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

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Полінкевич Сергій Вікторович

УДК 631.3-7:629.3.027.3

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Організація технічного сервісу МТП з розробкою стенду для випробування 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 _____ Полінкевич С.В.

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

Житомир – 2026

АНОТАЦІЯ

Полінкевич Сергій Вікторович. Організація технічного сервісу МТП з розробкою стенду для випробування 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 підвищення ефективності технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства шляхом удосконалення ремонтно-діагностичних робіт та розробки стенду для випробування ресор вантажних автомобілів. Обґрунтовано актуальність теми, оскільки справний стан підвіски вантажних автомобілів безпосередньо впливає на безпеку руху, надійність транспортних операцій, зменшення простоїв техніки та своєчасне виконання виробничих процесів у сільському господарстві. У першому розділі виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні для аграрного підприємства площею 3600 га, підібрано сучасний склад машинно-тракторного парку та визначено трудомісткість технічного обслуговування і ремонту техніки. Складено графік завантаження майстерні, що дає змогу раціонально планувати ремонтно-обслуговувальні роботи протягом року та зменшувати нерівномірність використання виробничих ресурсів. У роботі проаналізовано умови експлуатації вантажних автомобілів, конструктивні особливості листових ресор, характерні пошкодження та основні причини їх відмов, зокрема втомне руйнування, корозійно-механічне зношування, поломки листів і ослаблення кріпильних елементів. Розглянуто сучасні методи підвищення надійності ресор, серед яких термічна та хіміко-термічна обробка, поверхневе пластичне деформування, застосування міжлистових прокладок, антикорозійний захист і покращення мастильних матеріалів. У конструктивному розділі запропоновано стенд для випробування ресор, який дозволяє створювати контрольоване навантаження, визначати прогин ресорного пакета та оцінювати якість ремонту перед установленням вузла на автомобіль. Запропоновані технічні рішення спрямовані на підвищення якості ремонту, зниження кількості повторних відмов, покращення організації технічного сервісу МТП та підвищення експлуатаційної надійності.

Ключові слова: машинно-тракторний парк, технічний сервіс, машинно-ремонтна майстерня, вантажний автомобіль, листова ресора, стенд для випробування.

ANNOTATION

Serhiy Viktorovych Polinkevych. Organisation of technical services at the International Trade Centre, including the development of a test rig for testing 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 qualification thesis examines ways of improving the efficiency of technical servicing for an agricultural enterprise’s fleet of machinery and tractors by optimising repair and diagnostic work and developing a test bench for testing the leaf springs of lorries. The relevance of the topic is justified, as the serviceability of lorries’ suspension systems directly affects road safety, the reliability of transport operations, the reduction of equipment downtime and the timely execution of production processes in agriculture. In the first chapter, the parameters of a machinery and repair workshop for an agricultural enterprise covering an area of 3,600 ha have been calculated; a modern fleet of machinery and tractors has been selected; and the labour intensity of equipment maintenance and repair has been determined. A workshop workload schedule has been drawn up, enabling the rational planning of repair and maintenance work throughout the year and reducing the uneven utilisation of production resources. The paper analyses the operating conditions of lorries, the design features of leaf springs, typical damage and the main causes of failure, in particular fatigue failure, corrosion-induced mechanical wear, leaf breakage and the loosening of fasteners. Modern methods for improving the reliability of leaf springs are examined, including thermal and chemical-thermal treatment, surface plastic deformation, the use of inter-leaf spacers, anti-corrosion protection and improvements to lubricants. In the design section, a test rig for leaf springs is proposed, which allows for the application of a controlled load, the determination of the deflection of the spring pack, and the assessment of the quality of repairs prior to installing the assembly on the vehicle. The proposed technical solutions are aimed at improving the quality of repairs, reducing the number of repeat failures, improving the organisation of technical servicing for the vehicle fleet, and increasing operational reliability.

Keywords: vehicle fleet, technical servicing, repair workshop, lorry, leaf spring, test rig.

ЗМІСТ

ВСТУП……..…5
РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ……9
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ РЕСОР ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ……..…23
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ…….38
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……..…….47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……...……..……49

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Ефективне функціонування аграрного підприємства значною мірою залежить від технічного стану машинно-тракторного парку, рівня організації ремонтно-обслуговувальних робіт і своєчасного проведення технічного сервісу. У сучасних умовах сільськогосподарського виробництва техніка працює з високою інтенсивністю, особливо у періоди виконання сезонних польових і транспортних робіт. Будь-які відмови тракторів, автомобілів, причепів, ґрунтообробних, посівних чи збиральних машин призводять до простоїв, порушення агротехнічних строків, збільшення витрат на ремонт і зниження економічної ефективності господарства.

Особливе місце у складі машинно-тракторного парку займають вантажні автомобілі, які забезпечують перевезення насіння, добрив, палива, зерна, кормів, запасних частин та іншої продукції. Надійність їх роботи залежить не лише від справності двигуна, трансмісії чи гальмівної системи, а й від технічного стану підвіски. Одним із найважливіших елементів підвіски вантажних автомобілів є листові ресори, які сприймають статичні та динамічні навантаження, пом’якшують удари від нерівностей дороги, забезпечують стабільне положення рами та впливають на безпеку руху.

В умовах аграрного виробництва ресори вантажних автомобілів працюють у складних експлуатаційних умовах. На них діють значні змінні навантаження, ударні впливи під час руху польовими і ґрунтовими дорогами, абразивне зношування, волога, бруд, залишки добрив та корозійно-активні середовища. Крім того, у період збирання врожаю або транспортування масових вантажів автомобілі нерідко працюють із підвищеним навантаженням, що прискорює втому металу, спричиняє просідання ресор, поломку листів, ослаблення центрових болтів, драбин і кріпильних елементів.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи зумовлена необхідністю підвищення якості технічного сервісу машинно-тракторного парку шляхом удосконалення ремонтно-діагностичних операцій, зокрема контролю технічного стану ресор вантажних автомобілів після ремонту. У практиці ремонтних майстерень часто застосовується лише візуальний огляд ресор, який не дає змоги об’єктивно оцінити їхню пружність, залишкову деформацію та здатність витримувати робочі навантаження. Тому розробка стенду для випробування ресор є доцільним технічним рішенням, яке дозволяє підвищити якість ремонту, зменшити кількість повторних відмов і забезпечити безпечну експлуатацію автомобілів.

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності організації технічного сервісу машинно-тракторного парку аграрного підприємства шляхом обґрунтування параметрів машинно-ремонтної майстерні, аналізу надійності ресор вантажних автомобілів та розробки стенду для їх випробування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання:** проаналізувати склад машинно-тракторного парку аграрного підприємства та визначити основні напрями організації його технічного сервісу; виконати розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні для господарства з площею сільськогосподарських угідь 3600 га; визначити трудомісткість технічного обслуговування і ремонту машинно-тракторного парку; скласти графік завантаження майстерні протягом року; проаналізувати умови експлуатації вантажних автомобілів та їхній вплив на деталі підвіски; розглянути конструктивні особливості листових ресор і характерні причини їх відмов; обґрунтувати необхідність застосування спеціального стенду для контролю працездатності ресор після ремонту; розробити конструкцію стенду для випробування ресор і виконати необхідні інженерні розрахунки.

