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

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Прищепа Дмитро Вікторович

УДК 631.3.004.67:629.3.027.5

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 _____ Прищепа Д.В.

Керівник роботи
Борак К.В.
доктор технічних наук, професор

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Прищепа Дмитро Вікторович. 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.

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності організації технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства шляхом удосконалення ремонтно-обслуговувальної бази та розробки стенду для складання листових ресор. У роботі виконано розрахунок машинно-ремонтної майстерні для підприємства з площею ріллі 5000 га та підібрано сучасний машинно-тракторний парк для забезпечення основних технологічних операцій. Проведено визначення трудомісткості технічного обслуговування і ремонту тракторів, комбайнів, автомобілів та сільськогосподарських машин. Складено графік завантаження майстерні, що дає змогу раціонально розподілити ремонтні роботи протягом року та зменшити простої техніки в напружені періоди польових робіт. Окрему увагу приділено аналізу типових несправностей листових ресор, зокрема втомних тріщин, корозійного зношування, просідання пакетів, деформації листів і пошкодження вушок. Розглянуто прогресивні методи відновлення ресор, серед яких дефектація, правка, термічна обробка, дробоструминне зміцнення, заміна непридатних елементів та контроль якості складання. Запропоновано конструкцію стенду для складання ресор, що забезпечує підвищення зручності, безпеки та продуктивності ремонтних операцій. Практичне значення роботи полягає у можливості використання запропонованих рішень у ремонтних майстернях аграрних підприємств для скорочення трудомісткості ремонту, покращення якості відновлення ресор і підвищення експлуатаційної надійності машинно-тракторного парку.

Ключові слова: машинно-тракторний парк, технічний сервіс, ремонтна майстерня, листова ресора, стенд для складання, відновлення деталей.

ANNOTATION

Dmytro Viktorovych Pryshchepa. Organisation of technical maintenance for the machinery and tractor fleet, 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 is devoted to improving the efficiency of the technical service organisation for an agricultural enterprise’s machinery and tractor fleet by upgrading the repair and maintenance facilities and developing a workbench for assembling leaf springs. The thesis includes a design for a machinery repair workshop for an enterprise with 5,000 hectares of arable land and the selection of a modern fleet of machinery and tractors to support key operational processes. The labour intensity of the maintenance and repair of tractors, combine harvesters, vehicles and agricultural machinery has been determined. A workshop workload schedule has been drawn up, enabling repair work to be rationally distributed throughout the year and reducing equipment downtime during peak periods of field work. Particular attention was paid to the analysis of typical faults in leaf springs, specifically fatigue cracks, corrosive wear, sagging of spring packs, deformation of the leaves and damage to the eyes. Advanced methods for restoring leaf springs are examined, including defect detection, straightening, heat treatment, shot peening, replacement of unserviceable components and quality control of assembly. A design for a leaf spring assembly bench is proposed, which improves the convenience, safety and productivity of repair operations. The practical significance of this work lies in the possibility of using the proposed solutions in the repair workshops of agricultural enterprises to reduce the labour intensity of repairs, improve the quality of leaf spring restoration and enhance the operational reliability of the machinery and tractor fleet.

Keywords: machinery and tractor fleet, technical service, repair workshop, leaf spring, assembly stand, component restoration.

ЗМІСТ

ВСТУП……..……..……6
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ……..9
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТИПОВИХ НЕСПРАВНОСТЕЙ ЛИСТОВИХ РЕСОР ТА ПРОГРЕСИВНІ МЕТОДИ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ…….……23
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ РОЗБИРАННЯ ТА СКЛАДАННЯ РЕСОР…….....33
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……...……45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..……48

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Ефективне функціонування машинно-тракторного парку є однією з головних умов стабільного розвитку сучасного аграрного виробництва. Від технічного стану тракторів, комбайнів, автомобілів, ґрунтообробних, посівних і транспортних машин безпосередньо залежать своєчасність виконання польових робіт, якість технологічних операцій, рівень урожайності сільськогосподарських культур і собівартість виробленої продукції. У сучасних умовах аграрні підприємства використовують високопродуктивну та енергонасичену техніку, яка має складну конструкцію, значну вартість і потребує якісного технічного обслуговування, своєчасної діагностики та раціональної організації ремонтних робіт.

Одним із важливих напрямів підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторного парку є удосконалення системи технічного сервісу. Наявність правильно спроєктованої машинно-ремонтної майстерні дає змогу виконувати планові технічні обслуговування, поточні ремонти, дефектацію, відновлення деталей і підготовку машин до сезонних робіт без значних простоїв. Особливого значення це набуває для аграрних підприємств із великою площею ріллі, де порушення строків виконання механізованих операцій може призвести до значних економічних втрат. Тому розрахунок трудомісткості ремонтно-обслуговувальних робіт, вибір обладнання, формування графіка завантаження майстерні та впровадження засобів механізації й роботизації є актуальними завданнями сучасного технічного сервісу.

У процесі експлуатації сільськогосподарської та транспортної техніки значному навантаженню піддаються елементи ходової частини, зокрема листові ресори. Вони працюють в умовах дії змінних динамічних навантажень, вібрацій, ударів, забруднення, вологи та корозійного середовища. У результаті цього виникають характерні несправності: втомні

тріщини, поломки окремих листів, просідання пакета ресор, зношування втулок і вушок, послаблення кріпильних елементів, деформація листів та корозійне пошкодження поверхонь. Несвоєчасне виявлення і неякісне усунення таких дефектів знижує безпеку експлуатації машин, погіршує плавність ходу, підвищує навантаження на раму та інші вузли транспортного засобу.

Відновлення листових ресор потребує застосування спеціального обладнання, яке забезпечує безпечне стискання пакета листів, правильне взаємне розташування елементів, зручність складання та контроль якості ремонтної операції. Виконання таких робіт вручну є трудомістким, небезпечним і не завжди забезпечує необхідну точність. Тому розробка стенду для складання ресор є доцільною з технічної, виробничої та економічної точок зору. Використання такого стенду дозволяє зменшити фізичне навантаження на ремонтників, скоротити тривалість операцій, підвищити якість складання ресор і покращити умови праці в ремонтній майстерні.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає в необхідності підвищення ефективності організації технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства шляхом раціонального проєктування ремонтної бази та впровадження спеціалізованого обладнання для ремонту елементів підвіски. Удосконалення ремонтно-обслуговувальних процесів дає змогу підвищити технічну готовність машин, зменшити витрати на ремонт, скоротити простої техніки та забезпечити надійну роботу машинно-тракторного парку протягом усього виробничого року.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства шляхом розрахунку машинно-ремонтної майстерні, аналізу несправностей листових ресор і розробки стенду для їх складання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: підібрати сучасний машинно-тракторний парк для аграрного підприємства з

площею ріллі 5000 га; виконати розрахунок трудомісткості технічного обслуговування та ремонту машин; скласти графік завантаження машинно-ремонтної майстерні; запропонувати заходи з роботизації процесів ремонту й технічного обслуговування; проаналізувати типові несправності листових ресор та причини їх виникнення; розглянути прогресивні методи відновлення ресор; обґрунтувати конструкцію стенду для складання ресор; виконати необхідні конструктивні розрахунки основних елементів стенду.

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

Предметом дослідження є технологічні процеси технічного обслуговування, ремонту й відновлення листових ресор із застосуванням спеціалізованого стендового обладнання.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Куликівський Володимир, Прищепа Дмитро Прищепа Дмитро. Аналіз відмов і дефектів ресор вантажних автомобілів. Інновації в агропромисловому комплексі, машинобудуванні та транспорті : зб. тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, 22–23 квітня 2026 року. [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2026. С. 213-215.

2. Савченко В.М., Козачук В.М., Прищепа Д.В. Роль щоденного технічного обслуговування тракторів у зниженні відмов і простоїв машинно-тракторного парку. 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. 141-143.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання розроблених рішень у ремонтних майстернях аграрних підприємств для підвищення продуктивності ремонтних робіт, поліпшення якості складання листових ресор, зменшення трудомісткості операцій і підвищення рівня технічної готовності машинно-тракторного парку. Запропонований стенд може бути застосований під час ремонту ресор вантажних автомобілів,

причепів, напівпричепів та іншої техніки, що використовується в аграрному виробництві.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 31 найменування. Загальний обсяг роботи становить 50 сторінок комп’ютерного тексту, містить 18 рисунків, 20 таблиць та 2 додатки.

РОЗДІЛ 1
РОЗРАХУНОК МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ

1.1. Вихідні умови та обґрунтування необхідності розрахунку майстерні

Машинно-ремонтна майстерня аграрного підприємства є базовою ланкою системи технічного сервісу машинно-тракторного парку. Для господарства з площею ріллі 5000 га її роль зростає, оскільки більшість польових операцій виконується у стислі агротехнічні строки, а простої тракторів, комбайнів, обприскувачів та транспортних засобів безпосередньо знижують продуктивність виробництва. Розрахунок майстерні потрібний для визначення обсягу робіт, кількості ремонтного персоналу, складу виробничих дільниць, графіка завантаження та доцільності впровадження роботизованих засобів технічного обслуговування.

У проекті прийнято, що підприємство спеціалізується на вирощуванні зернових, олійних і зернобобових культур. Така структура виробництва вимагає поєднання енергонасичених тракторів для основного обробітку ґрунту, універсальних тракторів для посіву й догляду за посівами, високопродуктивних комбайнів для збирання, самохідних обприскувачів, вантажного транспорту та навантажувальної техніки. Майстерня повинна забезпечити не тільки планові ТО, а й сезонну підготовку агрегатів, усунення відмов у пікові періоди, ремонт ходових частин, ресорних підвісок вантажних автомобілів, зварювальні, слюсарні та діагностичні роботи.

Основою розрахунку є проектна структура посівних площ, орієнтовний склад машинно-тракторного парку, річні коефіцієнти навантаження та питомі нормативи трудомісткості технічного обслуговування і поточного ремонту. Для підвищення стійкості виробничої програми прийнято резервний коефіцієнт, що враховує непередбачені відмови, додаткові регулювання, дрібні ремонти в польових умовах та обслуговування нового обладнання майстерні.

Таблиця 1.1 – Проектна структура посівних площ підприємства

Культура	Площа, га	Особливості впливу на МТП
Озима пшениця	1200	зернова група, раннє збирання
Кукурудза на зерно	1100	високе навантаження на комбайни та транспорт
Соняшник	900	просапна культура, потребує точного висіву
Соя	700	дрібнонасінна культура, збирання у стислі строки
Ярий ячмінь	500	ранньовесняна сівба, раннє збирання
Озимий ріпак	400	потребує якісного захисту та окремого збирання
Кормові/покривні культури	200	сівозмінна й ґрунтозахисна функція



Рис. 1.1. Діаграма структури посівних площ проектного підприємства.

Наведена структура посівних площ створює нерівномірний сезонний попит на техніку. Найбільше навантаження припадає на березень–квітень під час підготовки ґрунту та сівби, на липень–серпень під час збирання ранніх зернових і ріпаку, а також на вересень–листопад під час збирання соняшнику, сої та кукурудзи. Тому майстерня повинна працювати за випереджувальним принципом: основна частина ремонту виконується взимку, а в сезон переважають діагностика, регулювання, заміна вузлів і оперативне відновлення працездатності машин.

