невеликий рівномірний зазор, який поступово зникає в напрямку до кінців і центрального болта.

Встановлення відремонтованої передньої ресори проводять у зворотній послідовності до демонтажу. Ресору за допомогою підйомного пристрою опускають на балку передньої осі, попередньо встановивши необхідні кронштейни та прокладки. Далі суміщають центрувальні елементи, встановлюють накладку, вводять стремена в отвори майданчика і рівномірно затягують гайки. Передній кінець ресори заводять у кронштейн, суміщають отвори, вставляють штифт і стяжні болти. Після зняття автомобіля з підставок приєднують амортизатор і остаточно фіксують задній кронштейн.

Монтаж задньої ресори передбачає встановлення пакета на башмак із суміщенням центрувальних елементів, затягування боковин башмака, монтаж накладки та стремен. Після опускання автомобіля на підвіску встановлюють пальці опор або обмежувачі коливання мостів. Завершальним етапом є контроль моменту затягування гайок стремен і змащування пальців вушок до появи свіжого мастила у втулках. Саме тому стенд для складання ресор повинен забезпечувати не тільки достатнє зусилля, а й зручність роботи, безпеку оператора та можливість обслуговування різних типорозмірів ресор.

2.2 Аналіз наявних конструкцій стендів для розбирання і складання ресор

Листові ресори виготовляють зі спеціальних ресорних сталей, здатних працювати в умовах багаторазового циклічного згину. Для отримання необхідної пружності та втомної міцності заготовки піддають термічній обробці, а в окремих випадках - зміцненню поверхні дробоструминним способом. Незважаючи на високу міцність матеріалу, під час тривалої

експлуатації найбільш поширеними дефектами залишаються поломка листів, зниження жорсткості, спрацювання втулок корінного листа, пошкодження хомутів і порушення геометрії пакета.

За функціональним призначенням обладнання для ремонту ресор можна поділити на кілька груп. Перша група - прості стенди для розбирання та складання. На них створюється зусилля стискання пакета, після чого оператор розбирає ресору, виконує дефектування, комплектує придатні листи і знову складає вузол. Такі стенди доцільні для невеликих майстерень, де немає потреби у повному автоматизованому циклі.

Друга група - стенди розбирання, ремонту й складання. У таких установках передбачено не лише стискання пакета, а й додаткові пристрої для випресовування втулок, роботи з болтами хомутів, центрування пакета та часткового контролю стану ресори. Вони продуктивніші, однак складніші за конструкцією і потребують більших капітальних витрат. Третя група - універсальні стенди, на яких виконують складання, навантажувальні випробування і перевірку пружності. Такі установки характерні для великих ремонтних підприємств або заводських умов.

Однією з конструктивних ознак стенда є положення ресори під час обробки. При горизонтальному розташуванні осей втулок корінного листа ресору зручно навантажувати і контролювати її прогин. Така схема частіше використовується у випробувальних установках. Якщо осі втулок орієнтовані вертикально, оператор отримує кращий доступ до листів і кріпильних елементів, що полегшує ручне розбирання та складання. Вибір орієнтації залежить від того, які операції є основними для конкретного робочого місця.

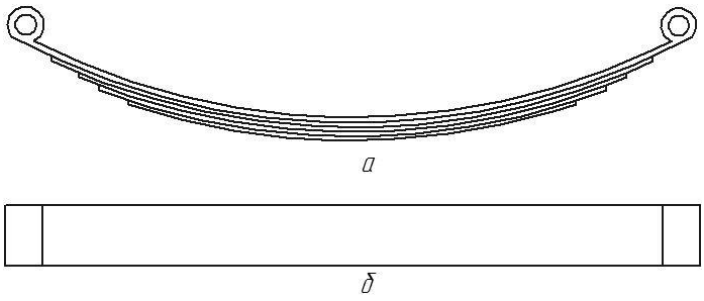


Рис. 2.1. Варіанти розташування ресори під час роботи на стенді.

За величиною створюваного зусилля стенди умовно поділяють на обладнання для легкових автомобілів, для вантажних машин малої та середньої вантажопідйомності, а також для важких вантажних автомобілів, причепів і спеціальної техніки. Для першої групи достатньо зусилля до 10 кН. Для другої групи потрібно близько 40 кН. Для важких транспортних засобів і причіпної техніки зусилля може досягати 80 кН. У сервісному підрозділі машинно-тракторного парку найбільш практичним є обладнання, яке перекриває потреби середньої і частини важкої групи, але не є надмірно складним або дорогим.

За способом створення стискального зусилля застосовують механічні, гідравлічні, пневмогідравлічні та пневматичні схеми. Механічні пристрої прості, недорогі й не залежать від енергомережі, однак потребують значних фізичних зусиль і мають меншу продуктивність. Гідравлічні стенди забезпечують плавне наростання навантаження та високу керованість, але містять насос, бак, розподільну апаратуру і коштують дорожче. Пневмогідравлічні конструкції поєднують доступність цехової пневмомережі з перевагами гідроприводу. Пневматичне пряме стискання застосовують рідше, оскільки швидка зміна тиску та пружність повітря знижують безпеку роботи.

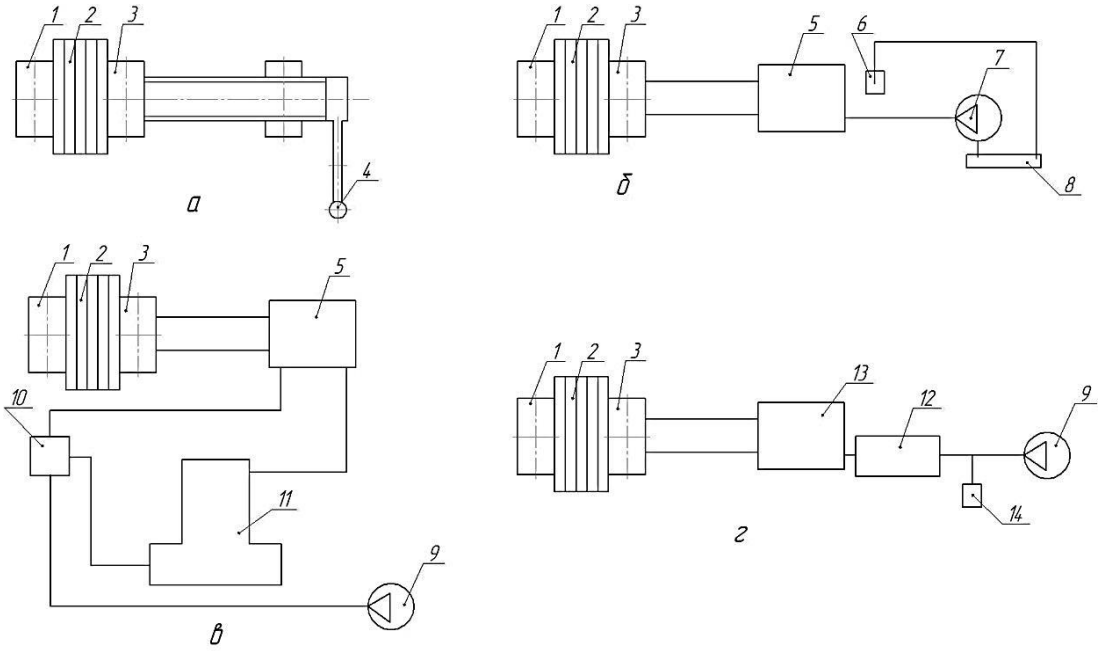


Рис. 2.2. Типові схеми формування стискального зусилля в стендах для ресор.