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

Предметом дослідження є технологічні та конструктивні рішення, спрямовані на підвищення якості ремонту і випробування ресор вантажних автомобілів в умовах машинно-ремонтної майстерні.

У процесі виконання роботи використано методи аналізу виробничих умов експлуатації техніки, розрахунку трудомісткості технічного обслуговування і ремонту, порівняльного аналізу конструкцій ресор, інженерного розрахунку елементів стенду, а також методи узагальнення технічної інформації щодо підвищення надійності деталей підвіски.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. 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 02.06.2026).

2. Борак К. В., Руденко В. Г., Веремій Т. Б., Хіміч О., **Полінкевич С. В.** Використання 3D-друку під час ремонту техніки й обладнання в агропромисловому комплексі. Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 119-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 19-20 лют. 2026 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2026. С. 11-14.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення кваліфікаційної роботи полягає в тому, що запропоновані рішення можуть бути використані під час модернізації або проектування комбікормових цехів невеликої та середньої продуктивності. Удосконалення технологічної лінії та операції змішування дозволяє підвищити рівномірність кормової суміші, зменшити втрати сировини, покращити умови праці, скоротити частку

ручних операцій і забезпечити більш ефективне використання енергетичних та матеріальних ресурсів.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 32 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 51 сторінка комп’ютерного тексту, містить 9 рисунків, 13 таблиць та 1 додаток.

РОЗДІЛ 1
РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ МАШИННО-РЕМОНТНОЇ МАЙСТЕРНІ

1.1. Вихідні умови проєктування машинно-ремонтної майстерні

Машинно-ремонтна майстерня аграрного підприємства є центральною ланкою системи технічного сервісу машинно-тракторного парку. Вона забезпечує планове технічне обслуговування, діагностування, поточний ремонт, підготовку машин до польових робіт, сезонне зберігання та оперативне усунення відмов. У межах кваліфікаційної роботи майстерня розглядається як виробнича дільниця підприємства, що обробляє 3600 га ріллі та використовує сучасну енергонасичену техніку для вирощування зернових, зернобобових та олійних культур.

Для розрахунку прийнято, що підприємство працює у зоні інтенсивного землеробства, має компактне розміщення полів, власну виробничу базу, паливно-мастильний склад, криті майданчики для зберігання машин і окрему зону миття техніки. Основними культурами у структурі посівів прийнято озиму пшеницю, кукурудзу на зерно, соняшник, сою, ріпак та ярий ячмінь. Така структура є типовою для багатогалузевого аграрного підприємства і зумовлює потребу у тракторах різних тягових класів, високопродуктивних комбайнах, посівних комплексах, обприскувачах, транспортних засобах і ґрунтообробних агрегатах.

Вихідними даними для розрахунку є площа ріллі 3600 га, прийнятий склад машинно-тракторного парку, орієнтовна річна зайнятість машин, нормативна трудомісткість технічного обслуговування та поточного ремонту за групами техніки, режим роботи майстерні та сезонний характер навантаження. Розрахунки виконано для господарства, яке основну частину робіт з технічного сервісу виконує власними силами, а складні капітальні ремонти двигунів, трансмісій, гідронасосів та електронних блоків передає спеціалізованим сервісним організаціям.

Прийнятий режим роботи майстерні: одна зміна тривалістю 8 год у звичайний період та можливість продовження роботи у пікові місяці підготовки до посівної, жнив і осіннього обробітку ґрунту. Робота організовується за планово-попереджувальною системою, за якої обслуговування машин виконується не після появи несправності, а відповідно до напрацювання, календарного періоду та результатів технічного діагностування.

1.2. Обґрунтування складу машинно-тракторного парку підприємства

Склад машинно-тракторного парку сформовано з урахуванням площі 3600 га, потреби у своєчасному виконанні технологічних операцій та прагнення зменшити простої під час коротких агротехнічних строків. Для важких енергоємних операцій доцільно використовувати трактори потужністю понад 300 к. с., для посіву, культивації, внесення добрив і транспортних операцій – універсальні трактори середньої потужності. Зернозбиральні комбайни підібрано так, щоб забезпечити збирання зернових культур у стислі строки з резервом на несприятливі погодні умови.

Підбір техніки виконано за принципом сумісності агрегатів, мінімізації надлишкової номенклатури марок та можливості технічного обслуговування у власній майстерні. Пріоритет надано машинам із сучасними системами телематики, електронного контролю, автоматичного водіння, бортової діагностики та високою ремонтопридатністю. Орієнтовний склад машинно-тракторного парку наведено в таблиці 1.1.

Парк містить 9 тракторів різної потужності, 3 зернозбиральні комбайни, 2 обприскувачі, 3 посівні агрегати, 7 основних ґрунтообробних машин, 2 навантажувачі, 5 автомобілів і комплект причіпної техніки. Такий склад дає змогу поєднати високу продуктивність із резервуванням найвідповідальніших операцій. У разі виходу з ладу однієї машини

господарство не зупиняє весь технологічний процес, а перерозподіляє агрегати між полями.

Таблиця 1.1 – Орієнтовний склад сучасного машинно-тракторного парку для підприємства площею 3600 га

№	Найменування і приклад марки	Кількість, од.	Основне призначення
1	Трактор John Deere 8R 410 або аналог 300–330 кВт	2	Оранка, глибоке рихлення, важке дискування, агрегатування з широкозахватними знаряддями
2	Трактор Fendt 936 Vario або аналог 250–270 кВт	1	Важкі тягові та транспортні роботи, резерв для пікових періодів
3	Трактор John Deere 6R 250 / Case IH Puma 240	2	Посів, культивація, внесення добрив, транспорт
4	Трактор New Holland T7.270 або аналог	2	Універсальні польові роботи, агрегатування з обприскувачем та розкидачем
5	Трактор Kubota M7-173 / Massey Ferguson 7S	2	Допоміжні роботи, навантаження, підвезення, внутрішньогосподарський транспорт
6	Зернозбиральний комбайн CLAAS LEXION 7700	2	Збирання зернових і зернобобових культур
7	Зернозбиральний комбайн John Deere S780 або аналог	1	Резервна та високопродуктивна збиральна машина
8	Самохідний обприскувач John Deere R4140i / Case IH Patriot	1	Внесення ЗЗР і рідких добрив
9	Причіпний обприскувач Amazone UX 6201	1	Резервне та допоміжне обприскування
10	Посівний комплекс Horsch Pronto 9 DC	1	Сівба зернових культур
11	Просапна сівалка Väderstad Tempo L 16 / Kinze 3605	1	Сівба кукурудзи та соняшнику
12	Універсальна сівалка точного висіву	1	Резерв, соя, дрібнонасінні культури
13	Плуги Lemken Diamant / оборотні плуги 7–9 корпусів	2	Основний обробіток ґрунту
14	Дискова борона Horsch Joker / Amazone Catros 8–10 м	2	Лущення стерні, передпосівний обробіток
15	Культиватор Lemken Karat / Horsch Terrano	2	Безполицевий обробіток, заробка решток
16	Розкидач мінеральних добрив Amazone ZA-TS / Rauch Axis	1	Внесення мінеральних добрив
17	Телескопічний навантажувач JCB 541-70 / Manitou MLT	2	Навантаження зерна, добрив, насіння, ремонтні роботи
18	Вантажний автомобіль-зерновоз MAN TGS / DAF CF	4	Перевезення зерна, насіння, добрив
19	Сервісний автомобіль IVECO Daily / Mercedes-Benz Sprinter	1	Виїзний ремонт, доставка запасних частин і інструменту
20	Причепи, бункери-перевантажувачі, платформи	8	Логістика урожаю та матеріалів

Наявність сучасних тракторів і комбайнів підвищує вимоги до майстерні: крім стандартних постів ремонту, потрібні діагностичні сканери, ноутбуки з сервісним програмним забезпеченням, стенди для перевірки

гідравліки, засоби контролю паливної апаратури, зарядні пристрої, обладнання для роботи з кондиціонерами, а також система обліку запасних частин. Для теми роботи особливе значення має також створення стенда для випробування ресор, оскільки вантажні автомобілі та причепи працюють у напружених умовах транспортування зерна і добрив, що спричиняє значні навантаження на елементи підвіски.