1.2. Підбір сучасного машинно-тракторного парку для 5000 га ріллі

Підбір машинно-тракторного парку виконано з урахуванням потреб підприємства у виконанні основного обробітку ґрунту, передпосівної підготовки, сівби, внесення добрив, захисту рослин, збирання врожаю, транспортування та складських операцій. Прийнятий парк орієнтований на сучасну широкозахватну техніку, сумісну з GPS-навігацією, системами точного землеробства, телематикою та електронним обліком напрацювання. Вибрані марки наведено як проектні аналоги; у реальному господарстві вони можуть бути замінені машинами того самого класу потужності та продуктивності.

Для підприємства на 5000 га доцільно мати декілька груп тракторів. Енергонасичені трактори застосовуються з важкими ґрунтообробними агрегатами, середній клас забезпечує посів і транспортні операції, універсальні трактори виконують догляд за посівами, агрегатування з розкидачами та допоміжними машинами. Парк комбайнів підібрано з урахуванням того, що збирання ранніх зернових, сої, соняшнику та кукурудзи не повинно створювати надмірних простоїв транспорту і зерноочисного комплексу.

Таблиця 1.2 – Орієнтовний сучасний машинно-тракторний парк підприємства

Група машин	Проектні аналоги сучасної техніки	К-сть, од.	Основне призначення
Енергонасичені трактори 400–500 к.с.	John Deere 8R / Case IH Magnum / Fendt 900 Vario	3	оранка, глибоке розпушування, важкі дискові агрегати
Трактори середнього класу 250–320 к.с.	John Deere 7R / Claas Axion / New Holland T7 HD	4	передпосівний обробіток, посів, транспортування
Універсальні трактори 150–220 к.с.	John Deere 6R / Massey Ferguson 7S / Deutz-Fahr 7 Series	6	міжрядний обробіток, внесення добрив, допоміжні роботи
Допоміжні трактори 90–120 к.с.	Deutz-Fahr 5D / New Holland T5 / МТЗ сучасних серій	3	внутрішньогосподарські та ремонтно-сервісні роботи
Зернозбиральні комбайни	Claas Lexion / John Deere X9 або S series / New Holland CR	5	збирання зернових, кукурудзи, сої та ріпаку
Жатки, кукурудзяні та соняшникові адаптери	Claas, John Deere, Geringhoff, Capello	12	агрегатування з комбайнами залежно від культури
Самохідні обприскувачі	Amazone Pantera / John Deere R series / Case IH Patriot	2	захист рослин, внесення рідких добрив
Розкидачі мінеральних добрив	Amazone ZA-TS / Rauch Axis / Bogballe	2	точне диференційоване внесення добрив
Зернові сівалки 8–12 м	Horsch Pronto / Vaderstad Rapid / Lemken Solitair	2	висів зернових, ріпаку та покривних культур
Просапні сівалки 12–16 рядків	Horsch Maestro / Vaderstad Tempo / Kinze	2	точний висів кукурудзи, соняшнику, сої
Ґрунтообробні агрегати	Lemken, Horsch, Bednar, Vaderstad	14	лущення, дискування, культивація, глибоке розпушування
Причепи, бункери-перевантажувачі	Fliegl, Bergmann, Horsch UW, Hawe	8	логістика зерна, насіння, добрив
Вантажні автомобілі та зерновози	MAN, Scania, Mercedes-Benz, Tatra	10	перевезення урожаю, запасних частин, ПММ
Телескопічні та фронтальні навантажувачі	JCB, Manitou, Claas, Merlo	3	навантаження, складські та ремонтні операції
БПЛА, агродрони, мобільні роботи	дрони моніторингу, агродрони, роботизовані платформи	4	моніторинг, локальне внесення, сервісні переміщення

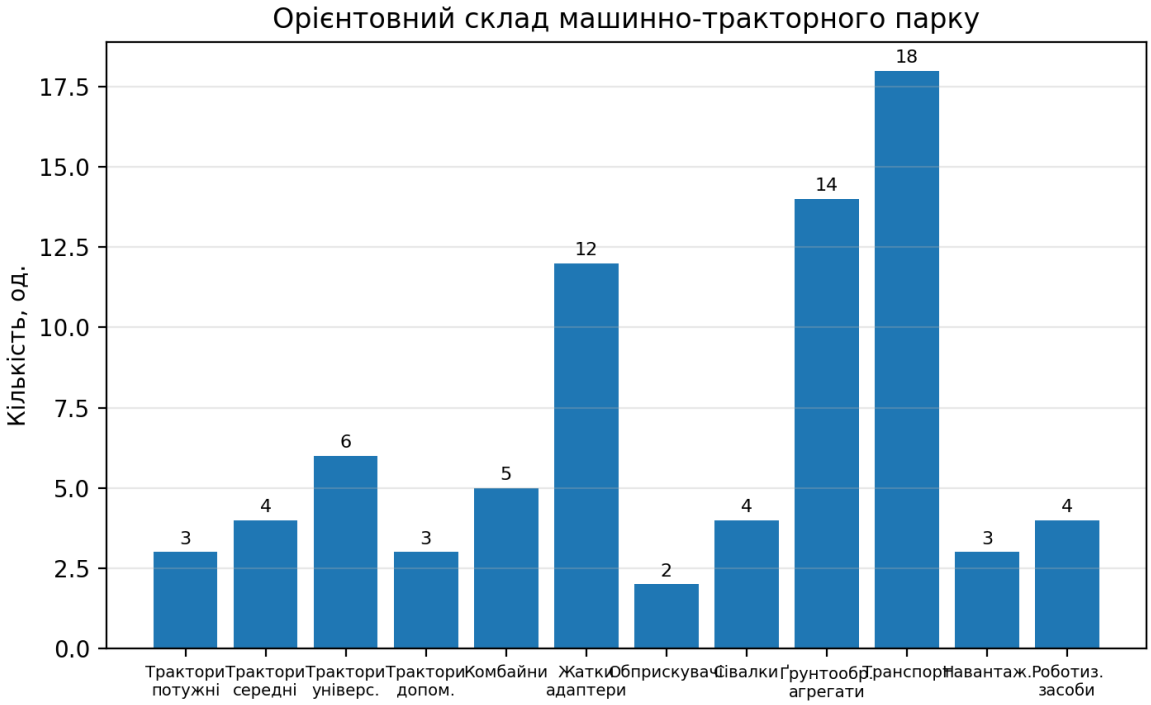


Рис. 1.2. Кількісна структура машинно-тракторного парку

Запропонований парк дозволяє сформувати комплексну систему механізації без значного дублювання функцій. Наявність високопродуктивних машин зменшує потребу в надмірній кількості тракторів і агрегатів, але підвищує вимоги до якості технічного сервісу. Відмова одного енергонасиченого трактора, комбайна або самохідного обприскувача у піковий період може призвести до невиконання операцій у встановлений строк. Саме тому майстерня повинна мати діагностичне обладнання, запас змінних вузлів, засоби швидкого демонтажу, стенди для відновлення вузлів та організовану систему ремонтної логістики.

1.3. Розрахунок трудомісткості технічного обслуговування та ремонту

Річну трудомісткість робіт майстерні визначаємо за питомими витратами праці на одну машину або агрегат відповідної групи. У питомі витрати включено планове технічне обслуговування, діагностування, сезонну підготовку, поточний ремонт, регулювальні операції, дрібне відновлення деталей і підготовку машин до зберігання. Розрахунок виконується за формулою:

$$T\Sigma = Kp \cdot \Sigma(n_i \cdot t_i), \qquad (1.1)$$

де T_{Σ} – загальна річна трудомісткість робіт, люд.-год; $K_р$ – коефіцієнт резерву та непередбачених робіт; n_i – кількість машин і-го виду; t_i – питома річна трудомісткість обслуговування і ремонту однієї машини, люд.-год. У проекті прийнято $K_р$ = 1,12, що враховує сезонні відмови, додаткові регулювання і підготовку машин до роботи після тривалого зберігання.

Таблиця 1.3 – Розрахунок річної трудомісткості ТО та ремонту машинно-тракторного парку

Група машин	К-сть, од.	Питома трудомісткість, люд.-год/од.	Усього, люд.-год
Трактори енергонасичені 400–500 к.с.	3	340	1020
Трактори середнього класу 250–320 к.с.	4	270	1080
Трактори універсальні 150–220 к.с.	6	200	1200
Трактори допоміжні 90–120 к.с.	3	150	450
Зернозбиральні комбайни	5	460	2300
Жатки та адаптери	12	40	480
Самохідні обприскувачі	2	220	440
Розкидачі добрив	2	90	180
Зернові сівалки	2	140	280
Просапні сівалки	2	150	300
Ґрунтообробні агрегати	14	90	1260
Причепи та бункери-перевантажувачі	8	70	560
Вантажні автомобілі	10	240	2400
Навантажувачі телескопічні та фронтальні	3	170	510
БПЛА, агродрони, мобільні роботи	4	70	280
Разом без резерву			12740
Разом з коефіцієнтом 1,12			14269

Отже, базова річна трудомісткість становить 12740 люд.-год. З урахуванням резервного коефіцієнта 1,12 розрахункова річна програма робіт машинно-ремонтної майстерні дорівнює 14269 люд.-год. Найбільшу частку в ній займають поточні ремонти комбайнів, тракторів, вантажних автомобілів і ґрунтообробних агрегатів, оскільки ці машини працюють з високими навантаженнями та часто контактують із абразивним середовищем.

Таблиця 1.4 – Розподіл річної трудомісткості за видами робіт

Вид робіт	Частка, %	Трудомісткість, люд.-год
Щозмінне та сезонне ТО	18	2568
ТО-1	13	1855
ТО-2	10	1427
ТО-3 і діагностичні огляди	7	999
Поточний ремонт	38	5422
Дефектація та контроль	8	1142
Підготовчо-заключні роботи	6	856



Рис. 1.3. Діаграма структури трудомісткості ТО та ремонту.

З діаграми видно, що поточний ремонт формує 38 % трудомісткості. Це пояснюється складністю вузлів сучасних машин, високою ціною простою та необхідністю відновлювати працездатність без довготривалого очікування

сервісних бригад. Значна частка припадає також на сезонне ТО і підготовку машин до зберігання. Для майстерні це означає потребу в організації окремих робочих місць для діагностики, агрегатного ремонту, зварювання, слюсарних робіт, шиномонтажу, обслуговування електроніки та ремонту підвіски вантажних автомобілів.

1.4. Визначення чисельності персоналу та виробничої площі майстерні

Чисельність основних ремонтних робітників визначаємо за річною трудомісткістю і дійсним фондом робочого часу одного працівника. Для проектного розрахунку приймаємо номінальний річний фонд 1860 год та коефіцієнт використання робочого часу 0,85. Тоді дійсний фонд часу одного ремонтника становить:

$$F_д = 1860 \cdot 0{,}85 = 1581 \text{ год/рік.}$$

Потрібна кількість основних ремонтників: R = TΣ / Fд = 14269 / 1581 = 9,03 осіб. Приймаємо 10 основних ремонтників, що забезпечує резерв для сезонного збільшення навантаження, виконання аварійних робіт і обслуговування роботизованих засобів. Додатково передбачаються майстер або інженер з технічного сервісу, комірник, оператор діагностичного поста, а в пікові місяці можливе залучення 1–2 тимчасових слюсарів або сервісної бригади дилера.