Найбільш поширеними у ремонтних майстернях є гідравлічні й пневмогідравлічні стенди. У гідравлічній схемі насос подає робочу рідину в силовий циліндр, а його шток переміщує повзун, що стискає ресору між рухомим і нерухомим упорами. Така система дозволяє точно дозувати навантаження та виконувати роботу з невеликою трудомісткістю. Недоліком є висока вартість і залежність від справності гідроапаратури.

У пневмогідравлічній схемі стиснене повітря надходить до підсилювача, який передає зусилля на гідравлічну частину. Далі рідина під тиском діє на гідроциліндр, переміщуючи повзун. Перевагою такого рішення є те, що більшість майстерень уже має пневматичні магістралі, тому стенд не потребує складної насосної станції. Саме з цієї причини для умов технічного сервісу машинно-тракторного парку доцільно розглядати стенд моделі 3039 як базу для подальшої модернізації.

Окрім стаціонарних стендів, використовують прості пристосування з гвинтовим затискачем. Вони дозволяють утримати пакет листів під час відгвинчування центрального болта, але не забезпечують достатньої продуктивності та зручності при роботі з великими ресорами. Їх доцільно застосовувати як допоміжний засіб або резервний варіант, коли обсяг робіт невеликий.

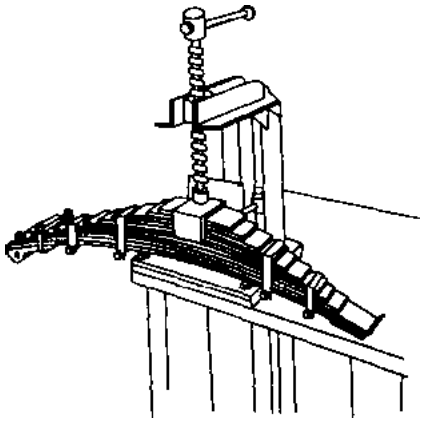


Рис. 2.3. Приклад гвинтового пристрою для розбирання та складання ресор.

Для контролю якості зібраних ресор застосовують спеціальні випробувальні стенди. Вони мають зварну раму, опорні візки або переставні

опори, силовий гідроциліндр, манометри та шкалу для вимірювання прогину. Ресору встановлюють на опори, навантажують через траверсу і за показаннями приладів визначають відповідність її характеристик вимогам. Наявність манометрів різного діапазону підвищує точність контролю при малих і великих навантаженнях.

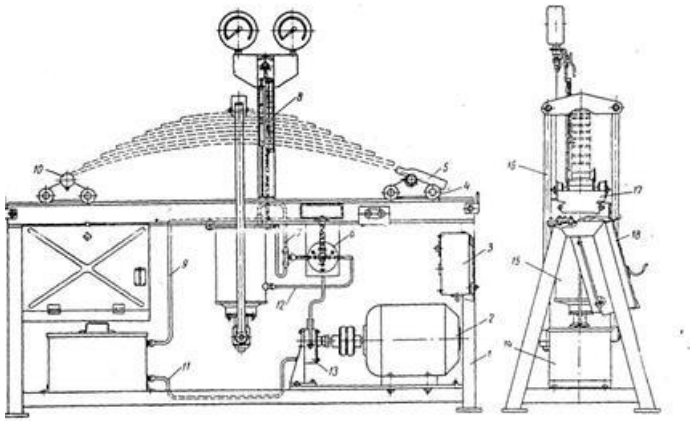


Рис. 2.4. Стенд для складання та випробування автомобільних ресор.

Інший варіант обладнання - стенд із горизонтальним монтажним столом, нерухомими упорами та силовим циліндром. Пакет листів укладають на опорні виступи, після чого рухомий упор у вигляді скоби переводять у робоче положення і фіксують пальцем. При подачі рідини під тиском шток циліндра переміщує скобу, яка стискає пакет і випрямляє листи. У такому положенні встановлюють центральний болт, після чого тиск знижують і ресора повертається до початкової форми.

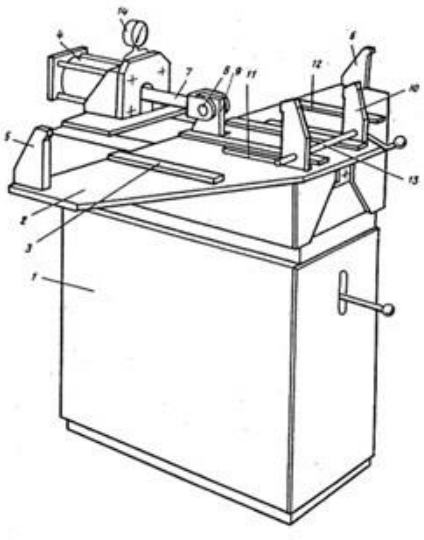


Рис. 2.5. Схема стенда для розбирання та складання ресор.

Під час встановлення відремонтованої ресори на автомобіль можуть використовуватися переносні монтажні пристрої. Типове пристосування складається з рами, важеля, гвинтової обойми, шарнірної головки та фіксаторів. Ресору закріплюють у рамі, після чого поворотом важеля плавно змінюють її геометрію до збігу з місцями кріплення на автомобілі. Недоліками такого пристрою є значна маса, незручність переміщення і відсутність вбудованого підйомного механізму, що підвищує трудомісткість монтажу.

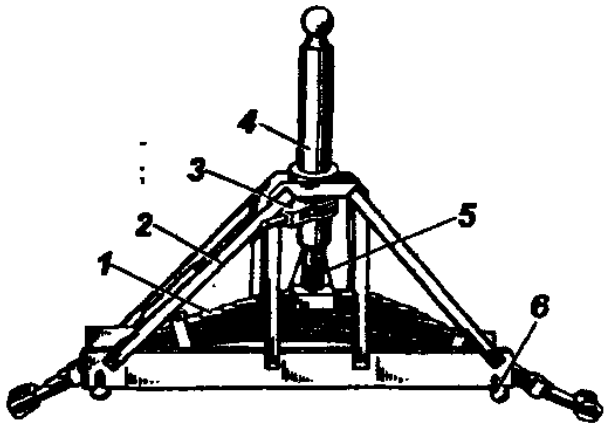


Рис. 2.6. Пристосування для монтажу ресори на автомобіль.

Порівняння наведених рішень показує, що для ремонтної майстерні аграрного підприємства оптимальним є стенд, який має достатнє зусилля стискання, просту конструкцію, можливість роботи від наявної пневмомережі та резервний механічний режим. Саме така логіка покладена в основу подальшої модернізації стенда для складання ресор.

2.3 Опис запропонованої конструкції стенду та принципу його роботи

За базову конструкцію прийнято стенд моделі 3039, призначений для розбирання і складання ресор вантажних автомобілів. Його основою є зварна рама, на якій розміщені пневмогідравлічний підсилювач, станина з робочим гідроциліндром, напрямні, повзун і нерухома опора. Під час роботи повзун переміщується по напрямних і притискає пакет листів до опори, створюючи потрібне технологічне стискання. Для підвищення жорсткості вузлів передбачені косинки та болтові з’єднання станини з рамою.