1.3. Методика розрахунку трудомісткості технічного обслуговування і ремонту

Річний обсяг робіт машинно-ремонтної майстерні визначається сумарною трудомісткістю технічного обслуговування, діагностування, поточного ремонту, сезонної підготовки та допоміжних операцій за всіма групами техніки. Для проєктного розрахунку використано укрупнені нормативи трудомісткості на одну машину за рік. Вони враховують виконання регламентних операцій, заміну мастил і фільтрів, підтягування кріплень, перевірку гальмівних систем, діагностику електроніки, ремонт гідравліки, зварювальні роботи та підготовку машин до зберігання.

Річна трудомісткість за окремою групою машин визначається за формулою:

$$T_i = n_i \cdot t_i, \tag{1.1}$$

де T_i – річна трудомісткість робіт за і-ю групою машин, люд.-год; n_i – кількість машин відповідної групи, од.; t_i – середня річна трудомісткість технічного обслуговування і поточного ремонту однієї машини, люд.-год.

Загальний річний обсяг робіт майстерні визначається з урахуванням резерву на непередбачені відмови, повторні регулювання, підготовку робочих місць і контроль якості:

$$T_{заг} = \Sigma T_i \cdot K_p, \tag{1.2}$$

де K_p – коефіцієнт резерву трудомісткості. Для проєктної майстерні прийнято $K_p = 1{,}10$, оскільки частина техніки працює в умовах підвищеної запиленості, сезонних піків і значних транспортних навантажень.

Таблиця 1.2 – Розрахунок річної трудомісткості ТО і поточного ремонту техніки

Група техніки	Кількість, од.	Прийнята трудомісткість на 1 од., люд.-год/рік	Річна трудомісткість, люд.-год
Трактори високої потужності	3	640	1920
Трактори середньої потужності	4	480	1920
Універсальні та допоміжні трактори	2	340	680
Зернозбиральні комбайни	3	890	2670
Обприскувачі та машини для внесення добрив	2	330	660
Сівалки і посівні комплекси	3	210	630
Ґрунтообробні машини	8	120	960
Причепи, бункери-перевантажувачі, платформи	8	95	760
Вантажні та сервісні автомобілі	5	420	2100
Телескопічні навантажувачі	2	370	740
Обслуговування обладнання майстерні, калібрування, оснащення	1 комплект	450	450
Разом без резерву	–	–	13490
Разом з коефіцієнтом резерву $K_р$ = 1,10	–	–	14839

Таблиця 1.3 – Розподіл річної трудомісткості за видами робіт

Вид робіт	Частка, %	Трудомісткість, люд.-год	Коротка характеристика
Діагностування і дефектація	8	1187	Комп’ютерна діагностика, вимірювання, перевірка гідравліки, контроль підшипників
Регламентне ТО-1, ТО-2 та заміна експлуатаційних матеріалів	22	3265	Заміна мастил, фільтрів, очищення, змащування, перевірка кріплень
Сезонне обслуговування та підготовка до зберігання	12	1781	Підготовка до посівної, жнив, осінніх робіт, консервація
Поточний ремонт машин і агрегатів	34	5045	Заміна вузлів, ремонт ходової частини, трансмісії, підвіски, робочих органів
Ремонт гідравліки, електрообладнання та паливних систем	12	1781	Ремонт рукавів, діагностика датчиків, генераторів, стартерів, насосів
Виготовлення та відновлення деталей, 3D-друк, зварювання	7	1039	Втулки, кожухи, шаблони, пристосування, дрібні елементи
Миття, випробування, контроль якості, документація	5	742	Заключний контроль, заповнення карт ТО, випробування після ремонту
Разом	100	14839	–

За результатами розрахунку річний обсяг робіт майстерні становить 14839 люд.-год. Найбільшу частку формують зернозбиральні комбайни, вантажні автомобілі та трактори високої і середньої потужності. Це пояснюється високою складністю їхніх систем, значною кількістю

регламентних операцій, потребою у діагностиці електронних блоків, гідросистем, підшипникових вузлів, трансмісій та робочих органів.

1.4. Розрахунок чисельності виробничих працівників

Чисельність працівників визначається з урахуванням річного фонду робочого часу одного ремонтника та коефіцієнта використання робочого часу. Для аграрної майстерні важливо приймати не лише середньорічне значення, а й сезонну нерівномірність навантаження, оскільки найбільша кількість робіт припадає на зимову підготовку техніки, період перед посівною та час підготовки комбайнів до жнив.

Ефективний фонд часу одного виробничого робітника визначаємо за формулою:

$$F_д = D_р \cdot t_{зм} \cdot \eta, \qquad (1.3)$$

де $D_р$ – кількість робочих днів на рік; $t_{зм}$ – тривалість зміни, год; η – коефіцієнт використання робочого часу. Приймаємо $D_р = 226$ днів, $t_{зм} = 8$ год, $\eta = 0{,}95$. Тоді $F_д = 226 \cdot 8 \cdot 0{,}95 = 1718$ люд.-год.

Розрахункова кількість основних ремонтних робітників становить:

$$N_р = T_{заг} / F_д = 14839 / 1718 = 8{,}64 \text{ особи}. \qquad (1.4)$$

Отже, мінімальна чисельність основних робітників становить 9 осіб. З урахуванням пікових навантажень, потреби у виїзних ремонтах і необхідності забезпечення безперервності робіт доцільно прийняти 10 основних виробничих працівників. До складу персоналу пропонується включити: 4 слюсарі з ремонту тракторів і комбайнів, 1 слюсар-діагност електронних систем, 1 фахівець з гідравліки, 1 електрик, 1 зварювальник, 1 токар-оператор дільниці механічної обробки та 1 оператор дільниці 3D-друку й виготовлення оснащення. Організацію робіт забезпечує майстер майстерні, який веде електронні наряди, планує завантаження постів і контролює якість виконання операцій.

1.5. Визначення складу виробничих дільниць і площі майстерні

Машинно-ремонтна майстерня повинна мати таку структуру, щоб у ній можна було виконувати повний комплекс робіт із підтримання працездатності МТП. Для підприємства площею 3600 га доцільно передбачити дільницю загального ремонту, пост діагностування, агрегатну та гідравлічну дільницю, електротехнічну дільницю, зварювально-слюсарну зону, дільницю механічної обробки, пост обслуговування шин і ресор, зону 3D-друку та склад запасних частин. Окремо розміщується мийний пост, оскільки ремонт забрудненої техніки знижує якість дефектації та прискорює зношування інструменту.