Таблиця 1.5 – Рекомендований склад ремонтного персоналу

Посада	К-сть, осіб	Основні функції
Слюсарі з ремонту тракторів і комбайнів	4	ТО, заміна вузлів, регулювання агрегатів
Слюсарі з ремонту автомобілів і причіпної техніки	2	ремонт ходової частини, ресор, гальм, підвіски
Електромеханік-діагност	1	діагностика електроніки, датчиків, телематики
Зварник-ремонтник	1	зварювання рам, кронштейнів, ремонт робочих органів
Токар/механік агрегатної дільниці	1	дрібна механічна обробка, відновлення посадок
Оператор мийно-мастильного поста	1	мийка, змащування, підготовка до огляду

Таблиця 1.6 – Орієнтовний склад і площі виробничих зон майстерні

Зона майстерні	Площа, м²	Призначення
Пост приймання, мийки та очищення	72	очищення машин перед діагностикою та ремонтом
Пост ТО тракторів і комбайнів	144	два універсальні ремонтні місця з оглядовими зонами
Діагностична дільниця	54	комп’ютерна діагностика, контроль гідравліки та електроніки
Агрегатно-слюсарна дільниця	72	ремонт вузлів, ресор, гальмівних і ходових елементів
Зварювально-наплавлювальна дільниця	54	ремонт рам, кронштейнів, робочих органів
Шиномонтажна дільниця	36	ремонт коліс тракторів, причепів, вантажних автомобілів
Механічна дільниця	54	свердління, точіння, дрібна механічна обробка
Склад запасних частин і матеріалів	72	зберігання вузлів, підшипників, мастил, кріплення
Побутові та допоміжні приміщення	60	роздягальня, інструментальна, кабінет майстра
Усього	618	орієнтовна площа приміщення майстерні

Загальна орієнтовна площа майстерні становить 618 м². Раціональним планувальним рішенням є будівля модульного типу з виробничою частиною приблизно 24×24 м або 18×32 м, окремим в’їздом для габаритних машин, зоною мийки перед ремонтними постами та прямим доступом до складу запасних частин. Для обслуговування ресорних підвісок вантажних автомобілів у агрегатно-слюсарній дільниці доцільно розмістити стенд для розбирання і складання ресор, гідравлічний або пневматичний інструмент, прес, комплект стяжних пристроїв, стелажі для листів ресор і пост контролю геометрії.



Рис. 1.4. Схема технологічного маршруту робіт у машинно-ремонтній майстерні.

Технологічний маршрут повинен бути побудований так, щоб машина або вузол рухалися від брудної зони до чистої без перехрещення потоків. Спочатку виконується приймання, фіксація напрацювання та зовнішній огляд. Далі машина проходить мийку, після чого проводиться діагностика, дефектація та приймається рішення: виконувати планове ТО, поточний ремонт у майстерні або заміну вузла з наступним ремонтом на агрегатній дільниці. Після виконання робіт здійснюється контроль якості, пробний запуск, внесення даних у сервісну карту і видача техніки у виробничий підрозділ.

1.5. Графік завантаження машинно-ремонтної майстерні.

Розподіл річної програми робіт за місяцями залежить від сезонності польових робіт. У зимовий період виконуються основні ремонти, підготовка комбайнів, тракторів, ґрунтообробних агрегатів, транспортних засобів і посівної техніки. У весняний період навантаження зростає через передпосівну підготовку, налагодження сівалок, обприскувачів і тракторних агрегатів. У літній період основними є оперативне ТО комбайнів, жаток, транспортних засобів і навантажувачів. Восени зростає частка робіт, пов’язаних із ремонтом транспортних засобів, сушильно-зернового

комплексу, підготовкою техніки до зберігання та ремонтом робочих органів ґрунтообробних машин.

Таблиця 1.7 – Плановий розподіл трудомісткості робіт майстерні за місяцями

Місяць	Частка річної програми, %	Трудомісткість, люд.-год
Січ.	11	1570
Лют.	10	1427
Бер.	12	1712
Квіт.	8	1142
Трав.	6	856
Черв.	6	856
Лип.	7	999
Серп.	6	856
Вер.	7	999
Жовт.	8	1142
Лист.	9	1284
Груд.	10	1426

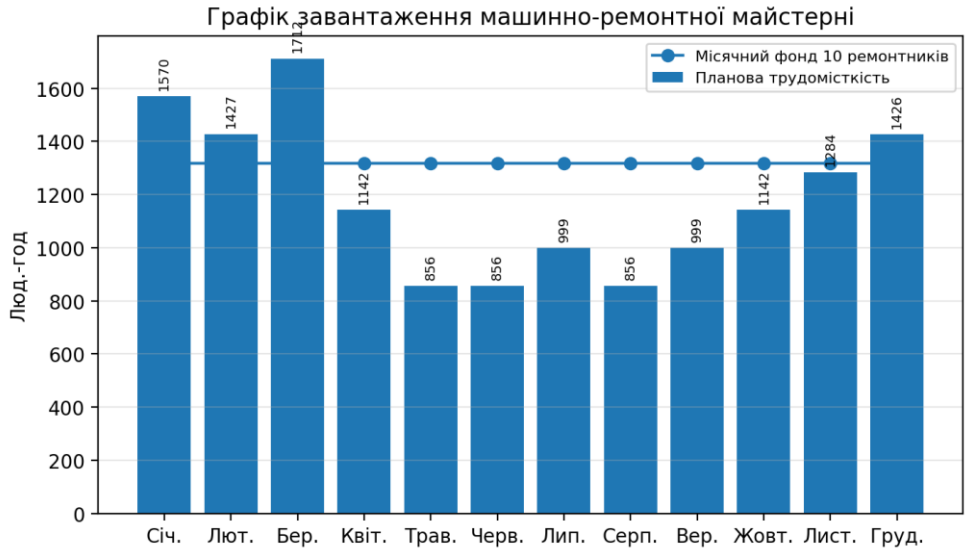


Рис. 1.5. Графік завантаження майстерні протягом року.

Порівняння місячної трудомісткості з фондом часу 10 ремонтників показує, що у березні, січні, лютому та грудні завантаження перевищує середній місячний фонд. Це типова ситуація для аграрної майстерні, тому її не доцільно вирішувати лише збільшенням постійного штату. Раціональнішим є поєднання трьох заходів: перенесення частини ремонтів комбайнів і ґрунтообробних агрегатів на листопад–січень, залучення дилерських сервісних бригад для складних електронних систем, а також

використання роботизованих і автоматизованих засобів, які скорочують допоміжний час на миття, діагностику, транспортування деталей та облік запасних частин.

Для вирівнювання графіка завантаження пропонується впровадити річний сервісний календар. У ньому кожна одиниця техніки отримує планові вікна для ТО, діагностики і ремонту. Комбайни та жатки готуються не пізніше ніж за 30–40 діб до початку збирання, обприскувачі – за 20–25 діб до першого внесення, сівалки – за 25–30 діб до посівної кампанії, вантажні автомобілі – за окремим графіком з урахуванням інтенсивності перевезень зерна. Такий підхід зменшує аварійні простої та дозволяє завчасно замовляти запасні частини.

1.6. Роботизація процесів ремонту та технічного обслуговування

Сучасна майстерня для підприємства на 5000 га має розглядатися не тільки як місце ручного ремонту, а як цифровий сервісний центр. Роботизація не означає повну заміну ремонтників; її завдання полягає у скороченні трудомістких, повторюваних і небезпечних операцій, підвищенні точності діагностики та забезпеченні прозорого обліку технічного стану машин. Найбільш доцільними є рішення, які можуть працювати разом із персоналом: мобільні візки для транспортування деталей, QR/RFID-ідентифікація вузлів, автоматизовані пости змащування, роботизовані мийні установки, системи технічного зору і коботи для допоміжних зварювальних робіт.



Рис. 1.6. Схема основних напрямів роботизації майстерні

Таблиця 1.8 – Заходи з роботизації та цифровізації ремонтно-сервісних процесів

Захід	Зміст впровадження	Очікуваний результат
Цифрова сервісна карта машини	електронний журнал ТО, напрацювання, історія відмов, QR-код на машині	зменшення втрат інформації, планування запасних частин
RFID/QR-облік вузлів і запасних частин	маркування агрегатів, сканування при прийманні та видачі	скорочення часу пошуку деталей і помилок складу
Комп'ютерна діагностика та телематика	зчитування кодів відмов, контроль параметрів двигуна, гідравліки, CAN-шини	швидке виявлення причин несправностей
Роботизована мийка вузлів	закритий мийний модуль із фільтрацією рідини	менше ручної праці, краща якість очищення
Кобот на зварювальній дільниці	виконання повторюваних швів на кронштейнах, рамах, пристроях	стабільна якість і безпечніші умови праці
Автоматизований пост заміни олив і мастил	дозування, фільтрація, облік використаних матеріалів	зменшення втрат ПММ і забруднення
Мобільна платформа/AGV	переміщення важких деталей між складом і ремонтним постом	скорочення допоміжного часу та травматизму
3D-сканування та машинний зір	контроль деформацій, тріщин, геометрії ресор, кронштейнів і рам	підвищення точності дефектації

Особливу увагу слід приділити роботизації операцій із важкими деталями. Ресори вантажних автомобілів, колеса тракторів, елементи ходової частини комбайнів і ґрунтообробні робочі органи мають значну масу та створюють підвищений ризик травмування. Для таких операцій доцільно використовувати підйомно-поворотні столи, електричні талі, пневматичні затискачі, стенди для розбирання і складання вузлів, а також мобільні платформи для перевезення деталей. Це зменшує фізичне навантаження на працівників і підвищує повторюваність ремонтних операцій.

Упровадження цифрових сервісних карт має стати першим етапом роботизації, оскільки без якісних даних автоматизовані рішення працюють неефективно. Для кожної машини необхідно фіксувати дату ТО, напрацювання, використані запасні частини, результати діагностики, відповідального виконавця і рекомендації на наступний міжсервісний період.

На підставі цих даних програмне забезпечення формує попередження про наближення ТО, прогнозує потребу в запасних частинах та допомагає планувати завантаження майстерні.

Висновки по розділу

Для аграрного підприємства з площею ріллі 5000 га обґрунтовано сучасний машинно-тракторний парк, який включає енергонасичені, середні та універсальні трактори, зернозбиральні комбайни, сівалки, обприскувачі, ґрунтообробні агрегати, транспортні засоби, навантажувачі, БПЛА та роботизовані платформи.

Розрахована річна трудомісткість технічного обслуговування і ремонту становить 14269 люд.-год, у тому числі найбільша частка припадає на поточний ремонт, сезонне ТО і діагностичні роботи. За дійсного фонду часу одного працівника 1581 год/рік необхідна чисельність основних ремонтників становить 9,03 особи, тому в проекті прийнято 10 основних ремонтних працівників з можливістю сезонного підсилення.