У штатному виконанні пневмогідравлічна частина складається з пневматичного циліндра, штоків, поршнів, гідравлічної порожнини, трубопроводів, датчика тиску повітря, датчика тиску масла та перемикача режимів. Робочий гідроциліндр має поршень і шток, які передають навантаження на повзун. Для заповнення системи використовується робоча рідина типу І-Г-А-32. Розміщення елементів на рамі забезпечує компактність стенда і доступ оператора до ресори та органів керування.

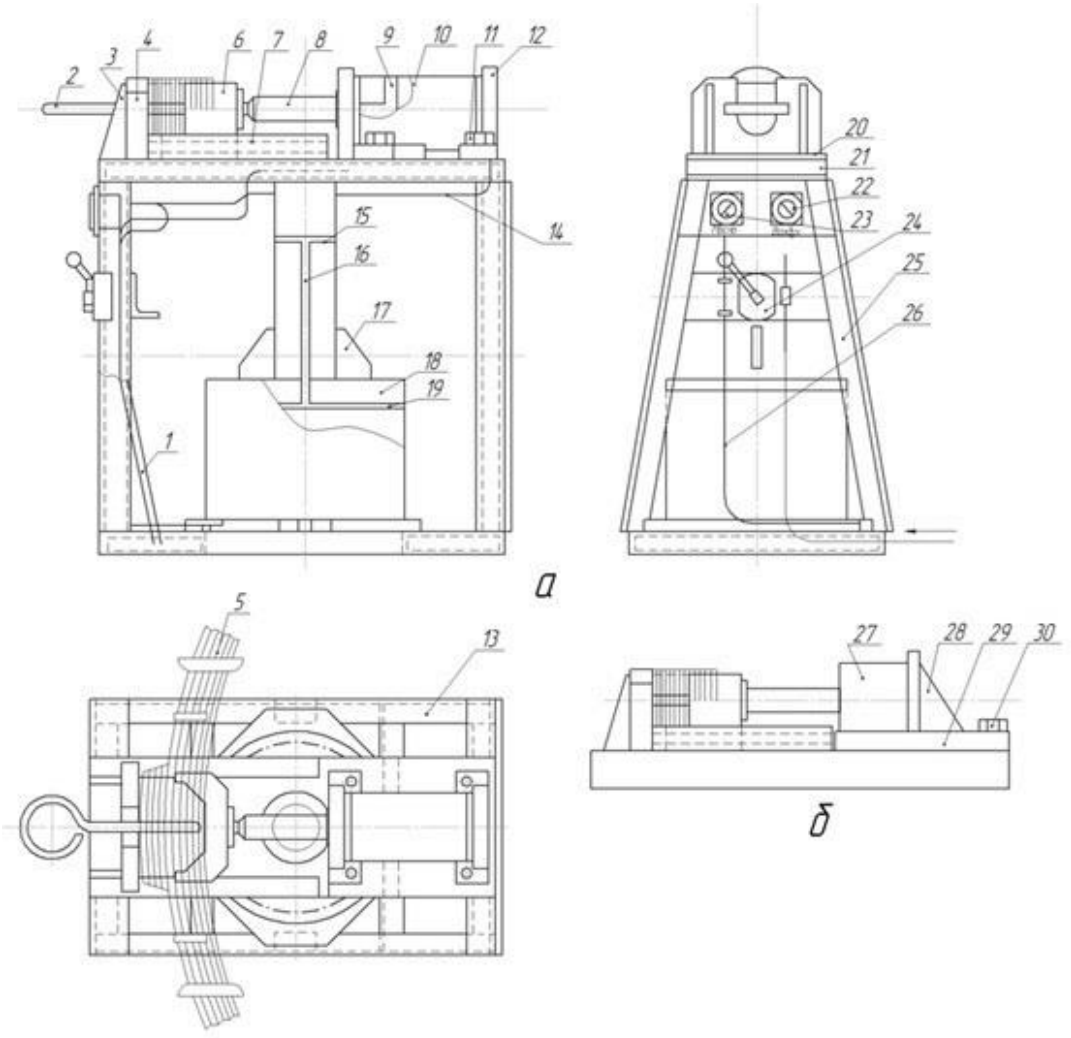


Рис. 2.7. Базовий стенд 3039 і варіант його уніфікації.

Запропонована модернізація полягає у розширенні технологічних можливостей стенда. По-перше, передбачається підвищення робочого стискального зусилля до 50 кН, що дає змогу обслуговувати ресори більшої жорсткості. По-друге, конструкція доповнюється резервним механічним вузлом на основі гвинтового домкрата вантажопідйомністю 5 т, встановленого на

окремій станині. Такий вузол дозволяє виконувати складальні операції навіть тоді, коли у цеховій пневмомережі немає тиску або пневмогідравлічна система тимчасово несправна.

Гідропневматична схема роботи стенда містить пневматичні магістралі, гідравлічні лінії, розподільник із трьома положеннями, пневмогідравлічний підсилювач, робочий гідроциліндр і контрольні датчики. Розподільник має режими «вимкнено», «стискання» та «розтискання». У нейтральному положенні подача робочого середовища припинена, а рух виконавчих елементів не відбувається.

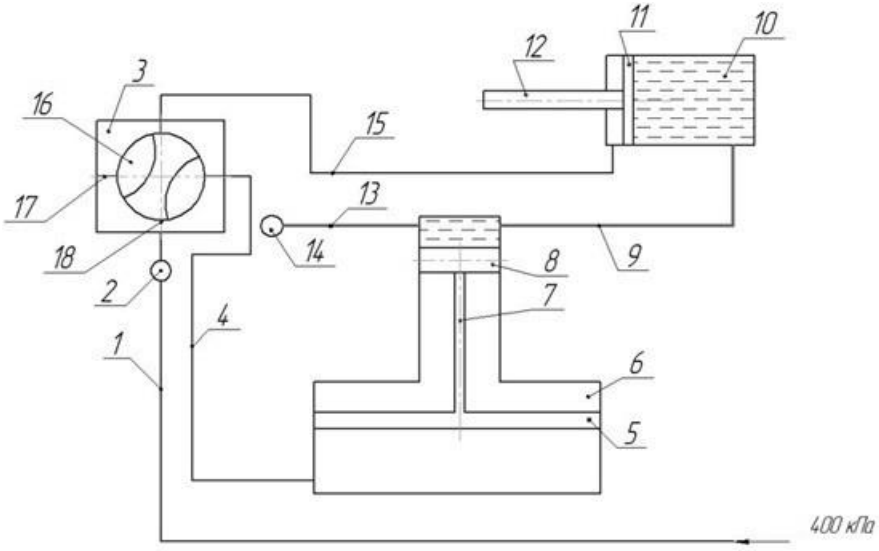


Рис. 2.8. Принципова гідропневматична схема стенда.

У режимі «стискання» повітря під тиском надходить із цехової магістралі через датчик тиску до розподільника, а потім у нижню порожнину пневмогідравлічного циліндра. Поршень пневматичної частини переміщується і через шток діє на гідравлічний поршень. Робоча рідина витискується у гідравлічну магістраль, надходить до датчика тиску масла та робочого гідроциліндра. Поршень гідроциліндра переміщує шток, а через нього - повзун стенда. У результаті ресора стискається між рухомим і нерухомим упорами.