Площа майстерні визначається укрупнено за габаритами машин, кількістю робочих місць, розмірами проходів, зонами безпечного переміщення та площами для зберігання агрегатів. Для сучасної техніки потрібно залишати достатній простір для відкривання капотів, демонтажу коліс, використання кран-балки, підкатних візків і мобільних діагностичних станцій. Орієнтовний розподіл площ наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Орієнтовний склад і площі виробничих дільниць МРМ

Дільниця або зона	Кількість постів/місць	Площа, м²	Призначення
Пост діагностування та регламентного ТО	1	72	Огляд, комп’ютерна діагностика, заміна мастил і фільтрів
Пост ремонту тракторів	1	90	Ремонт ходової частини, трансмісії, гідравліки, навісної системи
Пост ремонту комбайнів і вантажних автомобілів	1	130	Великогабаритні роботи, підвіска, приводи, транспортери, ресори
Агрегатно-гідравлічна дільниця	1	56	Ремонт насосів, циліндрів, гідророзподільників, рукавів
Зварювально-слюсарна дільниця	2 робочі місця	48	Зварювання, правка, виготовлення кронштейнів і ремонт рам
Механічна дільниця	2 верстати	42	Токарні, свердлильні та шліфувальні операції
Електротехнічна та діагностична зона	1 робоче місце	32	Стартери, генератори, датчики, електронні вузли
Дільниця шин, підвіски і ресор	1 робоче місце	36	Демонтаж коліс, перевірка ресор, дрібний ремонт підвіски

Продовження таблиці 1.4

Дільниця 3D-друку та виготовлення оснащення	1 робоче місце	28	Друк деталей, шаблонів, оснастки, робота з CAD-моделями
Мийний пост і зона сушіння	1	54	Миття техніки перед ремонтом
Склад запасних частин, матеріалів та інструменту	–	100	Зберігання фільтрів, мастил, ременів, підшипників, матеріалів
Побутові та адміністративні приміщення	—	70	Кімната майстра, роздягальня, санітарні приміщення
Разом	**–**	**758**	**–**

Отже, орієнтовна загальна площа майстерні становить 758 м². Виробничі пости доцільно розташувати за потоковим принципом: мийна зона – діагностування – ремонтний пост – агрегатна дільниця – контроль якості. Така схема скорочує зайві переміщення машин, зменшує тривалість простою та спрощує контроль за виконанням ремонтних робіт.

У майстерні необхідно передбачити кран-балку вантажопідйомністю 3,2–5,0 т, пересувні гідравлічні домкрати, підкатні візки, компресорну станцію, систему відведення відпрацьованих газів, пневмоінструмент, діагностичний сканер для тракторів і комбайнів, стенд для перевірки гідроциліндрів, стенд для випробування ресор, верстати для ремонту шин, стелажі для агрегатів та окрему шафу для зберігання матеріалів 3D-друку.

1.6. Складання графіка завантаження машинно-ремонтної майстерні

Завантаження майстерні протягом року є нерівномірним. У січні та лютому виконуються основні ремонти тракторів, сівалок, ґрунтообробних машин і транспортних засобів. У березні зростає обсяг підготовки до весняно-польових робіт. У квітні та травні основні машини працюють у полі, тому майстерня виконує переважно оперативне обслуговування і виїзні ремонти. У червні та липні основна увага приділяється комбайнам, зерновозам, причепам і бункерам-перевантажувачам. Восени виконуються ремонти після жнив, підготовка техніки до осіннього обробітку ґрунту та закладання машин на зберігання.

Розподіл річної трудомісткості за місяцями прийнято з урахуванням сезонності робіт, графіка використання техніки та потреби у підготовці машин до відповідальних польових операцій. Результати наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Річний графік завантаження машинно-ремонтної майстерні

Місяць	Частка річного обсягу, %	Планова трудомісткість, люд.-год	Характер робіт
Січень	12.0	1781	Зимовий ремонт тракторів, автомобілів, ресор, агрегатів
Лютий	11.0	1632	Підготовка ґрунтообробної та посівної техніки
Березень	9.0	1336	Передпосівне ТО, діагностика тракторів, налаштування сівалок
Квітень	5.5	816	Оперативне обслуговування під час сівби
Травень	5.5	816	Виїзні ремонти, ТО обприскувачів і тракторів
Червень	7.0	1039	Підготовка комбайнів, зерновозів і навантажувачів
Липень	11.0	1632	Супровід жнив, ремонт комбайнів, причепів, ресор
Серпень	8.0	1187	Післяжнивний ремонт, контроль зношення вузлів
Вересень	7.0	1039	Підготовка до осіннього обробітку, ТО тракторів
Жовтень	6.5	965	Ремонт після осінніх робіт, закладання на зберігання
Листопад	8.0	1187	Плановий ремонт, виготовлення деталей, 3D-друк оснастки
Грудень	9.5	1409	Підсумкове ТО, дефектація, закупівля і виготовлення запасних частин
Разом	100,0	14839	–

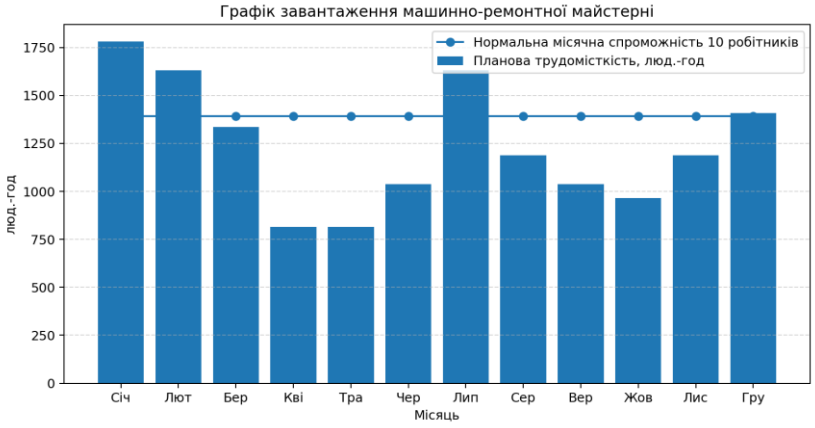


Рис. 1.1. Графік завантаження машинно-ремонтної майстерні протягом року.

Середньомісячна трудомісткість робіт становить 14839 / 12 = 1237 люд.-год. Максимальне завантаження припадає на січень – 1781 люд.-год, тому коефіцієнт сезонної нерівномірності дорівнює 1781 / 1237 = 1,44. Це означає, що за середньорічним навантаженням майстерня може працювати штатним складом, але в пікові місяці необхідно застосовувати гнучке планування, подовження зміни, залучення механізаторів до допоміжних операцій або передавати частину спеціалізованих робіт зовнішнім сервісним організаціям.

Нормальна місячна виробнича спроможність 10 ремонтників за прийнятим фондом часу становить приблизно 1393 люд.-год. Отже, у січні, лютому та липні планове навантаження перевищує звичайну спроможність майстерні. Для усунення перевантаження частину робіт доцільно переносити на листопад і грудень, а також завчасно виконувати дефектацію комбайнів одразу після завершення збирання. Такий підхід скорочує ризик накопичення несправностей перед початком польових робіт.