Для виконання виробничої програми запропоновано майстерню орієнтовною площею 618 м² із постом мийки, діагностичною дільницею, двома універсальними ремонтними постами, агрегатно-слюсарною, зварювальною, шиномонтажною, механічною та складською зонами. Складений графік завантаження показав пікові місяці у зимово-весняний період, що потребує випереджального планування ремонтів і цифрового сервісного календаря.

Запропоновані заходи з роботизації – цифрова сервісна карта, RFID/QR-облік, комп’ютерна діагностика, роботизована мийка, автоматизований пост мастильних робіт, кобот для повторюваних операцій та мобільні платформи для переміщення деталей – дають змогу скоротити допоміжний час, підвищити безпеку праці та забезпечити стабільну готовність машинно-тракторного парку до виконання польових робіт.

РОЗДІЛ 2
АНАЛІЗ ТИПОВИХ НЕСПРАВНОСТЕЙ ЛИСТОВИХ РЕСОР ТА ПРОГРЕСИВНІ МЕТОДИ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ

Листові ресори вантажних автомобілів, причепів і сільськогосподарської техніки працюють у режимі багатоциклового згину, сприймають вертикальні удари, бічні зусилля, гальмівні та тягові реакції. Для машинно-тракторного парку аграрного підприємства справність ресор має безпосередній вплив на безпеку руху, збереження рами, шин, кузова та стабільність роботи причіпних агрегатів. Через це ремонт ресор доцільно розглядати не як другорядну операцію, а як окремий напрям технічного сервісу майстерні.

Мета даного розділу полягає в аналізі характерних несправностей листових ресор, визначенні причин їх появи та обґрунтуванні прогресивних методів відновлення, які можуть бути впроваджені у машинно-ремонтній майстерні. Особливу увагу приділено таким операціям, як дефектування, заміна пошкоджених елементів, відновлення геометрії, зміцнення поверхні та контроль якості складання пакета ресори.

2.1. Умови роботи листових ресор і фактори втрати працездатності

Листова ресора є пружним елементом підвіски, який складається з одного або декількох сталевих листів, стягнутих центровим болтом, хомутами та закріплених на мосту стрем’янками. Під час руху техніки ресора одночасно виконує функції пружного елемента, напрямного пристрою та демпфера за рахунок міжлистового тертя. Найбільш навантаженими є корінний лист, зона вушка, центровий отвір, місця контакту листів, ділянки біля хомутів та опорних площадок моста.

У реальних умовах експлуатації аграрних автомобілів і причепів на ресори впливають перевантаження, робота на ґрунтових дорогах, пил, волога, залишки добрив, сезонні перепади температури та нерівномірний розподіл вантажу. Таке поєднання факторів прискорює втомне руйнування, корозійно-

механічне зношування, втрату стріли прогину та розхитування різьбових з’єднань. Тому система технічного сервісу повинна передбачати не лише усунення поломок, а й регулярну профілактику.

Таблиця 2.1 – Основні фактори втрати працездатності листових ресор

Фактор впливу	Прояв у роботі ресори	Наслідок для технічного стану
Перевантаження техніки	Зростання амплітуди згину листів	Прискорене утворення втомних тріщин
Пил, волога, добрива	Пошкодження фарби, корозійні раковини	Пітинг, зменшення перерізу листа
Недостатнє затягування стрем’янок	Мікропереміщення пакета на площадці моста	Злам біля центрового болта, знос площадок
Зношення втулок і пальців	Удари у вушках, перекіс підвіски	Розкриття вушка, руйнування корінного листа
Неправильний ремонт	Перегрів, порушення структури сталі	Зниження пружності та ресурсу



Рис. 2.1. Основні види дефектів листових ресор, що виявляються під час дефектування

2.2. Класифікація типових несправностей листових ресор

Несправності ресор доцільно поділяти за характером пошкодження: геометричні, поверхневі, втомні, зношувальні та монтажні. Така класифікація спрощує вибір технології ремонту. Наприклад, незначне просідання пакета може усуватися правкою та контролем стріли прогину, тоді як лист із тріщиною, особливо в зоні вушка або центрового отвору, підлягає заміні, оскільки заварювання відповідальних пружних елементів не забезпечує стабільного ресурсу.

Таблиця 2.2 – Класифікація характерних несправностей листових ресор

Несправність	Діагностична ознака	Ймовірна причина	Рекомендована дія
Тріщина або злам листа	Видима тріщина, різкий стукіт, перекіс кузова	Втома металу, удар, перевантаження	Заміна листа або пакета
Корозія та пітинги	Іржа між листами, раковини, відшарування фарби	Волога, агрохімікати, відсутність захисту	Очищення, контроль товщини, покриття
Зношення втулки вушка	Люфт, стукіт під час гальмування, зміщення осі	Недостатнє мащення, знос пальців	Заміна втулки і пальця
Просідання ресори	Зменшена стріла прогину, нахил автомобіля	Пластична деформація листів	Правка або заміна листів
Зміщення листів пакета	Нерівні торці, перекіс хомутів	Поломка центрового болта, слабкі стрем’янки	Розбирання, заміна болтів, складання на стенді
Знос міжлистових поверхонь	Скрип, сліди тертя, пил металу	Відсутність прокладок/мастила, бруд	Шліфування, прокладки, змащування



Рис. 2.2. Оціночна структура несправностей ресор у ремонтній практиці

З рисунка 2.2 видно, що найбільшу частку становлять втомні тріщини та злам листів, оскільки саме ці дефекти є кінцевим результатом накопичення пошкоджень під час багатоциклового навантаження. Другою за поширеністю групою є корозійні пошкодження, які небезпечні тим, що створюють концентратори напружень і прискорюють зародження тріщин. Знос втулок і вушок, просідання та ослаблення кріплень часто є первинними причинами, що запускають більш складні руйнування.

2.3. Дефектування та оцінювання придатності ресори до відновлення

Дефектування ресор у майстерні виконується після очищення від бруду та корозійних нашарувань. Спочатку проводять візуальний огляд, далі перевіряють геометрію пакета, стрілу прогину, стан вушок, втулок, центрового болта, хомутів і поверхонь контакту листів. Для відповідальних листів доцільно використовувати магнітопорошковий або капілярний контроль, оскільки мікротріщини на початковій стадії можуть бути непомітними без спеціальних засобів.

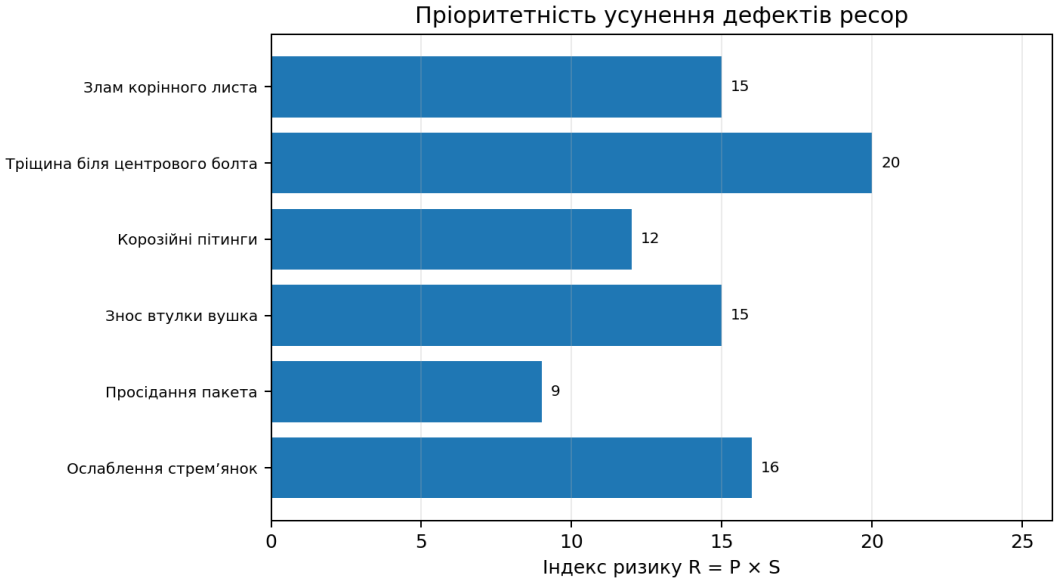


Рис. 2.3. Пріоритетність усунення дефектів за індексом ризику.

Ризик дефекту визначається добутком імовірності його появи на тяжкість наслідків. Найбільш небезпечними є злам корінного листа, тріщина біля центрового болта та ослаблення стрем'янок. У цих випадках техніку не слід допускати до експлуатації до виконання ремонту, оскільки можливе зміщення моста, руйнування елементів підвіски та втрата керованості.

Таблиця 2.3 – Критерії оцінювання придатності елементів ресори

Контрольний параметр	Допустимий стан	Ознака бракування
Корінний лист	Немає тріщин, вушко без розкриття	Будь-яка тріщина, деформація вушка, глибокі раковини
Стріла прогину	Відповідає технічним вимогам конкретної моделі	Суттєве просідання, різниця між правою і лівою ресорою
Втулки та пальці	Мінімальний люфт, рівномірне обертання	Овальність, стукіт, розрив гумометалевої втулки
Центровий болт	Розміщений по осі, не має вигину	Зріз, вигин, пошкодження різьби
Поверхня листів	Немає гострих задирок і глибоких пітингів	Тріщини, місцеве зменшення перерізу, сильна корозія
Стрем'янки	Цілі, з правильною різьбою, затягнуті моментом	Витягування, зірвана різьба, сліди зміщення



Рис. 2.4. Причинно-наслідкова схема виникнення відмов листових ресор.

2.4. Прогресивні методи відновлення листових ресор

Прогресивна технологія ремонту ресор повинна поєднувати механічне відновлення, заміну непридатних елементів, поверхневе зміцнення, антикорозійний захист і контроль якості складання. Основний принцип полягає в тому, що пружний лист із тріщиною не ремонтують зварюванням, а замінюють новим або придатним відремонтованим листом. Відновлювальні операції застосовують лише до елементів, у яких немає небезпечних тріщин і критичного зменшення перерізу.

Для підвищення ресурсу листів доцільно застосовувати дробоструминне зміцнення. Воно створює у поверхневому шарі стискальні залишкові напруження, зменшує ймовірність зародження втомної тріщини та підвищує опір циклічному навантаженню. Додатково використовують полімерні або лакофарбові покриття, міжлистові прокладки, очищення посадкових поверхонь, заміну втулок, пальців, центрових болтів і стрем’янок.