У режимі «розтискання» повітря через розподільник подається в протилежну порожнину робочого циліндра, а рідина з гідроциліндра повертається до пневмогідравлічного підсилювача. Повзун відходить у вихідне положення, пакет листів поступово розвантажується, після чого ресору можна

безпечно зняти зі стенда. Плавність переміщення штока і наявність контролю тиску забезпечують керованість процесу та зменшують ризик травмування працівника.

Основні параметри базового стенда моделі 3039 подано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні параметри базового стенда 3039.

Показник	Значення
Номінальне зусилля стискання ресори, кН	40
Робочий тиск повітря в цеховій мережі, кПа	400
Маса стенда, кг	320
Тип приводу	пневмогідравлічний
Основне призначення	розбирання та складання ресор вантажних автомобілів і причіпної техніки

Стенд може застосовуватися для ресор вантажних автомобілів та інших машин зі схожими параметрами підвіски. Для умов машинно-тракторного парку це важливо, оскільки ремонтна майстерня часто обслуговує не одну марку техніки, а змішаний парк вантажних автомобілів, тракторних причепів, напівпричепів і допоміжних транспортних засобів.

Головна ідея конструкторського рішення полягає в уніфікації стенда. Після модернізації він повинен працювати як у звичайному пневмогідравлічному режимі, так і в резервному режимі з гвинтовим домкратом. Завдяки цьому підвищується технологічна гнучкість дільниці ремонту, скорочуються простої через відсутність тиску повітря або відмову пневматичного насоса, а також розширюється діапазон ресор, які можна складати на одному робочому місці.

2.4 Розрахунок системи стенда на зусилля 50 кН

Для розширення сфери застосування стенда необхідно забезпечити стискальне зусилля 50 кН. Теоретично цього можна досягти двома шляхами: збільшенням тиску в пневматичній мережі або зміною параметрів робочого гідроциліндра. Перший спосіб є найпростішим лише на перший погляд,

оскільки підвищення тиску збільшує навантаження на всі ланки пневмогідравлічної системи.

Оцінимо перевантаження, яке виникне при переході від номінального зусилля базового стенда до потрібного значення:

$$\delta_н = ((F_1 – F_2) / F_1) \cdot 100\ \% \quad (2.1)$$

де F_1 – необхідне зусилля модернізованого стенда, F_1 = 50 кН; F_2 – зусилля базової моделі 3039, F2 = 40 кН.

$$\delta_н = ((50 – 40) / 50) \cdot 100 = 20\ \%$$

Допустиме перевантаження приймається не більше 15 %. Отримане значення 20 % перевищує допустиму межу, тому збільшувати зусилля лише за рахунок підвищення тиску в пневмомережі недоцільно. Такий варіант може спричинити перевантаження елементів стенда, прискорене зношування ущільнень і небезпечні відмови під час роботи.

Раціональнішим є другий шлях - встановлення робочого гідроциліндра більшого діаметра. Для цього використовують залежність між силою на штоку, тиском робочої рідини та площею поршня:

$$P = F / S \quad (2.2)$$

$$S = (\pi \cdot D^2) / 4 \quad (2.3)$$

де P – тиск рідини у гідроциліндрі; F – сила на штоку; S – площа поршня; D – діаметр поршня.

За вихідним розрахунковим тиском P = 2614,38 кН/м² визначаємо потрібну площу поршня для отримання сили 50 кН:

$$S = F / P = 50 / 2614,38 = 0,0192\ м^2 \quad (2.4)$$

Після цього діаметр поршня становитиме:

$$D = \sqrt{(4S / \pi)} = \sqrt{(4 \cdot 0,0192 / 3,14)} = 0,156\ м$$

З урахуванням стандартного ряду та запасу працездатності приймаємо діаметр поршня D = 0,16 м. Для цього діаметра площа поршня дорівнює:

$$S = (3,14 \cdot 0,16^2) / 4 = 0,0201\ м^2$$

Тоді фактичне зусилля на штоку становитиме:

$$F = P \cdot S = 2614,38 \cdot 0,0201 = 52,5\ кН$$

Відхилення фактичного зусилля від прийнятого розрахункового значення:

$$\delta = ((52,5 - 50) / 52,5) \cdot 100 = 4,85\ \%$$

Отримане відхилення не перевищує допустимих 15 %, тому вибраний діаметр поршня можна вважати прийнятним. Запас за зусиллям дає можливість компенсувати втрати в системі, тертя ущільнень і незначні коливання тиску у мережі.

Для герметизації поршня в гідроциліндрі доцільно застосувати гумову ущільнювальну манжету, розраховану на роботу в гідравлічних пристроях. Для прийнятого діаметра поршня вибирається манжета 1-162×160-1 за ДСТУ 14896:2004. Для ущільнення штока використовується гумова манжета для пневматичних пристроїв 1-05-3 за ДСТУ 6678:2008. Типові профілі таких ущільнень наведено на рисунку 2.9.

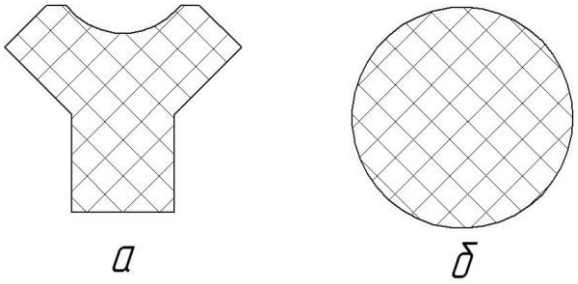


Рис. 2.9. Профілі ущільнювальних манжет для гідравлічних і пневматичних вузлів

Резервний механічний режим реалізується за рахунок гвинтового домкрата вантажопідйомністю 5 т, змонтованого на окремій платформі. Його застосування доцільне у випадках, коли пневматична система цеху тимчасово не працює, відсутня електроенергія для компресорного обладнання або необхідно виконати термінову операцію складання без запуску всієї енергетичної інфраструктури майстерні.

2.5 Перевірні розрахунки міцності елементів модернізованого стенду

2.5.1 Перевірка різьбового з’єднання гвинт-гайка домкрата

Оскільки резервний вузол сприймає значне осьове навантаження, необхідно перевірити працездатність різьбового з’єднання гвинт-гайка.

Розрахунок виконують за умовою зрізу витків гайки та гвинта, а також за умовою зминання робочих поверхонь різьби. Напруження зрізу в різьбі гайки визначається за формулою:

$$\tau_1 = F / (\pi \cdot D \cdot k \cdot H_г \cdot k_м) \leq [\tau_1]_{зр} \quad (2.5)$$

Напруження зрізу в різьбі гвинта:

$$\tau_2 = F / (\pi \cdot d \cdot k \cdot Hг \cdot kм) \leq [\tau_2]_{зр} \quad (2.6)$$

У формулах $H_г$ – висота гайки; k – кое фіцієнт повноти різьби, для упорної різьби k = 0,6; $k_м$ - коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження між витками, $k_м$ = 0,6; F – ос ьове зусилля на гвинті, F = 50 кН; D - внутрішній діаметр різьби гайки; d – внутрішній діаметр різьби гвинта. Для сталі 20 допустимі напруження приймаємо $[\tau_1]_{зр}$ = 15 МПа та $[\tau_2]_{зр}$ = 20 МПа.