1.7. Організація технічного сервісу та інформаційне забезпечення робіт

Ефективність машинно-ремонтної майстерні визначається не лише кількістю працівників і обладнання, а й якістю організації технічного сервісу. Для прийнятого парку доцільно застосувати планово-попереджувальну систему з елементами технічного обслуговування за фактичним станом. Кожна машина повинна мати електронну картку, у якій фіксується напрацювання, перелік проведених робіт, замінені деталі, результати діагностики, витрати матеріалів і висновки про подальшу експлуатацію.

Дані про напрацювання тракторів, комбайнів і самохідних машин надходять від бортових терміналів, GPS-трекерів або вводяться механізатором через мобільний додаток. На підставі цих даних майстер формує графік ТО, створює електронні наряди-завдання, резервує запасні частини та планує зайнятість постів. Для кожної машини доцільно

запровадити QR-код, який відкриває її сервісну історію, перелік регламентних операцій, схему точок змащування і список типових несправностей.

Особливу увагу слід приділити технічному сервісу автомобілів, причепів і бункерів-перевантажувачів. Під час перевезення урожаю вони працюють із високою масою вантажу, часто рухаються польовими дорогами, що призводить до інтенсивного зношування шин, ресор, пальців, втулок і кріпильних елементів. Саме тому у складі майстерні передбачено пост підвіски і ресор, а в темі кваліфікаційної роботи розробляється стенд для випробування ресор після ремонту. Його використання дає змогу перевіряти пружні властивості ресори, виявляти залишкову деформацію і контролювати якість складання.

1.8. Заходи з автоматизації та роботизації процесів у МРМ

Автоматизація процесів у машинно-ремонтній майстерні повинна бути поетапною. На першому етапі необхідно автоматизувати облік машин, планування ТО, складський облік запасних частин і формування нарядів. Для цього доцільно впровадити програмну систему класу CMMS, у якій ведуться електронні паспорти техніки, графіки технічного обслуговування, заявки на ремонт, залишки запасних частин і витрати робочого часу. Така система зменшує залежність майстерні від паперових журналів і спрощує контроль виконання робіт.

На другому етапі доцільно встановити стаціонарні та мобільні діагностичні комплекти: сканери CAN-шини, цифрові манометри, тестери акумуляторів, тепловізор, ендоскоп, віброметр і електронні динамометричні ключі з реєстрацією моменту затягування. Результати вимірювань мають передаватися у сервісну картку машини. Це дає змогу порівнювати поточний стан вузлів із попередніми вимірюваннями та переходити від ремонту «за фактом відмови» до ремонту за ознаками погіршення стану.

Очікуваний результат автоматизації полягає у скороченні простою машин, зменшенні неврахованих витрат запасних частин, підвищенні дисципліни ТО і накопиченні історії несправностей. На основі цієї інформації підприємство може планувати закупівлю запасних частин до початку сезону, визначати машини з підвищеною аварійністю та обґрунтовувати потребу в модернізації окремих вузлів.

1.9. Використання 3D-друку для самостійного виготовлення запасних частин

Одним із перспективних напрямів розвитку майстерні є застосування адитивних технологій для швидкого виготовлення запасних частин, допоміжних елементів, шаблонів і ремонтного оснащення. У польовий сезон навіть незначна деталь – кришка, фіксатор, втулка, ручка, корпус датчика, напрямна або захисний кожух – може спричинити простій дорогої машини. Наявність 3D-принтера дає змогу виготовити таку деталь без очікування доставки, якщо вона не є відповідальним елементом безпеки та працює в межах допустимих навантажень.

Для дільниці 3D-друку доцільно передбачити два FDM-принтери закритого типу з робочою камерою не менше 300×300×300 мм, один фотополімерний принтер для дрібних точних деталей, 3D-сканер, комп’ютер із CAD-програмою, сушильну шафу для філаменту, набір вимірювального інструменту та робочий стіл для постобробки. Основними матеріалами можуть бути PETG для корпусних деталей, ABS або ASA для деталей, що працюють на відкритому повітрі, TPU для еластичних прокладок, поліамід і поліамід із вуглеволокном для втулок, кронштейнів невеликого навантаження та технологічної оснастки.

Процес виготовлення деталі складається з дефектації, обміру або 3D-сканування зразка, побудови CAD-моделі, вибору матеріалу, підготовки моделі до друку, друку, механічної постобробки, контрольного вимірювання та пробного встановлення. Для повторюваних деталей створюється

електронна бібліотека моделей, прив’язана до конкретних машин і вузлів. Це дає змогу в майбутньому швидко виготовляти потрібну деталь без повторного моделювання.

За допомогою 3D-друку у майстерні доцільно виготовляти: захисні ковпачки і заглушки, корпуси датчиків, фіксатори електропроводки, напрямні, втулки малонавантажених шарнірів, рукоятки, органайзери інструменту, шаблони для свердління, пристосування для фіксації деталей під час зварювання, моделі для лиття та калібри для перевірки форми. Водночас не можна виготовляти на звичайному полімерному принтері відповідальні деталі гальмівної системи, рульового керування, буксирні елементи, силові кронштейни, ресори, пальці зчіпних пристроїв та інші елементи, руйнування яких може створити небезпеку для людей або техніки.

Економічний ефект від 3D-друку полягає не лише в нижчій вартості окремих деталей. Головною перевагою є скорочення часу простою техніки, можливість швидко виготовляти нестандартні пристосування та підтримувати працездатність машин, для яких окремі пластикові або гумополімерні елементи важко придбати. У поєднанні з електронною базою моделей 3D-друк стає складовою цифрової ремонтної системи підприємства.

Таблиця 1.6 – Рекомендоване обладнання дільниці 3D-друку

Обладнання	Кількість	Призначення
FDM-принтер закритого типу	2	Друк корпусних деталей, втулок, шаблонів, кронштейнів невеликого навантаження
Фотополімерний 3D-принтер	1	Дрібні точні деталі, майстер-моделі, елементи складної форми
3D-сканер ручний	1	Оцифрування зношених або відсутніх деталей
Робоча станція CAD	1	Моделювання деталей, ведення бібліотеки моделей
Сушильна шафа та герметичні бокси	1 комплект	Зберігання поліаміду, TPU, PETG, композитних матеріалів
Постобробний стіл і вимірювальний інструмент	1 комплект	Зачищення, свердління, контроль розмірів, примірка

Висновки до розділу

У розділі виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні для аграрного підприємства площею 3600 га. Для забезпечення своєчасного виконання польових робіт підібрано сучасний машинно-тракторний парк, до складу якого входять енергонасичені трактори, зернозбиральні комбайни, посівні комплекси, обприскувачі, ґрунтообробні агрегати, навантажувачі, вантажні автомобілі та причіпна техніка.

Розрахована річна трудомісткість технічного обслуговування і поточного ремонту становить 14839 люд.-год. Для виконання цього обсягу робіт потрібно 9 основних ремонтних працівників, однак з урахуванням сезонної нерівномірності та потреби у виїзному сервісі прийнято 10 основних виробничих працівників і майстра майстерні. Орієнтовна загальна площа майстерні становить 758 м², що дає змогу розмістити 4 основні ремонтні пости, діагностичну, агрегатну, зварювальну, механічну, електротехнічну, шинно-ресорну та адитивну дільниці.