Таблиця 2.4 – Порівняльна характеристика методів відновлення ресор

Метод відновлення	Сфера застосування	Переваги	Обмеження
Заміна листів	Злами, тріщини, значне зменшення перерізу	Найвища надійність і прогнозований ресурс	Потребує добору листів за геометрією і твердістю
Правка пакета	Просідання без тріщин	Відновлення стріли прогину, невисока вартість	Не усуває прихованої втоми металу
Термообробка	Листи після правки або виготовлення	Відновлення пружних властивостей	Потрібний контроль температурного режиму
Дробоструминне зміцнення	Після очищення і перед фарбуванням	Підвищує втомну довговічність	Потрібне обладнання і контроль інтенсивності
Заміна втулок і пальців	Люфт у вушках, стуки підвіски	Відновлює співвісність і зменшує ударні навантаження	Потрібний прес або спеціальний знімач
Антикорозійне покриття	Після очищення листів	Знижує корозійний знос і скрип	Вимагає підготовки поверхні

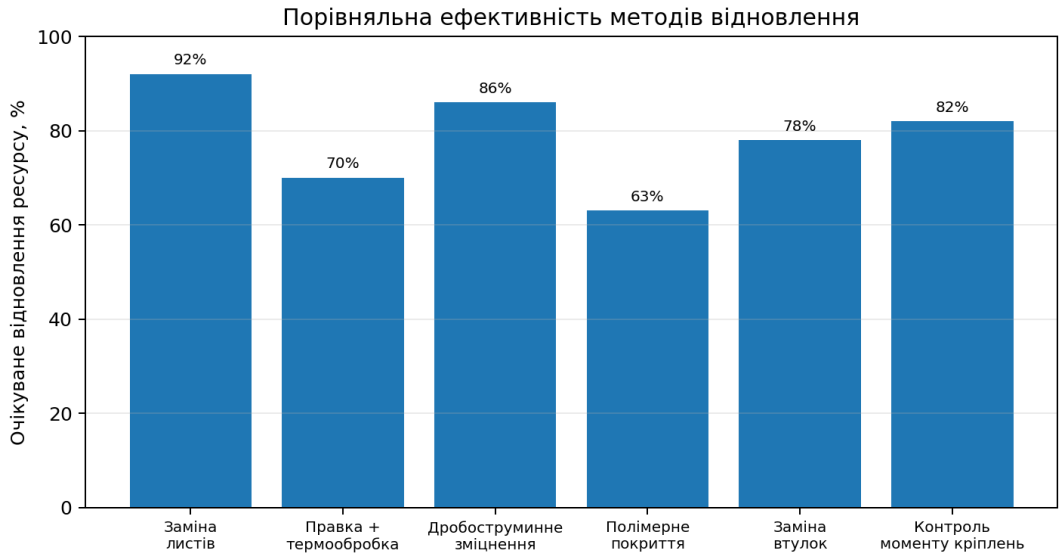


Рис. 2.5. Порівняльна ефективність методів відновлення ресурсу ресор

Найбільш раціональною є комбінована схема: заміна листів із тріщинами, правка листів без тріщин, контроль твердості, дробоструминне

зміцнення, нанесення захисного покриття та складання пакета на спеціалізованому стенді. Такий підхід зменшує залежність якості ремонту від ручної праці та дає змогу стандартизувати зусилля стискання пакета під час встановлення центрового болта і хомутів.



Рис. 2.6. Технологічний маршрут відновлення листової ресори в умовах майстерні

2.5. Організація ремонту ресор у машинно-ремонтній майстерні

У майстерні аграрного підприємства доцільно виділити окрему дільницю ремонту елементів підвіски. Її оснащення повинно включати мийний пост, стіл дефектування, прес або стенд для розбирання і складання ресор, комплект вимірювального інструменту, пристрої для заміни втулок, стенд контролю стріли прогину, пневмоінструмент, динамометричні ключі та засоби неруйнівного контролю. Наявність стенду для складання ресор підвищує безпеку операцій, оскільки пакет листів має значну пружну енергію і потребує керованого стискання.

Роботизація та цифровізація ремонтних процесів можуть впроваджуватися поетапно. На першому етапі достатньо електронної карти дефектування з фотофіксацією несправностей. На другому етапі доцільно встановити датчики зусилля на стенді складання, використовувати електронні динамометричні ключі та QR-паспорти відремонтованих вузлів. На третьому етапі можливе застосування роботизованого очищення поверхні, автоматичного дробоструминного зміцнення та машинного зору для контролю тріщин і геометрії листів.

Таблиця 2.5 – Заходи роботизації та цифрового контролю ремонту ресор

Напрям роботизації	Технічне рішення	Очікуваний результат
Фотофіксація дефектів	Планшет або камера на посту дефектування	Єдина база несправностей, контроль повторних відмов
Контроль зусилля стискання	Датчик тиску/зусилля на пневмостенді	Стабільна якість складання пакета
Роботизоване очищення	Камера дробоструминного або щіткового очищення	Зниження ручної праці та пилового навантаження
Машинний зір	Камера з алгоритмом пошуку тріщин	Швидше дефектування, менше пропущених пошкоджень
Електронний момент затягування	Цифрові динамометричні ключі	Запобігання ослабленню стрем’янок
QR-паспорт вузла	Маркування пакета після ремонту	Простежуваність ремонту і ресурсу

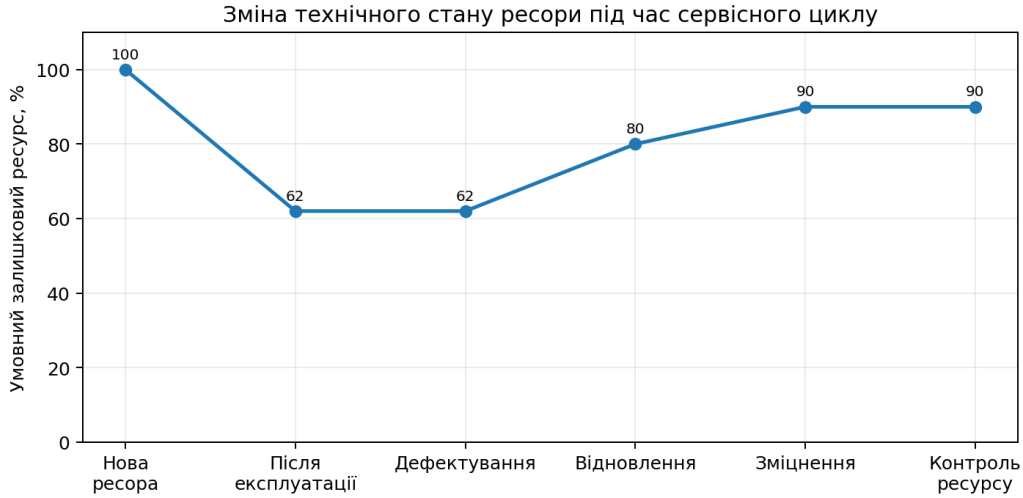


Рис. 2.7. Зміна умовного ресурсу ресори під час сервісного циклу.

Висновки до розділу

Листові ресори є відповідальними елементами підвіски, а їх несправності найчастіше пов’язані з втомними тріщинами, корозією, зношенням втулок, просіданням пакета та ослабленням кріплення. Встановлено, що найбільш небезпечними зонами є корінний лист, вушко,

центровий отвір і місця контакту листів. Для якісного ремонту необхідне обов’язкове очищення, дефектування, вимірювання геометрії та контроль тріщин. Прогресивними методами відновлення є заміна пошкоджених листів, правка бездефектних елементів, термообробка, дробоструминне зміцнення, антикорозійний захист і застосування спеціалізованого стенду для складання ресор. Запропонована технологічна схема дає змогу підвищити безпеку робіт, зменшити трудомісткість ремонту та забезпечити стабільну якість відновлених вузлів підвіски.

РОЗДІЛ 3
РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ РОЗБИРАННЯ ТА СКЛАДАННЯ РЕСОР

3.1. Обґрунтування необхідності розробки стенду

Ресорна підвіска вантажних автомобілів, причепів та частини спеціальних машин машинно-тракторного парку працює в умовах змінних ударних навантажень, забруднення, зволоження та періодичного перевантаження. У процесі експлуатації листи ресори втрачають пружність, отримують тріщини, зношуються в місцях контакту, а центрові болти, стрем'янки і втулки потребують періодичної заміни. Тому ремонт ресор є типовою операцією ремонтної майстерні аграрного підприємства, особливо перед сезоном перевезення зерна, добрив, кормів і будівельних матеріалів.

Традиційне ручне складання ресор пов'язане з підвищеною трудомісткістю. Для суміщення отворів листів і встановлення центрового болта необхідно стискати пакет ресори, утримувати його в заданому положенні та одночасно виконувати монтажні операції. Використання випадкових притискних пристроїв, домкратів або лещат не забезпечує достатньої стійкості, не гарантує співвісності листів і може спричинити травмування працівника через раптове вивільнення накопиченої пружної енергії.

Запропонований стенд дає змогу механізувати операції розбирання і складання ресор, зменшити ручне зусилля, підвищити точність збирання та створити безпечні умови праці. Найбільш доцільним приводом для такого стенду є пневматичний, оскільки у ремонтних майстернях зазвичай наявна мережа стисненого повітря, пневмообладнання просте в обслуговуванні, не забруднює робочу зону мастилом і дозволяє швидко виконувати повторювані операції.

Таблиця 3.1 – Технічні передумови створення стенду

Виявлена проблема	Наслідок у майстерні	Конструктивне рішення	Очікуваний ефект
Складність стискання пакета листів	Зростання тривалості ремонту, необхідність участі двох працівників	Два пневмоциліндри з вилкоподібним упором	Стабільне осьове зусилля та скорочення ручної праці
Небезпека раптового розпрямлення ресори	Ризик травмування рук та пошкодження деталей	Нерухомий упор, рама і захисний кожух	Утримання пакета у контрольованій зоні
Низька точність суміщення отворів	Ускладнення встановлення центрового болта	Напрямне розміщення ресори між упорами	Підвищення якості складання
Використання універсальних пристроїв не за призначенням	Перевантаження лещат, домкратів і траверс	Спеціалізований стенд для ресор	Надійна та повторювана технологія ремонту

3.2. Призначення, будова і технічна характеристика стенду

Стенд призначений для розбирання, дефектації, комплектування і складання листових ресор вантажних автомобілів, причепів та іншої техніки, яка обслуговується у ремонтній дільниці машинно-тракторного парку. Конструкція стенду забезпечує закріплення ресори між опорами, підведення стискального зусилля за допомогою пневмоциліндрів і утримання пакета листів у положенні, необхідному для демонтажу або монтажу центрового болта та хомутів.

Основою стенду є зварна рама коробчастої форми, яка сприймає горизонтальні реакції від стискання ресори та забезпечує жорсткість конструкції. На рамі встановлено нерухомий упор, вилкоподібний упор, захисний кожух, пневмоциліндри, пневматичні шланги та перемикач керування. Загальний вигляд стенду наведено на рис. 3.1.