Для прийнятого домкрата параметри різьби становлять: $H_г$ = 80 мм; D = 54,052 мм; d = 45,853 мм. Підставляючи ці значення у формули, одержуємо:

$$\tau_1 = 50000 / (3,14 \cdot 54,052 \cdot 0,76 \cdot 80 \cdot 0,6) = 8,08 \text{ МПа}$$

$$\tau_2 = 50000 / (3,14 \cdot 45,853 \cdot 0,76 \cdot 80 \cdot 0,6) = 9,51 \text{ МПа}$$

Отже, τ_1 = 8,08 МПа < 15 МПа, а τ2 = 9,51 МПа < 20 МПа. Умова міцності за зрізом виконується як для гайки, так і для гвинта.

Далі перевіряємо різьбу на зминання. Напруження зминання визначається за залежністю:

$$\sigma_{зм} = 4F / (\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot k_м \cdot Z) \leq [\sigma]_{зм} \quad (2.7)$$

де Z – кількість витків по довжині загвинчування, Z = 20; [σ]зм - допустиме напруження зминання, [σ]зм = 15 МПа.

$$\sigma_{зм} = 4 \cdot 50000 / (3,14 \cdot (54,052^2 - 45,853^2) \cdot 0,6 \cdot 20) = 6,48 \text{ МПа}$$

Оскільки σзм = 6,48 МПа < 15 МПа, умова міцності на зминання також виконується. Отже, різьбове з’єднання домкрата має достатній запас для роботи при розрахунковому навантаженні 50 кН.

2.5.2 Розрахунок болтів кріплення станини домкрата

Домкрат встановлюється на станині, яка кріпиться до основи стенда чотирма болтами. Під час роботи на вузол діє осьова сила 50 кН і згинальний

момент від ексцентриситету прикладання навантаження. Для оцінки реакцій опор приймаємо розрахункову схему, показану на рисунку 2.10.

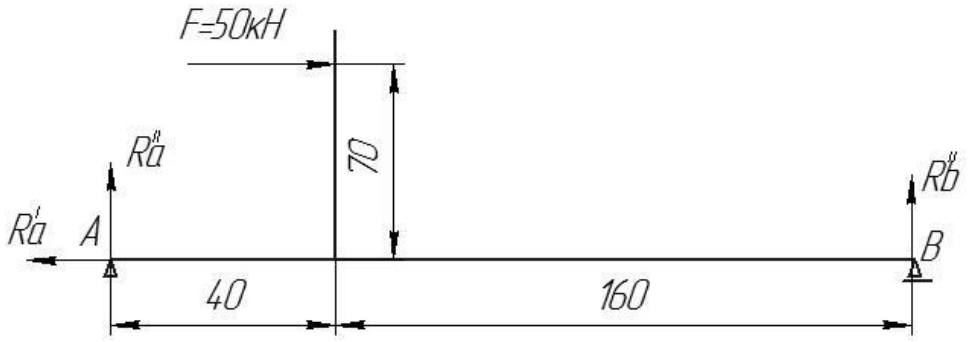


Рис. 2.10. Розрахункова схема сил, що діють на станину домкрата.

З умови рівноваги по горизонталі реакція в опорі А дорівнює прикладеній силі. Рівняння моментів відносно опори А дає реакцію в опорі В:

$$F \cdot 0{,}07 - RB \cdot 0{,}2 = 0$$

$$R_B = 50000 \cdot 0{,}07 / 0{,}2 = 1{,}75 \text{ кН}$$

Аналогічно за рівнянням моментів відносно опори В отримують реакцію в опорі А:

$$R_A = 50000 \cdot 0{,}07 / 0{,}2 = 1{,}75 \text{ кН}$$

Розрахунок кріпильних болтів виконуємо за умовою зрізу. Загальне навантаження на болти приймаємо Qзаг = 50 кН, кількість болтів Z = 4. Тоді навантаження на один болт дорівнює:

$$Q1 = Q_{заг} / Z = 50000 / 4 = 12{,}5 \text{ кН} \quad (2.8)$$

Внутрішній діаметр різьби за умовою зрізу визначається з формули:

$$d = \sqrt{(4Q / (\pi \cdot [\tau]_{зр}))} \quad (2.9)$$

Для сталі 20 допустиме напруження зрізу приймаємо $[\tau]_{зр}$ = 20 МПа. Тоді:

$$d = \sqrt{(4 \cdot 12500 / (3{,}14 \cdot 20))} = 8{,}92 \text{ мм}$$

Для забезпечення додаткового запасу міцності приймаємо болт М14×60 з внутрішнім діаметром різьби 11,835 мм. Такий вибір перевищує мінімально необхідний діаметр і підвищує надійність кріплення станини.

Окремо перевіримо зручність роботи гвинтового домкрата. Орієнтовна довжина важеля визначається за залежністю:

$$L \approx 16d$$

де d - середній діаметр різьби гвинта, d = 48,91 мм.

$$L \approx 16 \cdot 0{,}04891 = 0{,}7824 \text{ м}$$

Сила, яку має прикласти працівник до рукоятки, за наближеною залежністю становитиме:

$$F \approx 100F_p$$

$$F_p = 50000 / 100 = 500 \text{ Н}$$

Зусилля 500 Н є досить значним для тривалої ручної роботи. Для поліпшення ергономічності пропонується збільшити довжину важеля до 0,9 м. Це зменшує необхідне прикладене зусилля, полегшує керування домкратом і підвищує безпеку оператора.

Висновок по розділу

У другому розділі обґрунтовано необхідність використання спеціалізованого стенда для виконання операцій розбирання та складання ресор у системі технічного сервісу машинно-тракторного парку. Показано, що ручне розбирання ресори без контрольованого стискання є небезпечним і трудомістким, оскільки пакет листів перебуває під дією значних пружних сил. Тому застосування стенда дозволяє впорядкувати технологічний процес, знизити ризик травмування працівників і підвищити якість ремонту.

Проведений аналіз конструкцій показав, що для умов ремонтної майстерні аграрного підприємства найдоцільнішою є пневмогідравлічна схема з можливістю резервного механічного приводу. На основі стенда моделі 3039 запропоновано модернізацію, яка передбачає підвищення стискального зусилля до 50 кН та встановлення гвинтового домкрата на окремій станині. Таке рішення розширює перелік обслуговуваних ресор і забезпечує працездатність обладнання навіть за відсутності тиску в пневматичній мережі.

Розрахунки пневмогідравлічної системи підтвердили, що підвищувати зусилля за рахунок збільшення тиску недоцільно через перевищення допустимого перевантаження. Натомість встановлення гідроциліндра з діаметром поршня 0,16 м забезпечує фактичне зусилля близько 52,5 кН, що

відповідає прийнятому запасу. Перевірка різьбового з’єднання домкрата і болтів кріплення станини показала виконання умов міцності за зрізом і зминанням. Отже, запропонована конструкція є працездатною, технологічно доцільною та придатною для використання на дільниці ремонту ресор машинно-тракторного парку.

РОЗДІЛ 3
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Мета та вихідні дані для економічного оцінювання

Техніко-економічне обґрунтування виконується для оцінки доцільності прийнятих проектних рішень з організації технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства зони Полісся. Основними рішеннями є створення машинно-ремонтної майстерні, розподіл її на функціональні дільниці, оснащення постів діагностичним і ремонтним обладнанням, організація складу запасних частин, а також розроблення дільниці ремонту підвіски зі стендом для складання ресор.