Складено графік завантаження майстерні, який показує найбільше навантаження у січні, лютому та липні. Для вирівнювання завантаження запропоновано завчасну дефектацію машин, перенесення частини робіт на осінньо-зимовий період, електронне планування ТО та часткове залучення зовнішнього сервісу в пікові місяці. Розроблені заходи з автоматизації, роботизації та використання 3D-друку створюють передумови для скорочення простоїв техніки, підвищення якості ремонту і розвитку власної ремонтної бази підприємства.

РОЗДІЛ 2
АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ РЕСОР ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Надійність вантажного автомобіля визначається не лише ресурсом двигуна, трансмісії чи гальмівної системи, а й працездатністю елементів підвіски. У сільськогосподарському підприємстві транспортні засоби постійно залучаються до перевезення зерна, кормів, добрив, пального, запасних частин і будівельних матеріалів. Під час таких робіт підвіска працює у важких режимах, оскільки автомобіль рухається як дорогами загального користування, так і польовими під'їздами, тимчасовими технологічними шляхами, ґрунтовими ділянками та майданчиками біля складів і ферм.

Листова ресора є одним із найпоширеніших пружних елементів підвіски вантажівок, причепів і напівпричепів. Її перевагами є простота конструкції, висока вантажна здатність, можливість ремонту окремих елементів, відносно невисока вартість і здатність одночасно виконувати пружну та напрямну функції. Разом з тим ресора працює під дією багаторазових змінних навантажень, що створює умови для втомного руйнування, корозійно-механічного зношування, просідання, ослаблення з'єднань і поломки листів.

Метою цього розділу є аналіз умов експлуатації ресор вантажних автомобілів, розгляд їх конструктивних різновидів, визначення характерних пошкоджень і причин відмов, а також огляд основних способів підвищення надійності. Результати аналізу використовуються для обґрунтування потреби у стенді для випробування ресор у машинно-ремонтній майстерні, оскільки лише зовнішній огляд не дає повної інформації про фактичну жорсткість і залишкову деформацію пружного елемента після ремонту.

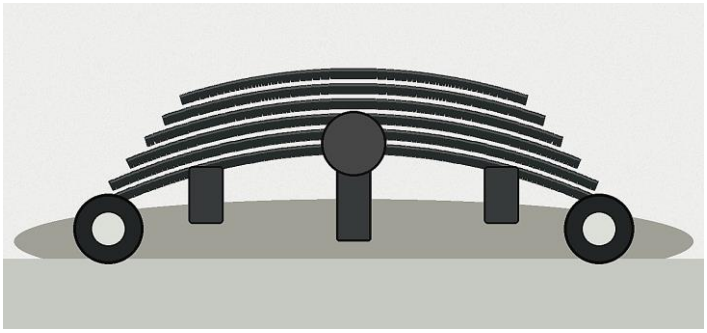


Рис. 2.1. Схематичний вигляд листової ресори вантажного автомобіля (ілюстративне зображення).

2.1. Аналіз умов експлуатації вантажних автомобілів та їхнього впливу на деталі підвіски

Умови роботи вантажних автомобілів аграрного підприємства мають виражений сезонний характер. У період посівної, збирання врожаю та заготівлі кормів транспортні засоби використовуються з підвищеною інтенсивністю, а в міжсезоння частина машин може перебувати на зберіганні або виконувати допоміжні роботи. Така нерівномірність експлуатації ускладнює планування технічного обслуговування, тому окремі вузли підвіски часто працюють до появи явних ознак несправності.

Під час руху вантажівки на ресору діє сила від підресореної маси автомобіля та вантажу. Крім вертикального навантаження, ресора сприймає поздовжні сили, які виникають під час розгону і гальмування, а також поперечні зусилля при маневруванні. У залежній підвісці листова ресора не тільки пом'якшує поштовхи, а й утримує міст у заданому положенні відносно рами. Через це будь-яке ослаблення драбин або центрового болта впливає не лише на довговічність ресори, але й на керованість автомобіля.

Найбільш несприятливими для ресор є ударні навантаження. Вони виникають при наїзді колеса на яму, камінь, колію, бордюр або іншу нерівність. Короткочасне ударне зусилля може в кілька разів перевищувати статичне навантаження. Якщо автомобіль перевантажений, запас пружної деформації зменшується, листи працюють ближче до граничного стану, а ризик залишкової деформації та утворення тріщин значно збільшується.

Для сільськогосподарських перевезень характерні перевантаження під час транспортування зерна, силосу, коренеплодів, органічних і мінеральних добрив. Навіть нетривале перевищення допустимого навантаження викликає збільшення прогину ресори, підвищення напружень згину і додаткове навантаження на корінний лист. Систематичне перевантаження призводить до просідання підвіски, погіршення плавності ходу, нерівномірного зношування шин і підвищення навантажень на раму.

Важливе значення має дорожнє середовище. Рух польовими дорогами супроводжується дією пилу, піску, грудок ґрунту та рослинних залишків. Ці частинки потрапляють між листами ресори і формують абразивне середовище. При відносному переміщенні листів утворюються подряпини, задири та місцеві заглиблення, які знижують опір втомному руйнуванню. За наявності вологи абразивне зношування поєднується з корозією, що додатково прискорює розвиток дефектів.

Низька температура взимку та висока температура влітку також впливають на довговічність підвіски. Узимку метал стає менш пластичним, мастильні матеріали густішають, а вода, що потрапила у зазори, може замерзати. Улітку при інтенсивній роботі збільшується запиленість, а на поверхнях тертя швидше руйнується мастильна плівка. Тому технічний стан ресор доцільно контролювати з урахуванням сезону та характеру виконуваних робіт.

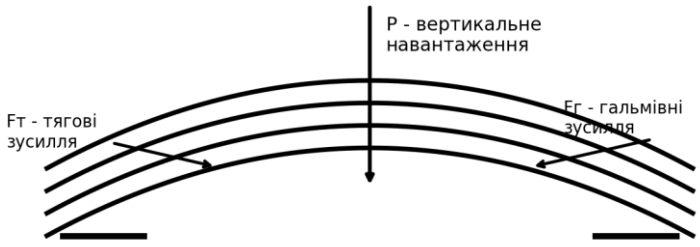


Схема навантаження листової ресори під час руху вантажного автомобіля

Рис. 2.2. Основні сили, що діють на листову ресору під час руху вантажного автомобіля.

Таблиця 2.1 – Вплив експлуатаційних факторів на працездатність ресор вантажних автомобілів.