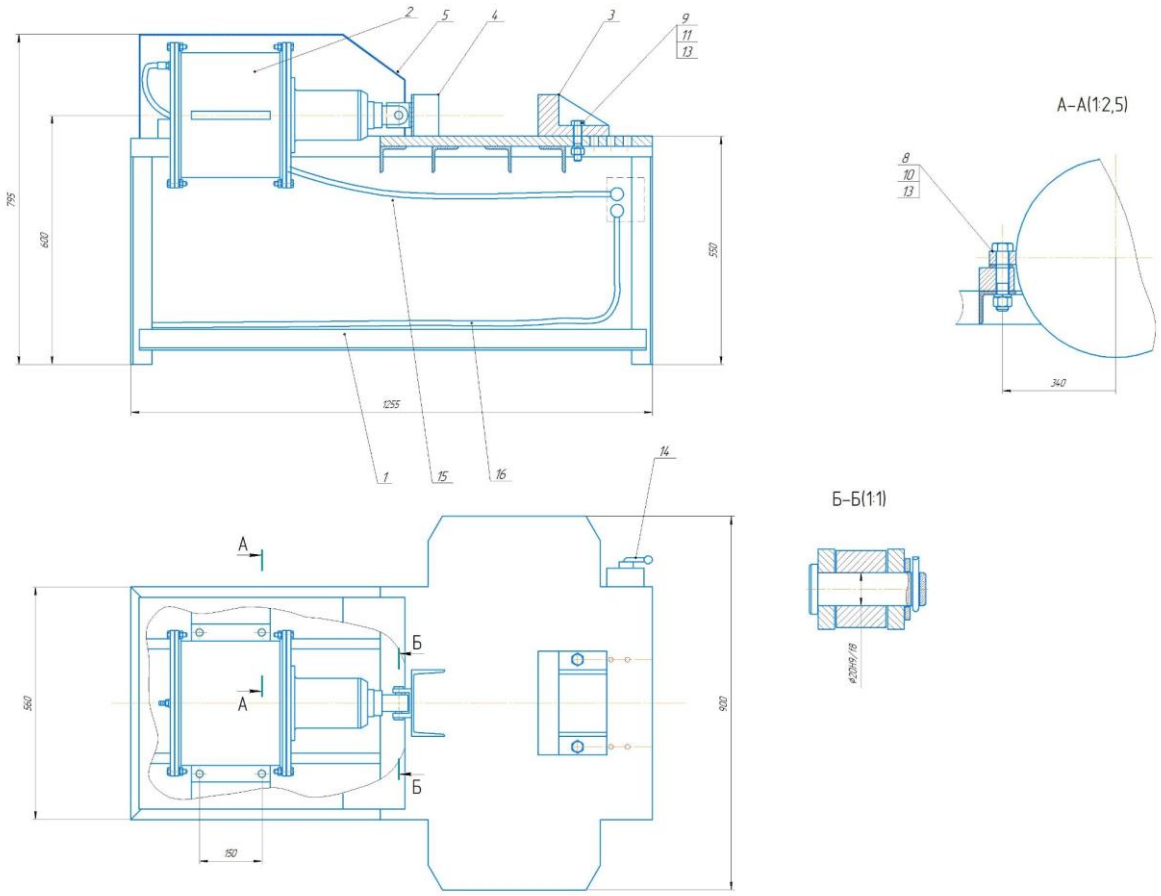


Рис. 3.1. Загальний вигляд стенду для розбирання та складання ресор

За складальним кресленням стенд має компактне компонування: пневмоциліндри розміщені вздовж осі прикладання зусилля, а робоча зона обмежена упорами і кожухом. Така схема зручна для встановлення ресор різної довжини, оскільки оператор має доступ до центральної частини пакета листів, але основні небезпечні елементи залишаються закритими.

Таблиця 3.2 – Складові стенду за специфікацією

Поз.	Найменування	Кількість	Призначення у конструкції
1	Рама	1	Несуча зварна основа стенду
2	Пневмоциліндр	2	Створення стискального зусилля
3	Нерухомий упор	1	Сприйняття реакції від пакета ресори
4	Упор вилкоподібний	1	Передавання зусилля від привода на ресору
5	Захисний кожух	1	Закриття небезпечної зони привода
8, 10, 12	Болт М16×60, шайба, гайка	4 компл.	Кріплення вузлів до рами
9, 11, 13	Болт М20×80, шайба, гайка	2 компл.	Кріплення навантажених упорів
14	Перемикач	1	Керування подачею та випуском повітря
15, 16	Шланг повітряний	2	Підведення стисненого повітря

Таблиця 3.3 – Орієнтовна технічна характеристика стенду

Показник	Значення	Пояснення
Габаритна довжина	1255 мм	За загальним виглядом конструкції
Габаритна ширина	900 мм	За планом стенду
Габаритна висота	795 мм	За видом збоку
Робочий хід привода	до 340 мм	Відповідає зоні переміщення упора
Кількість пневмоциліндрів	2 шт.	Паралельна робота для рівномірного навантаження
Робочий тиск повітря	0,6 МПа	Типове значення для пневмомережі майстерні
Розрахункове зусилля стискання	12,5 кН	За прийнятим діаметром пневмоциліндрів
Керування	ручний пневмоперемикач	Пуск, зупинка і випуск повітря

3.3. Опис роботи стенду

Перед початком роботи оператор оглядає стенд, перевіряє надійність кріплення упорів, стан пневматичних шлангів, справність перемикача та наявність тиску в магістралі. Ресора очищається від бруду, установлюється на раму і розміщується так, щоб її центральна частина знаходилася в зоні доступу для інструменту. Один кінець пакета спирається на нерухомий упор, а з протилежного боку підводиться вилкоподібний упор, з’єднаний із штоками пневмоциліндрів.

Після встановлення ресори оператор вмикає перемикач подачі повітря. Стиснене повітря надходить у порожнини пневмоциліндрів, штоки висуваються, а вилкоподібний упор плавно стискає пакет листів. При досягненні необхідного положення подача повітря припиняється, пакет утримується у стисненому стані, після чого виконують демонтаж або монтаж центрового болта, хомутів, втулок та інших елементів. Після завершення операції перемикач переводять у положення випуску повітря, зусилля знімається, упор відходить у початкове положення, а ресору знімають зі стенду.

Основна перевага запропонованої схеми полягає у тому, що оператор не утримує ресору вручну і не знаходиться на лінії можливого викиду деталей. Робота виконується в одній технологічній позиції, що скорочує час переналагодження і підвищує культуру ремонтного виробництва.

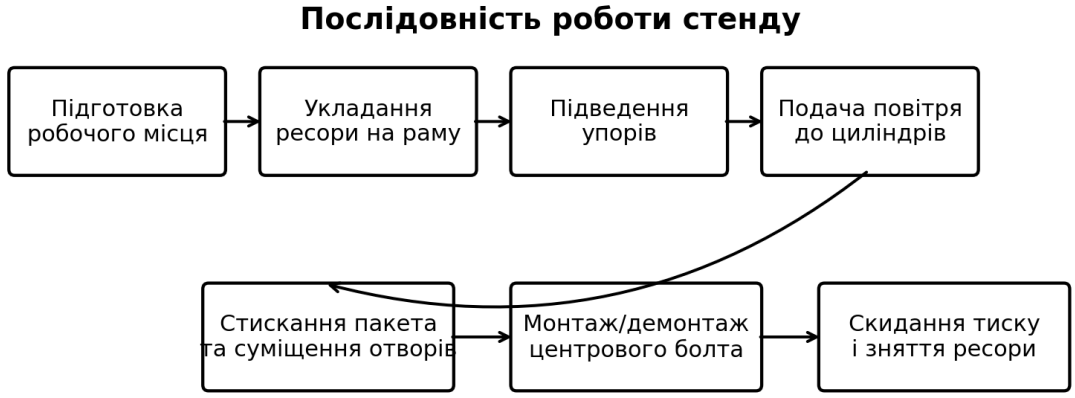


Рис. 3.2. Технологічна схема роботи стенду

3.4. Розрахунок пневмоциліндра

Пневмоциліндр є головним виконавчим елементом стенду, тому його параметри повинні забезпечувати достатнє стискальне зусилля для пакета ресори та мати запас на тертя, перекоси, забруднення деталей і зміну жорсткості ресор різних автомобілів. Розрахунок виконуємо для двох однакових пневмоциліндрів, що працюють паралельно.

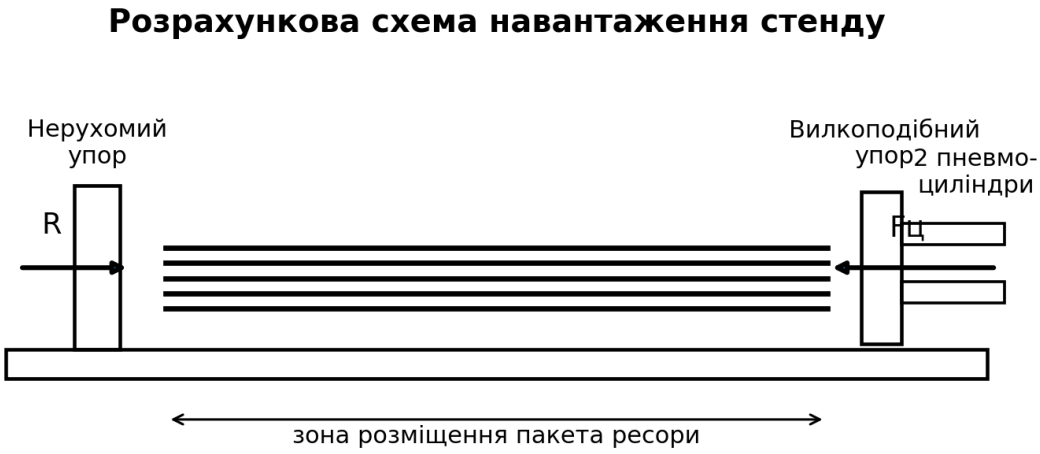


Рис. 3.3. Розрахункова схема дії сил під час стискання ресори

Таблиця 3.4 – Вихідні дані для розрахунку пневмопривода

Позначення	Параметр	Значення	Одиниця
F_0	необхідне робоче зусилля стискання ресори	8,5	кН
$k_з$	коефіцієнт запасу за зусиллям	1,25	–
z	кількість пневмоциліндрів	2	шт.
p	робочий тиск стисненого повітря	0,6	МПа
η	механічний ККД пневмопривода	0,85	–
S	прийнятий робочий хід штока	340	мм

Розрахункове зусилля стискання з урахуванням запасу визначаємо за формулою:

$$F_р = k_з \cdot F_0 = 1,25 \cdot 8,5 = 10,6 \text{ кН}. \quad (3.1)$$

Мінімальний діаметр поршня одного пневмоциліндра визначаємо з умови створення загального зусилля двома циліндрами:

$$D_{min} = \sqrt{(4 \cdot Fp / (z \cdot \pi \cdot p \cdot \eta))}. \quad (3.2)$$

Підставляючи $F_р = 10,6 \cdot 10^3$ Н, z = 2, $p = 0,6 \cdot 10^6$ Па, η = 0,85, одержуємо:

$$D_{min} = \sqrt{(4 \cdot 10600 / (2 \cdot 3,14 \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,85))} = 0,115 \text{ м} = 115 \text{ мм}.$$

За результатами розрахунку приймаємо стандартний пневмоциліндр з діаметром поршня D = 125 мм, діаметром штока d = 32 мм і робочим ходом S = 340 мм. Такий вибір забезпечує технологічний запас і дозволяє використовувати стенд для ресор вантажних автомобілів середньої вантажопідйомності.