Економічний ефект від проекту формується не лише за рахунок прямого зменшення вартості ремонту. Для сільськогосподарського підприємства важливе значення має своєчасність виконання польових робіт, тому скорочення простоїв техніки у посівний та збиральний періоди також має економічну цінність. Якщо ремонт виконується власними силами і потрібна деталь є на складі або може бути виготовлена в майстерні, машина швидше повертається в роботу, а втрати від порушення агротехнічних строків зменшуються.

У розрахунках використано проектні дані першого розділу: площа підприємства становить 4000 га, річна трудомісткість технічного обслуговування і поточного ремонту машинно-тракторного парку - 10033 люд.-год, прийнята площа майстерні – 810 м², кількість основних ремонтних працівників - 8 осіб. Для дільниці підвіски та ресор передбачено 42 м², що дозволяє розмістити стенд, верстак, стелажі для листів ресор, комплект знімачів і засоби дефектації.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для техніко-економічного розрахунку

Показник	Значення	Пояснення
Площа ріллі підприємства	4000 га	проектне господарство зони Полісся
Річна трудомісткість ТО і ПР	10033 люд.-год	за розрахунками розділу 1
Площа машинно-ремонтної майстерні	810 м²	з урахуванням постів, складів і проходів
Кількість основних працівників	8 осіб	з урахуванням сезонних піків
Площа дільниці підвіски та ресор	42 м²	місце встановлення стенда для складання ресор
Частка робіт, що переводиться у власну майстерню	6500 люд.-год/рік	поточні ремонти, діагностика, зварювання, слюсарні роботи

3.2 Обґрунтування капітальних вкладень

Капітальні вкладення включають обладнання основних ремонтних постів, засоби діагностування, слюсарно-механічну та зварювальну оснастку, складське оснащення, комплект для 3D-друку і витрати на монтаж. У розрахунку прийнято, що будівля майстерні використовується або реконструюється в межах існуючої виробничої бази, тому в капітальні вкладення включено переважно технологічне обладнання та дооснащення дільниць.

Окремою позицією виділено дільницю підвіски та ресор. Її вартість є порівняно невеликою, однак вона забезпечує важливий практичний результат: ремонти ресор вантажних автомобілів, причепів і допоміжного транспорту виконуються без відправлення вузлів до сторонніх організацій. Це особливо важливо в період збирання врожаю, коли транспорт працює з підвищеним навантаженням.

Таблиця 3.2 – Орієнтовні капітальні вкладення у проектні рішення

№	Напрям вкладень	Сума, тис. грн	Частка, %
1	Діагностичний пост, сканери, вимірювальний інструмент	220	15.0
2	Підіймально-транспортні засоби, домкрати, талі, візки	160	10.9
3	Слюсарно-механічне обладнання і верстатна зона	240	16.4
4	Зварювальне, рихтувальне та теплове обладнання	110	7.5
5	Дільниця підвіски та ресор зі стендом складання ресор	78	5.3
6	Гідравлічна, шиномонтажна та компресорна оснастка	170	11.6
7	Складська система, стелажі, тара, облік запасних частин	115	7.8
8	Комплект 3D-друку, сушіння філаменту, CAD-робоче місце	82	5.6
9	Освітлення, вентиляція, засоби охорони праці	165	11.3
10	Монтаж, пусконалагодження та резерв непередбачених витрат	125	8.5
	Усього капітальні вкладення	1465	100,0



Рис.3.1. Структура капітальних вкладень у проектні рішення.

Найбільшу частку становлять слюсарно-механічна зона, діагностичний пост, обладнання гідравлічної і шиномонтажної дільниць, а також заходи з освітлення, вентиляції та безпеки праці. Такий розподіл є логічним, оскільки майстерня має виконувати не вузьку спеціалізовану операцію, а повний

комплекс робіт з поточного ремонту і технічного обслуговування машинно-тракторного парку.

3.3 Розрахунок експлуатаційних витрат і річного економічного ефекту

Для порівняння приймаємо два варіанти організації ремонту. Базовий варіант передбачає значну передачу робіт стороннім сервісним організаціям. Проектний варіант передбачає виконання більшої частини поточного ремонту та технічного обслуговування у власній майстерні. Складні ремонти двигунів, гідростатичних трансмісій і електронних блоків керування доцільно залишити за спеціалізованими сервісними центрами, оскільки вони потребують дилерського програмного забезпечення і гарантійної відповідальності.

Пряму економію від переведення робіт у власну майстерню визначаємо за формулою:

$$E_р = T_{вл} \cdot (C_{зовн} - C_{вн}), \qquad (3.1)$$

де $T_{вл}$ – обсяг робіт, що виконуються власними силами, люд.-год; $C_{зовн}$ – середня вартість однієї нормо-години зовнішнього сервісу, грн; $C_{вн}$ – розрахункова собівартість однієї нормо-години у власній майстерні, грн. Для розрахунку приймаємо $T_{вл}$ = 6500 люд.-год/рік, $C_{зовн}$ = 420 грн/год, $C_{вн}$ = 270 грн/год. Тоді:

$$E_р = 6500 \cdot (420 - 270) = 975.0 \text{ тис. грн/рік.}$$

Крім прямої економії на нормо-годинах, враховано зменшення витрат на перевезення агрегатів до сервісних підприємств, скорочення простоїв у сезон робіт, економію від стенда для складання ресор та ефект від використання 3D-друку для виготовлення допоміжних деталей. Додаткові річні витрати включають електроенергію, витратні матеріали, сервіс обладнання, філамент для 3D-друку та планове обслуговування вентиляції й компресорного господарства.

Таблиця 3.3 - Розрахунок річного економічного ефекту

Складова ефекту	Методика визначення	Сума, тис. грн/рік	Характер впливу
Економія на виконанні робіт власними силами	6500 · (420 - 270)	975.0	зменшення оплати зовнішнього сервісу
Зменшення транспортних витрат	менше рейсів до сервісних баз	42.0	менше перевезень агрегатів і вузлів
Скорочення сезонних простоїв техніки	оперативний ремонт у господарстві	128.0	вища технічна готовність
Ефект від стенда для складання ресор	економія праці та відмова від сторонніх робіт	80.5	ремонт підвіски у майстерні
Ефект від 3D-друку допоміжних деталей	виготовлення малих партій деталей	47.0	швидке відновлення вузлів
Додаткові експлуатаційні витрати	енергія, матеріали, обслуговування	-116.0	зменшують загальний ефект
Чистий річний економічний ефект	сума складових	1156.5	результат проекту