Фактор експлуатації	Прояв у роботі автомобіля	Наслідки для ресори та підвіски
Перевантаження	Перевищення допустимої маси вантажу	Зростання напружень згину, просідання, поломка листів
Нерівні дороги	Удари, колійність, вібрації	Втомні тріщини, ослаблення драбин і болтів
Пил та абразив	Потрапляння частинок між листами	Зношування контактних поверхонь, задири
Волога і реагенти	Корозія поверхні, накопичення бруду	Зменшення перерізу листа, корозійно-втомне руйнування
Недостатнє мащення	Підвищене сухе тертя між листами	Скрип, перегрів зон контакту, прискорене зношування
Нерегулярне ТО	Пізнє виявлення тріщин і ослаблень	Раптові відмови підвіски у період пікових робіт

Узагальнення впливу основних факторів показує, що найбільшу небезпеку становить не один окремий чинник, а їх поєднання. Наприклад, перевантажений автомобіль, який рухається нерівною ґрунтовою дорогою у вологу погоду, створює одночасно високі напруження згину, ударні навантаження, абразивне тертя і корозійне ураження. Саме такі режими є типовими для аграрного виробництва, тому під час організації технічного сервісу МТП необхідно передбачати систематичний контроль стану ресор.



Рис. 2.3. Орієнтовна значущість факторів, що прискорюють відмови ресор.

2.2. Конструктивні особливості та класифікація сучасних листових ресор вантажівок

Листова ресора являє собою пакет пружних сталевих листів, які мають початкову кривизну і працюють переважно на згин. Найдовший лист називають корінним. Він має вушка для шарнірного кріплення до рами через пальці та втулки. Інші листи мають меншу довжину і встановлюються під корінним листом, утворюючи пакет, який сприймає навантаження від моста або балки підвіски.

Основними елементами багатолистової ресори є корінний лист, додаткові листи, центровий болт, хомути, втулки, пальці, кронштейни, драбини кріплення до моста та опорні подушки. Центровий болт забезпечує взаємне розташування листів і фіксує пакет у поздовжньому напрямку. Хомути обмежують розходження листів і запобігають їх поперечному зміщенню. Драбини притискають ресору до моста і передають зусилля між мостом та пружним елементом.

У сучасних вантажівках застосовуються як традиційні багатолистові ресори постійного перерізу, так і малолистові або параболічні ресори. Багатолистові конструкції мають високу ремонтопридатність: у разі пошкодження можна замінити окремий лист, центровий болт, втулку або хомут. Їх недоліками є велика маса, значне міжлистове тертя і потреба у періодичному мащенні.

Параболічні ресори мають листи змінної товщини: у середній частині лист товстіший, а до кінців поступово тоншає. Така форма забезпечує більш рівномірний розподіл напружень по довжині листа, зменшує масу і покращує плавність ходу. Між листами параболічної ресори часто встановлюють полімерні прокладки, що зменшують тертя і шум. Разом з тим ремонт таких ресор в умовах звичайної майстерні складніший, оскільки вони мають вищі вимоги до матеріалу, геометрії та режимів термічної обробки.

За функціональним призначенням ресори можуть бути основними і додатковими. Основна ресора працює постійно і сприймає навантаження від

власної маси автомобіля та частини вантажу. Додаткова ресора, або підресорник, вступає в роботу при збільшенні навантаження. Така схема дозволяє зберегти прийнятну плавність ходу порожнього автомобіля і забезпечити достатню жорсткість при повному завантаженні.

Конструкція вушок корінного листа має велике значення для надійності. У вушках встановлюють втулки, які працюють у парі з пальцями кріплення. Зношування втулок призводить до появи люфтів, стуків, перекосу ресори і додаткових ударних навантажень. Якщо втулки своєчасно не замінювати, отвори в корінному листі та кронштейнах можуть розбиватися, що ускладнює ремонт і знижує безпеку експлуатації.

Матеріалом для виготовлення листів є пружинні сталі з високою межею пружності та достатньою в'язкістю. Після формування листи піддають термічній обробці, яка забезпечує необхідне поєднання твердості, міцності та пружності. Якість сталі, точність нагрівання, гартування і відпуску безпосередньо впливають на втомну довговічність ресори. Будь-які дефекти поверхні, перегрів або зневуглецювання створюють умови для передчасного руйнування.

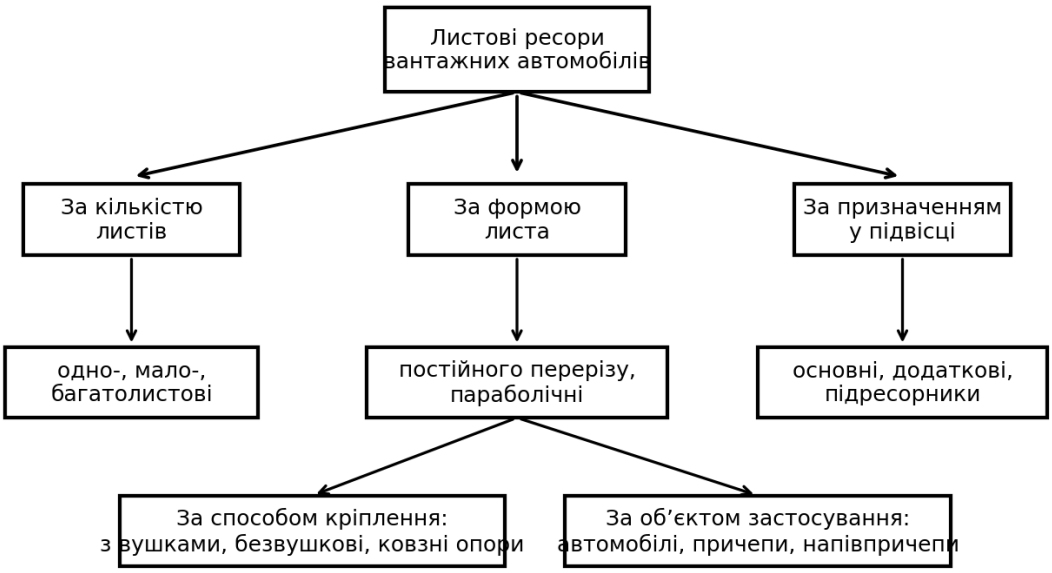


Рис. 2.4. Класифікація листових ресор вантажних автомобілів.

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика сучасних листових ресор.

Тип ресори	Конструктивна характеристика	Переваги	Недоліки
Багатолистова	Пакет із багатьох листів постійної товщини	Міцність, простий ремонт, доступність деталей	Велика маса, значне міжлистове тертя
Малолистова	Невелика кількість листів підвищеної міцності	Менша маса, краща плавність ходу	Вища вимогливість до якості матеріалу
Параболічна	Листи змінної товщини з оптимізованою формою	Рівномірніший розподіл напружень, менший шум	Складніший ремонт, вища вартість
З підресорником	Основний пакет і додаткова ресора	Ефективна робота при різному завантаженні	Потрібний контроль опор і кронштейнів
Ресора причепа	Посилена конструкція для осьових навантажень	Висока вантажна здатність	Підвищені вимоги до кріплення та центрування

Отже, вибір типу ресори визначається вантажопідйомністю автомобіля, характером дорожніх умов, вимогами до маси підвіски, ремонтопридатності та плавності ходу. Для аграрних підприємств важливими залишаються простота ремонту і можливість відновлення вузла власними силами. Саме тому багатолистові ресори продовжують широко застосовуватися на вантажівках, самоскидах, причепах і спеціальних транспортних засобах МТП.

2.3. Аналіз характерних пошкоджень та причин відмов ресор

Відмови ресор виникають унаслідок дії механічних, корозійних, технологічних та організаційних причин. У реальних умовах ці причини взаємопов'язані. Наприклад, корозійна раковина зменшує робочий переріз листа і водночас стає концентратором напружень. Під дією циклічного згину

в цій зоні зароджується втомна тріщина, яка поступово розвивається до остаточного зламу.