Фактичне зусилля при прямому ході двох пневмоциліндрів:

$$F_ц = z \cdot p \cdot (\pi D^2/4) \cdot \eta = 2 \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot (3,14 \cdot 0,125^2/4) \cdot 0,85 = 12,5 \text{ кН}.$$

Зусилля зворотного ходу з урахуванням площі штока:

$$F_{зв} = z \cdot p \cdot [\pi(D^2 - d^2)/4] \cdot \eta = 11,7 \text{ кН}. \quad (3.3)$$

Коефіцієнт запасу за розвиваним зусиллям становить K = Fц / Fр = 12,5 / 10,6 = 1,18. Отже, обрані пневмоциліндри відповідають умовам роботи стенду. Додатковий запас створюється за рахунок можливості короткочасного підвищення тиску в межах допустимих параметрів пневмомережі.

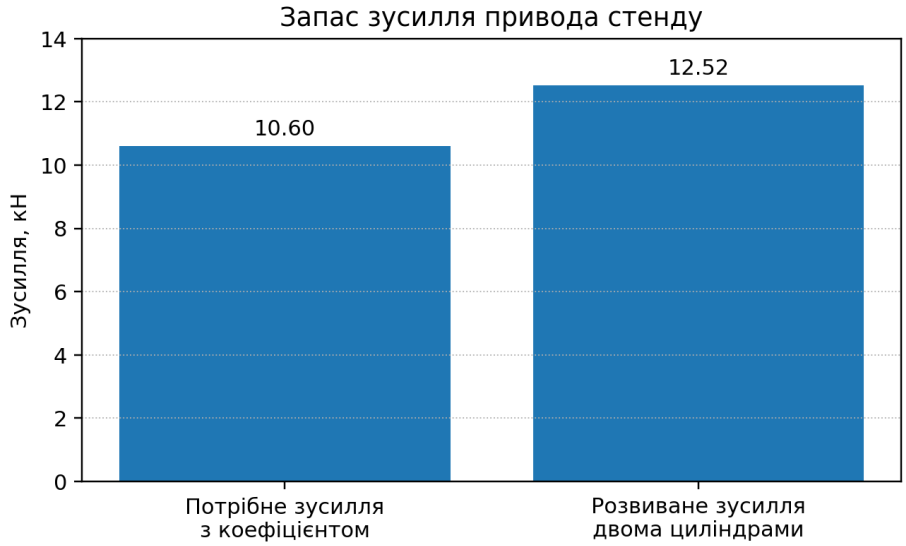


Рис. 3.4. Діаграма запасу зусилля пневмопривода.

Для оцінки потреби в стисненому повітрі визначаємо об’єм однієї робочої порожнини циліндра: $A = \pi D^2/4 = 0{,}01227$ м²; $V_1 = A \cdot S = 0{,}01227 \cdot 0{,}34 = 0{,}00417$ м³. Об’єм кільцевої порожнини при зворотному ході становить $V2 = \pi(D^2-d^2)S/4 = 0{,}00390$ м³. Повний об’єм повітря за один цикл для двох циліндрів дорівнює $V_ц = 2(V_1+V_2) = 0{,}01615$ м³. У перерахунку на вільне повітря при абсолютному тиску 0,7 МПа це становить приблизно 0,113 м³ за цикл, тому для стабільної роботи стенду достатньо компресора продуктивністю 0,18…0,20 м³/хв з урахуванням витоків і резерву.

3.5. Розрахунок болтового з’єднання

Болтові з’єднання стенду сприймають зусилля від пневмоциліндрів і передають його на раму та упори. Найбільш навантаженими є болти кріплення нерухомого упора і вузлів привода, тому перевірку виконуємо за умовами зрізу, зминання отворів і утримання деталей за рахунок сили затягування. Зі специфікації прийнято болти М20×80 у кількості 2 шт. та болти М16×60 у кількості 4 шт. з гайками і шайбами.

Розрахункове навантаження приймаємо рівним максимальному зусиллю пневмопривода $F = 12{,}5$ кН. Для болтів приймаємо клас міцності не нижче 5.8, допустиме напруження на зріз $[\tau] = 90$ МПа, допустиме

напруження зминання $[\sigma_{зм}]$ = 160 МПа. Товщину з'єднуваних вушок і пластин приймаємо t = 8 мм.

Таблиця 3.5 – Вихідні дані для розрахунку болтового з'єднання

Показник	М20	М16	Примітка
Кількість болтів, n	2	4	За специфікацією стенду
Діаметр болта, d	20 мм	16 мм	Номінальний діаметр різьби
Площа перерізу на зріз, $A = \pi d^2/4$	314 мм²	201 мм²	За діаметром стрижня
Розрахункове навантаження, F	12,5 кН	12,5 кН	Максимальне зусилля привода
Допустиме напруження на зріз, [τ]	90 МПа	90 МПа	Для болтів класу не нижче 5.8
Допустиме напруження зминання, [σзм]	160 МПа	160 МПа	Для сталевих пластин

Напруження зрізу в болтах M_{20} визначаємо за формулою:

$$\tau_{20} = F / (n \cdot A) = 12500 / (2 \cdot 314) = 19{,}9 \text{ МПа} < [\tau] = 90 \text{ МПа}.$$

Для чотирьох болтів М16 напруження зрізу становить:

$$\tau_{16} = 12500 / (4 \cdot 201) = 15{,}5 \text{ МПа} < [\tau] = 90 \text{ МПа}.$$

Перевіримо зминання матеріалу в отворах. Для болтів М20:

$$\sigma_{зм}20 = F / (n \cdot d \cdot t) = 12500 / (2 \cdot 20 \cdot 8) = 39{,}1 \text{ МПа} < 160 \text{ МПа}.$$

Для болтів М16:

$$\sigma_{зм16} = 12500 / (4 \cdot 16 \cdot 8) = 24{,}4 \text{ МПа} < 160 \text{ МПа}.$$

Отримані напруження не перевищують допустимих значень. Коефіцієнт запасу за зрізом для болтів М20 становить 90/19,9 = 4,5, для болтів М16 – 90/15,5 = 5,8. За зминанням коефіцієнт запасу відповідно становить 160/39,1 = 4,1 та 160/24,4 = 6,6. Отже, застосовані болтові з'єднання мають достатню міцність для роботи стенду.

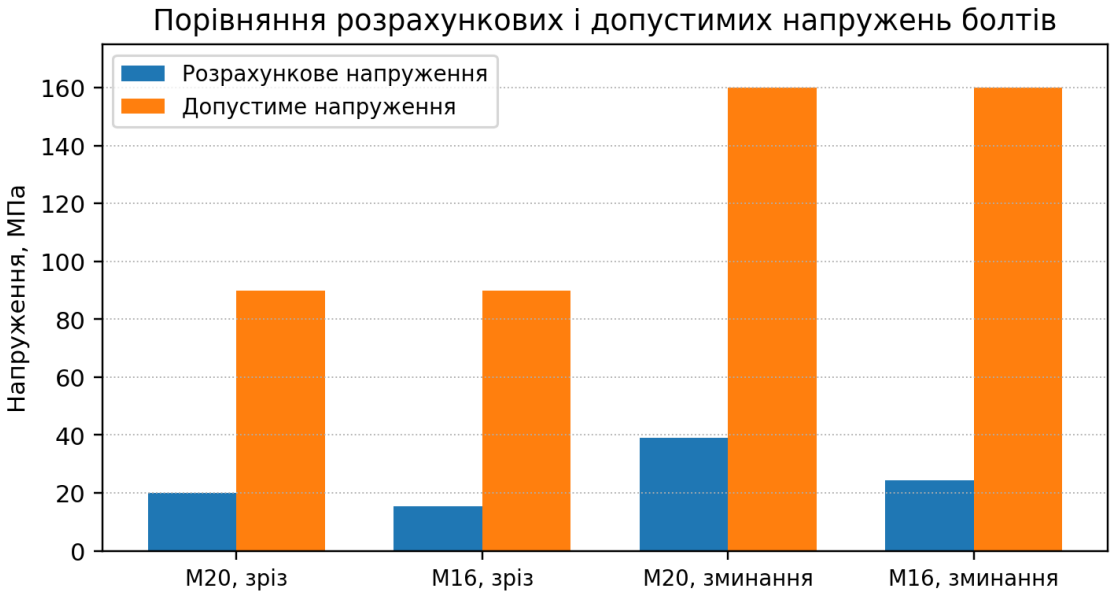


Рис. 3.5. Діаграма перевірки міцності болтового з’єднання.

Додатково перевіримо утримання деталей за рахунок сили тертя від затягування. Для болта М20 площа різьбового перерізу A_s = 245 мм². За межею текучості класу 5.8 Re = 400 МПа рекомендована сила попереднього затягування становить $F_{зат}20 = 0{,}7 \cdot Re \cdot A_s = 0{,}7 \cdot 400 \cdot 245 = 68{,}6$ кН. При коефіцієнті тертя μ = 0,15 два болти можуть передати силу тертя $Fтр20 = 2 \cdot \mu \cdot F_{зат}20 = 20{,}6$ кН, що перевищує робоче навантаження 12,5 кН. Аналогічно для чотирьох болтів М16 з A_s = 157 мм² сила тертя становить близько 26,4 кН. Тому з’єднання не повинні зміщуватися під час нормальної роботи стенду.

3.6. Конструктивні вимоги, безпечність та обслуговування

Рама стенду повинна мати достатню жорсткість, оскільки навіть незначне пружне деформування призводить до перекосу упорів і нерівномірного навантаження ресорного пакета. Зварні шви рами необхідно виконувати суцільними або переривчастими з контролем відсутності тріщин, підрізів і непроварів. Площини встановлення упорів після зварювання доцільно зачистити, щоб забезпечити щільне прилягання деталей і стабільне положення ресори.

Захисний кожух встановлюється над рухомими елементами привода. Його призначення полягає не лише у захисті оператора від контакту зі штоками пневмоциліндрів, а й у запобіганні потраплянню бруду та випадкових предметів у зону переміщення. Конструкція кожуха повинна забезпечувати можливість огляду та періодичного обслуговування привода без демонтажу основних вузлів стенду.

Пневмосистема стенду має бути обладнана фільтром-вологовідділювачем, редуктором тиску та запірним краном перед перемикачем. Перед подачею повітря необхідно переконатися, що ресора правильно встановлена між упорами, руки працівника не знаходяться між листами, а інструмент не залишений у зоні стискання. Забороняється працювати при пошкоджених шлангах, несправному перемикачі або відсутності захисного кожуха.

Таблиця 3.6 – Регламент технічного обслуговування стенду

Періодичність	Операція	Контрольований параметр	Результат
Щозміни	Огляд рами, упорів і кожуха	Відсутність тріщин, деформацій, ослаблення кріплення	Стенд допускається до роботи
Щозміни	Перевірка шлангів і перемикача	Відсутність витоків повітря, плавність спрацювання	Безпечне керування приводом
1 раз на тиждень	Контроль затягування болтів	Момент затягування та відсутність зміщення вузлів	Збереження геометрії стенду
1 раз на місяць	Очищення та перевірка пневмоциліндрів	Стан штоків, ущільнень, кріплення	Зменшення зносу та витоків
Після ремонту	Пробний холостий хід	Повний хід 340 мм без заїдань	Готовність до навантаження

Для підвищення довговічності стенду слід уникати ударного прикладання навантаження, не використовувати стенд як прес для сторонніх робіт і не перевищувати встановлений тиск у пневмомережі. При зміні типорозміру ресори необхідно перевіряти, чи не виходять листи за межі упорів і чи не виникає перекіс пакета. У разі появи ривків під час руху штоків необхідно перевірити чистоту повітря, стан ущільнень і напрямок навантаження.