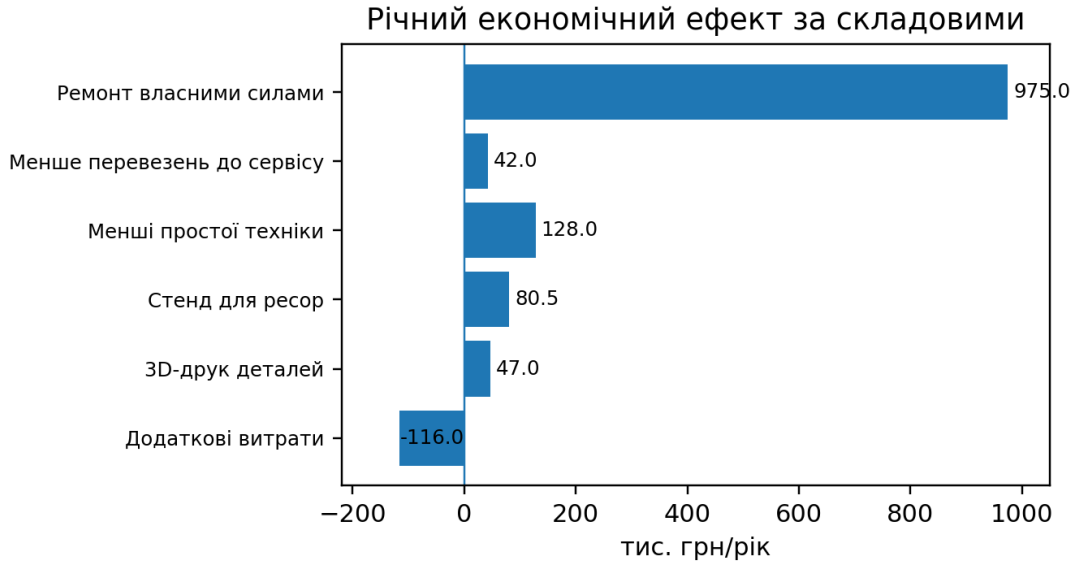


Рис. 3.2. Річний економічний ефект за складовими

3.4 Економічна оцінка стенда для складання ресор

Запропонований стенд для складання ресор має подвійний економічний ефект. По-перше, він зменшує трудомісткість розбирання і складання ресор, оскільки забезпечує кероване стискання пакета листів і безпечне встановлення центрального болта. По-друге, стенд дозволяє виконувати роботи у власній майстерні без передачі ресор до стороннього ремонту. Це знижує витрати,

скорочує час очікування та підвищує готовність транспортних засобів у період масового перевезення врожаю.

Таблиця 3.4 – Порівняння виконання робіт з ресорами до і після впровадження стенда

Показник	Без спеціального стенда	З проектним стендом	Результат
Трудомісткість однієї операції	5,0 люд.-год	2,2 люд.-год	економія 2,8 люд.-год
Кількість операцій за рік	45	45	обсяг для вантажних автомобілів і причепів
Річна економія праці	–	126 люд.-год	126 · 270 = 34,0 тис. грн
Передача робіт стороннім сервісам	частково потрібна	не потрібна для типових ресор	економія близько 46,5 тис. грн
Сумарний річний ефект	–	–	80,5 тис. грн/рік

До прямих переваг стенда належить і підвищення безпеки праці. Пакет ресорних листів перебуває у напруженому стані, тому неконтрольоване розбирання із застосуванням випадкових струбцин, лещат або підручних пристроїв створює ризик травмування. Стаціонарний стенд з фіксованими упорами, контрольованим переміщенням повзуна і можливістю резервного механічного приводу знижує цей ризик і робить технологічний процес повторюваним.

Важливо, що модернізація стенда не потребує значних капітальних вкладень порівняно з купівлею нового універсального випробувального обладнання. Для ремонтної майстерні господарства достатньо стенда, який забезпечує складання та розбирання ресор вантажних автомобілів і причепів, а перевірку складних характеристик можна виконувати за потреби на спеціалізованому підприємстві.

3.5 Економічне значення запасних частин і 3D-друку

Склад запасних частин є одним із ключових елементів економічної ефективності майстерні. Якщо деталі закуповуються без плану, виникає або надлишок повільнооборотних позицій, або дефіцит простих комплектуючих у критичний момент. Тому запас доцільно поділяти на три групи: постійний запас

швидкозношуваних деталей, сезонний запас для посівної та збиральної кампаній і аварійний запас для техніки, зупинка якої створює найбільші втрати.

Мінімальний запас швидкооборотних деталей можна визначити за формулою:

$$Q_з = q_{доб} \cdot t_{пост} \cdot K_р, \quad (3.2)$$

де $q_{доб}$ – середньодобова потреба у деталі під час сезону; $t_{пост}$ – строк постачання, діб; $K_р$ – коефіцієнт резерву. Для фільтрів, ременів, підшипників, рукавів високого тиску, електричних роз'ємів і кріплення коефіцієнт резерву доцільно приймати 1,2-1,4, оскільки відсутність таких деталей часто призводить до простою всієї машини.

3D-друк не замінює заводські запасні частини, особливо якщо деталь сприймає значне навантаження, працює при високій температурі або належить до елементів безпеки. Однак у майстерні він є корисним для виготовлення малих партій допоміжних деталей: захисних кришок, втулок напрямних, фіксаторів проводки, ручок, корпусів датчиків, шаблонів для свердління, технологічних оправок і маркувальних елементів. Такі деталі часто коштують недорого, але їх очікування може затримувати ремонт.

Для умов майстерні доцільно використовувати FDM-принтер із пластиками PETG, ABS, PLA+ та нейлоном. Практичне застосування обмежується малонавантаженими деталями: заглушками, кожухами, фіксаторами проводки, шаблонами, оправками та дослідними зразками. Відповідальні силові деталі, елементи гальмівної системи, рульового керування, пальці ресор, навантажені кронштейни і деталі з високою температурою роботи друкувати не допускається.

Орієнтовний річний економічний ефект від 3D-друку приймаємо 47 тис. грн. Він виникає завдяки зменшенню закупівлі дрібних пластикових деталей і скороченню очікування постачання. Для контролю якості в майстерні слід вести журнал виготовлених виробів із зазначенням матеріалу, режиму друку та вузла, у якому деталь використана.

3.6 Узагальнюючі економічні показники проекту

Узагальнюючим показником ефективності є строк окупності капітальних вкладень. Його визначаємо як відношення загальної суми вкладень до чистого річного економічного ефекту:

$$T_{ок} = K / E_{ч}, \quad (3.3)$$

де K = 1465 тис. грн – капітальні вкладення; $E_{ч}$ = 1156.5 тис. грн/рік – чистий річний економічний ефект. Тоді:

$$T_{ок} = 1465 / 1156.5 = 1.27 \text{ року}.$$

Рентабельність проектних вкладень визначаємо за формулою:

$$R = E_{ч} / K \cdot 100\ \%. \quad (3.4)$$

$$R = 1156.5 / 1465 \cdot 100 = 78.9\ \%.$$

Таблиця 3.6 – Основні техніко-економічні показники проекту

Показник	Значення	Оцінка результату
Капітальні вкладення	1465 тис. грн	переважно технологічне обладнання
Чистий річний економічний ефект	1156.5 тис. грн/рік	після урахування додаткових витрат
Строк окупності	1.27 року	менше двох років, проект доцільний
Рентабельність вкладень	78.9 %	достатній рівень для ремонтного проекту
Ефект у розрахунку на 1 га ріллі	289 грн/га	зменшення сервісних витрат підприємства
Очікуване підвищення коефіцієнта технічної готовності	з 0,86 до 0,91	за рахунок скорочення простоїв і наявності запасів

Висновки по розділу

Проведене техніко-економічне обґрунтування показало, що організація машинно-ремонтної майстерні для підприємства площею 4000 га є економічно доцільною. Розрахункова річна трудомісткість робіт 10033 люд.-год створює достатнє завантаження для восьми ремонтних працівників і виправдовує оснащення майстерні діагностичним, слюсарно-механічним, зварювальним, гідравлічним і складським обладнанням.