3.7. Очікуваний технічний ефект від впровадження

Впровадження стенду в ремонтну майстерню машинно-тракторного парку дозволяє перевести операцію складання ресор із ручної у механізовану. При цьому основний час витрачається не на утримання пакета листів, а на безпосередній монтаж, дефектацію та контроль якості. Для підприємства це особливо важливо в період підготовки техніки до сезонних перевезень, коли одночасно обслуговується значна кількість вантажних автомобілів і причепів.

Практичний ефект полягає у зниженні трудомісткості ремонтних операцій, підвищенні безпеки праці, покращенні якості складання та зменшенні ймовірності повторного ремонту через неправильне суміщення листів. Пневматичний привод не потребує складної гідравлічної станції, а тому стенд може бути виготовлений і обслуговуватися силами ремонтної служби господарства.

Таблиця 3.7 – Порівняння ручного способу і роботи на стенді

Критерій	Ручне складання	Складання на стенді
Потрібне ручне зусилля	Високе, часто потрібні додаткові пристрої	Мінімальне, зусилля створюється пневмоциліндрами
Кількість виконавців	Здебільшого 2 особи	1 оператор і допоміжний працівник за потреби
Безпека	Підвищений ризик вивільнення ресори	Ресора утримується між упорами, привід закритий кожухом
Якість суміщення листів	Залежить від навичок працівника	Стабільна завдяки напрямному стисканню
Повторюваність операції	Низька	Висока, технологія однакова для кожної ресори

Висновки до розділу

У конструктивному розділі обґрунтовано доцільність розробки стенду для розбирання та складання ресор вантажних автомобілів у ремонтній майстерні машинно-тракторного парку. Розроблена конструкція складається з рами, двох пневмоциліндрів, нерухомого та вилкоподібного упорів, захисного кожуха, пневматичних шлангів, перемикача і комплекту

стандартних кріпильних виробів. Стенд забезпечує механізоване стискання пакета листів ресори, полегшує встановлення центрового болта, підвищує безпеку праці та покращує якість ремонтної операції.

Розрахунком пневмопривода встановлено, що для робочого тиску 0,6 МПа доцільно застосувати два пневмоциліндри діаметром поршня 125 мм, діаметром штока 32 мм і ходом 340 мм. Загальне розвиване зусилля становить 12,5 кН, що перевищує необхідне розрахункове зусилля 10,6 кН і забезпечує запас 1,18. Перевірка болтових з’єднань М20 і М16 показала, що напруження зрізу та зминання значно менші за допустимі, а отже прийняті стандартні кріпильні елементи забезпечують достатню міцність і надійність конструкції.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто комплекс питань, пов’язаних із підвищенням ефективності ремонтно-обслуговувальних робіт в умовах аграрного підприємства. Встановлено, що стабільна робота машинно-тракторного парку значною мірою залежить від рівня організації технічного сервісу, своєчасного проведення технічного обслуговування, поточного ремонту, діагностування та якісного відновлення деталей і вузлів машин. Особливо актуальним це є для підприємств із великою площею ріллі, де несвоєчасне виконання ремонтних робіт призводить до простоїв техніки, порушення агротехнічних строків і збільшення виробничих витрат.

У першому розділі виконано розрахунок машинно-ремонтної майстерні для аграрного підприємства з площею ріллі 5000 га. Для забезпечення основних технологічних операцій підібрано сучасний машинно-тракторний парк, до складу якого входять енергонасичені трактори, зернозбиральні комбайни, вантажні автомобілі, ґрунтообробні, посівні, обприскувальні, збиральні та допоміжні машини. Проведено розрахунок трудомісткості технічного обслуговування і ремонту машин, визначено річний обсяг ремонтно-обслуговувальних робіт та складено графік завантаження майстерні. Запропонований графік дозволяє рівномірніше розподілити ремонтні роботи протягом року, зменшити пікові навантаження на персонал і забезпечити своєчасну підготовку техніки до весняно-польових, збиральних та осінніх робіт. Також обґрунтовано доцільність впровадження роботизованих і автоматизованих засобів технічного сервісу, зокрема діагностичних систем, автоматизованого обліку технічного стану машин, роботизованих мийних постів, підйомно-транспортного обладнання та цифрового планування ремонтів.

У другому розділі проведено аналіз типових несправностей листових ресор, які використовуються у вантажних автомобілях, причепах, напівпричепах та іншій техніці аграрного підприємства. Встановлено, що

найбільш поширеними дефектами є втомні тріщини, поломка окремих листів, просідання ресорного пакета, корозійне пошкодження поверхонь, зношування вушок і втулок, ослаблення центрових болтів, деформація листів та порушення взаємного розташування елементів пакета. Основними причинами виникнення таких несправностей є динамічні навантаження, перевантаження машин, незадовільний стан доріг, корозійне середовище, несвоєчасне обслуговування та порушення технології ремонту. Розглянуто прогресивні методи відновлення листових ресор, серед яких дефектація, очищення, правка, заміна непридатних листів, термічна обробка, дробоструминне зміцнення, контроль геометричних параметрів і якісне складання пакета.

У конструктивному розділі запропоновано стенд для складання ресор, який призначений для механізованого стискання ресорного пакета, точного суміщення листів, встановлення центрового болта та виконання складальних операцій у безпечних умовах. Конструкція стенду передбачає використання рами, пневмоциліндрів, нерухомого та вилкоподібного упорів, захисного кожуха, пневматичних шлангів, перемикача і стандартних кріпильних елементів. Застосування пневматичного приводу дає змогу зменшити фізичне навантаження на ремонтника, скоротити тривалість складання ресори, підвищити точність взаємного розташування листів і знизити ризик травмування під час роботи з пружними елементами підвіски. Проведені розрахунки пневмоциліндра та болтового з’єднання підтвердили працездатність і достатню міцність основних елементів стенду.

Практичне значення виконаної роботи полягає в тому, що запропоновані організаційні та конструктивні рішення можуть бути використані в ремонтних майстернях аграрних підприємств для підвищення рівня технічної готовності машинно-тракторного парку. Використання розробленого стенду для складання ресор дозволяє механізувати одну з трудомістких і потенційно небезпечних ремонтних операцій, покращити якість відновлення вузлів підвіски та забезпечити більш надійну

експлуатацію транспортних засобів. У результаті впровадження запропонованих заходів очікується зменшення простоїв техніки, підвищення продуктивності ремонтного персоналу, покращення умов праці та зниження витрат на технічний сервіс.

Отже, поставлена мета кваліфікаційної роботи досягнута: виконано розрахунок машинно-ремонтної майстерні, проаналізовано характерні несправності листових ресор, розглянуто прогресивні способи їх відновлення та запропоновано конструкцію стенду для складання ресор. Результати роботи мають практичну спрямованість і можуть бути використані для удосконалення ремонтно-обслуговувальної бази аграрних підприємств, підвищення якості ремонту та забезпечення надійної роботи машинно-тракторного парку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 16 с.

2. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 31 с.

3. ДСТУ ISO 4014:2014. Болти з шестигранною головкою. Вироби класів точності А і В. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 20 с.

4. ДСТУ ISO 4032:2014. Гайки шестигранні нормальні. Класи точності А і В. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 16 с.

5. ДСТУ ISO 7089:2015. Шайби плоскі. Нормальна серія. Вироби класу точності А. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 12 с.

6. 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.

7. ДСТУ ISO 898-1:2015. Механічні властивості кріпильних виробів з вуглецевих і легованих сталей. Частина 1. Болти, гвинти і шпильки. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 46 с.

8. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 76 с.

9. ДСТУ ISO 4414:2014. Пневмоприводи. Загальні правила та вимоги безпеки до систем і їх складових частин. Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. 40 с.

10. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 28 с.

11. Писаренко Г. С., Яковлєв А. П., Матвєєв В. В. Опір матеріалів : підручник. Київ : Вища школа, 2004. 655 с.

12. Кіницький Я. Т. Теорія механізмів і машин : підручник. Київ : Наукова думка, 2002. 660 с.

13. Деталі машин : підручник / за ред. О. А. Ряховського. Київ : Вища школа, 2001. 368 с.

14. Павловський М. А. Теоретична механіка : підручник. Київ : Техніка, 2002. 512 с.

15. Гевко Б. М., Рогатинський Р. М. Технологія сільськогосподарського машинобудування : навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2006. 300 с.

16. Технічний сервіс машин агропромислового комплексу : навч. посіб. / за ред. О. В. Сидорчука. Львів : ЛНАУ, 2012. 428 с.

17. Надійність сільськогосподарської техніки : навч. посіб. / В. І. Черкун, М. І. Черновол, В. М. Бєловол та ін. Кіровоград : КНТУ, 2010. 320 с.

18. Черновол М. І., Аулін В. В., Замота Т. М. Відновлення деталей машин : навч. посіб. Кіровоград : КДТУ, 2001. 256 с.

19. Технологія ремонту машин та обладнання : навч. посіб. / В. І. Гринь, О. М. Бобровник, А. І. Кузьменко. Київ : Аграрна освіта, 2013. 350 с.

20. Організація технічного сервісу машинно-тракторного парку : навч. посіб. / В. М. Булгаков, В. В. Адамчук, В. Т. Надикто. Київ : Аграрна наука, 2016. 420 с.

21. Експлуатація машин і обладнання : навч. посіб. / О. М. Мельник, В. В. Іванишин, С. М. Кравченко. Київ : Центр учбової літератури, 2017. 312 с.

22. 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.

23. Norton R. L. Machine Design: An Integrated Approach. 6th ed. Boston : Pearson, 2020. 1184 p.

24. Budynas R. G., Nisbett J. K. Shigley’s Mechanical Engineering Design. 11th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2020. 1104 p.

25. Gillespie T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. Warrendale : SAE International, 1992. 495 p.

26. Reimpell J., Stoll H., Betzler J. W. The Automotive Chassis: Engineering Principles. 2nd ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2001. 444 p.

27. Heisler H. Advanced Vehicle Technology. 2nd ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2002. 654 p.

28. Stone R., Ball J. K. Automotive Engineering Fundamentals. Warrendale : SAE International, 2004. 638 p.

29. Srivastava A. K., Goering C. E., Rohrbach R. P., Buckmaster D. R. Engineering Principles of Agricultural Machines. 2nd ed. St. Joseph : ASABE, 2006. 588 p.

30. Hunt D. R., Wilson D. W. Farm Power and Machinery Management. 11th ed. Long Grove : Waveland Press, 2015. 368 p.

31. Kepner R. A., Bainer R., Barger E. L. Principles of Farm Machinery. 3rd ed. Westport : AVI Publishing Company, 1978. 527 p.