Загальні капітальні вкладення у проектні рішення становлять 1465 тис. грн, а чистий річний економічний ефект - 1156,5 тис. грн. Строк окупності дорівнює 1,27 року, що свідчить про високу ефективність прийнятих рішень. Додатковою перевагою є підвищення коефіцієнта технічної готовності машинно-тракторного парку, зменшення залежності від сторонніх сервісних організацій і скорочення простоїв у періоди найбільшого польового навантаження.

Розроблений стенд для складання ресор дає змогу виконувати ремонт підвіски у власній майстерні, зменшує трудомісткість операцій і підвищує безпеку праці. 3D-друк доцільний як допоміжний інструмент для малонавантажених деталей, шаблонів і технологічної оснастки. У комплексі ці рішення підвищують автономність майстерні та економічну стійкість технічного сервісу підприємства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності організації технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства шляхом раціонального формування ремонтно-обслуговувальної бази та розробки стенду для складання ресор. Актуальність обраної теми зумовлена тим, що надійність сільськогосподарської техніки безпосередньо впливає на своєчасність виконання польових робіт, продуктивність виробництва, витрати на експлуатацію машин і загальну економічну ефективність діяльності підприємства.

У першому розділі було виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні для проектного сільськогосподарського підприємства зони Полісся, яке має 4000 га сільськогосподарських угідь. З урахуванням природно-кліматичних умов регіону, структури посівних площ і потреб виробництва підібрано сучасний склад машинно-тракторного парку, що включає трактори різних тягових класів, зернозбиральні комбайни, ґрунтообробну, посівну, транспортну та допоміжну техніку. Такий склад техніки забезпечує виконання основних технологічних операцій у встановлені агротехнічні строки.

Проведені розрахунки трудомісткості технічного обслуговування і ремонту машин дали змогу визначити річний обсяг ремонтно-обслуговувальних робіт, потребу в робітниках і необхідні площі основних дільниць майстерні. Було обґрунтовано склад виробничих відділень, зокрема дільниць технічного обслуговування і поточного ремонту, агрегатної, слюсарно-механічної, електротехнічної, зварювальної, шиномонтажної, діагностичної та складської зон. Складання графіка завантаження ремонтної майстерні дозволило встановити сезонні піки навантаження та раціонально розподілити ремонтні роботи протягом року.

У другому розділі було розглянуто технологічні особливості ремонту ресор вантажних автомобілів і тракторно-транспортних агрегатів, проаналізовано існуючі конструкції стендів для розбирання та складання ресор,

а також обґрунтовано необхідність удосконалення такого обладнання для умов ремонтної майстерні аграрного підприємства. Ресори працюють в умовах значних динамічних навантажень, тому їх якісне складання, дефектування та перевірка мають важливе значення для безпеки експлуатації машин.

Запропонована конструкція стенду для складання ресор забезпечує надійне стискання пакета ресорних листів, зручність виконання ремонтних операцій і підвищення безпеки праці ремонтного персоналу. У процесі розробки було передбачено можливість збільшення зусилля стискання до 50 кН, а також застосування додаткового гвинтового домкрата для забезпечення працездатності стенду у випадку відсутності тиску в пневматичній мережі або несправності пневмогідравлічної системи. Проведені конструктивні та перевірочні розрахунки підтвердили працездатність і достатню міцність основних елементів запропонованого обладнання.

У третьому розділі виконано техніко-економічне обґрунтування прийнятих проектних рішень. Встановлено, що впровадження удосконаленої організації технічного сервісу та використання спеціалізованого стенду для складання ресор дозволяє зменшити трудомісткість ремонтних операцій, скоротити простої техніки, підвищити якість ремонту та знизити витрати на залучення сторонніх сервісних організацій. Економічний ефект формується за рахунок раціональнішого використання робочого часу, зменшення витрат на ремонт, підвищення готовності машинно-тракторного парку та продовження строку служби окремих вузлів і агрегатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коновалюк О. В., Кіяшко В. М., Колісник М. В. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі : навч. посіб. Київ : Аграрна освіта, 2013. 404 с.

2. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів : підручник / А. С. Опальчук та ін. Київ : НУБіП України, 2015. 428 с.

3. Організація та технологія технічного сервісу машин : навч. посіб. / О. М. Шокарев, В. М. Кюрчев, С. В. Кюрчев, А. М. Побігун ; за ред. О. М. Шокарева. Мелітополь : ТОВ «ФОРВАРДПРЕСС», 2019. 307 с.

4. Ремонт машин та обладнання : підручник / за ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. Київ : Агроосвіта, 2014. 665 с.

5. Сукач М. К. Технічний сервіс машин : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2017. 290 с.

6. Технічний сервіс машин у рослинництві : методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів спеціальності 208 «Агроінженерія». Суми : СНАУ, 2019. 58 с.

7. 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.

8. Kalpakjian S., Schmid S. R. Manufacturing Engineering and Technology. 8th ed. New York : Pearson, 2020. 1184 p.

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

10. Edwards W. Estimating Farm Machinery Costs. Ames : Iowa State University Extension and Outreach, 2015. 8 p.

11. Ward B., Barker J., Richer E. Ohio Farm Custom Rates 2024. Columbus : Ohio State University Extension, 2024. 44 p.

12. Lattz D., Schnitkey G. Machinery Cost Estimates Summary 2025. Urbana-Champaign : University of Illinois Extension, 2025. 4 p.

13. Lattz D., Schnitkey G. Machinery Cost Estimates: Harvesting. Urbana-Champaign : University of Illinois Extension, 2025. 6 p.

14. Khodabakhshian R. A review of maintenance management of tractors and agricultural machinery: preventive maintenance systems. Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2013. Vol. 15, No. 4. P. 147–159.

15. Lips M., Burose F. Repair and maintenance costs for agricultural machines. International Journal of Agricultural Management. 2012. Vol. 1, No. 3. P. 40–46.

16. Gibson I., Rosen D., Stucker B., Khorasani M. Additive Manufacturing Technologies. 3rd ed. Cham : Springer, 2021. 698 p. DOI: 10.1007/978-3-030-56127-7.

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

18. ISO/ASTM 52901:2017. Additive manufacturing – General principles – Requirements for purchased AM parts. Geneva : International Organization for Standardization, 2017.

19. Budynas R. G., Nisbett J. K. Shigley’s Mechanical Engineering Design. 11th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2020. 1095 p.

20. Norton R. L. Machine Design: An Integrated Approach. 6th ed. Boston : Pearson, 2020. 1024 p.

21. Kalpakjian S., Schmid S. R. Manufacturing Engineering and Technology. 8th ed. New York : Pearson, 2020. 1184 p.

22. Mobley R. K. Maintenance Engineering Handbook. 8th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2014. 1250 p.

23. Campbell J. D., Jardine A. K. S., McGlynn J. Asset Management Excellence: Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions. 2nd ed. Boca Raton : CRC Press, 2016. 488 p.

24. Higgins L. R., Mobley R. K., Wikoff D. J. Maintenance Engineering Handbook. 7th ed. New York : McGraw-Hill, 2008. 1248 p.

25. Deere & Company. Operator’s Manual: Agricultural Tractors. Moline : Deere & Company, 2023.

26. Crolla D. A. Automotive Engineering: Powertrain, Chassis System and Vehicle Body. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2009. 850 p.

27. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Частина 1. Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський національний університет, 2024. 101 с.