Втомна міцність є одним із головних показників працездатності ресори. Листи працюють при багаторазовому пружному деформуванні. Кількість циклів навантаження протягом строку служби може бути дуже великою, особливо на автомобілях, що виконують щоденні перевезення по дорогах із нерівним покриттям. Втомне руйнування небезпечне тим, що на ранній стадії воно майже непомітне, а остаточна поломка може відбутися раптово.

Типовими місцями зародження тріщин є отвір під центровий болт, зона біля вушка корінного листа, ділянки контакту кінців коротших листів із довшими, а також місця з подряпинами або корозійними раковинами. У цих зонах діють підвищені напруження, які створюють сприятливі умови для початку руйнування. Особливо небезпечними є різкі переходи форми, задири після механічної обробки або сліди неякісного виправлення листа.

Корозійно-механічне зношування розвивається у міжлистовому просторі. Під час роботи листи зміщуються один відносно одного, а між ними можуть перебувати пил, пісок, волога і залишки мастила. У результаті на поверхнях виникають потертості, борозни і місцеві заглиблення. Якщо захисне покриття пошкоджене, корозія поширюється швидше. Поєднання корозії, тертя та циклічних напружень значно знижує ресурс ресори.

Поломка листів найчастіше є завершальною стадією тривалого накопичення пошкоджень. Спочатку лист втрачає частину пружних властивостей або отримує локальний дефект, далі формується тріщина, після чого відбувається злам. Пошкодження одного листа змінює розподіл навантаження в пакеті. Інші листи починають працювати з перевищеними напруженнями, тому несвоєчасне усунення одного дефекту може призвести до руйнування всієї ресори.

Особливу увагу слід приділяти корінному листу. Він має вушка, через які передаються поздовжні сили, а також сприймає значну частину згинального навантаження. Руйнування корінного листа є небезпечним,

оскільки може призвести до втрати зв'язку моста з рамою. Ознаками проблем у цій зоні є тріщини біля вушка, овальність отворів, зношування втулок, стуки при рушанні або гальмуванні, а також перекіс пакета листів.

Ослаблення центрового болта і драбин є поширеною причиною вторинних відмов. Центровий болт утримує листи в правильному положенні, а драбини фіксують ресору на мості. Якщо затягування недостатнє, міст починає зміщуватися відносно ресори, виникають ударні навантаження, руйнується центровий болт, пошкоджуються посадкові поверхні та змінюється положення осі коліс. Це викликає нерівномірне зношування шин і погіршення стійкості автомобіля.

Причинами ослаблення кріплень є вібрації, зминання опорних поверхонь, неправильний момент затягування, повторне використання витягнутих драбин, забруднення різьби або відсутність контрольної протяжки після ремонту. Тому під час технічного обслуговування необхідно перевіряти не лише стан листів, а й усі елементи кріплення. Для ремонтної майстерні доцільно впровадити правило: після розбирання ресори центровий болт, пошкоджені гайки, деформовані драбини та зношені втулки не повинні повторно встановлюватися без дефектації.

Оцінити працездатність ресори лише за зовнішнім виглядом складно. Навіть без видимих тріщин пакет може мати знижену жорсткість або залишкову деформацію. Тому після ремонту доцільно проводити стендове випробування. Воно дозволяє прикласти нормоване навантаження, виміряти прогин і порівняти отримані дані з допустимими значеннями. Такий контроль підвищує якість ремонту і знижує ймовірність повторної відмови в експлуатації.



Рис. 2.4. Орієнтовна структура характерних пошкоджень ресор вантажних автомобілів.

Таблиця 2.3 – Характерні пошкодження ресор, їх причини та заходи усунення.

Пошкодження	Імовірні причини	Діагностичні ознаки	Рекомендовані дії
Тріщини листів	Втома металу, корозія, концентратори напружень	Локальні тріщини, темна лінія зламу, скрип	Бракування листа, перевірка всього пакета
Поломка корінного листа	Перевантаження, знос вушка, ударні зусилля	Перекіс моста, стуки, зміщення ресори	Заміна корінного листа, контроль кронштейнів
Просідання ресори	Залишкова деформація, перегрів, втрата пружності	Зменшення кліренсу, нерівний рівень кузова	Випробування на стенді, заміна слабких листів
Корозія і зношування	Волога, абразив, відсутність захисту	Іржа, борозни, зменшення товщини листа	Очищення, захист, бракування сильно зношених листів
Ослаблення драбин	Вібрації, неправильне затягування	Стуки, сліди зміщення моста	Протяжка з контролем моменту, заміна деформованих деталей
Руйнування центрового болта	Зміщення листів, ударні навантаження	Розхід пакета, перекіс листів	Заміна болта, перевірка отворів і хомутів

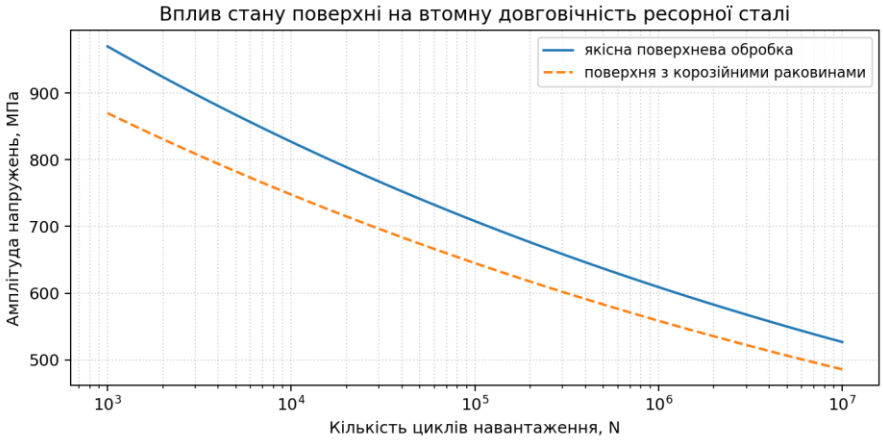


Рис. 2.5. Вплив стану поверхні на втомну довговічність ресорної сталі.

З рисунка 2.5 видно, що погіршення стану поверхні зменшує допустиму амплітуду напружень при однаковій кількості циклів навантаження. У практичному значенні це означає, що подряпини, раковини, задири та сліди корозії не можна вважати другорядними дефектами. Вони істотно прискорюють зародження тріщин, тому під час дефектації ресор необхідно уважно оглядати не лише місця зламу, а й усю робочу поверхню листів.



Рис. 2.6. Причинно-наслідкова діаграма виникнення відмов ресор.

2.4. Огляд існуючих методів підвищення надійності ресор

Підвищення надійності ресор повинно розглядатися як комплекс заходів, що охоплює вибір матеріалу, якість виготовлення, технологію ремонту, захист від корозії, правильне складання і регулярне технічне обслуговування. Окремий метод може покращити лише одну властивість, однак найбільший ефект досягається при поєднанні кількох рішень:

зміцнення поверхні, якісного мащення, захисного покриття та контролю пружної характеристики після ремонту.

Одним із базових методів є термічна обробка. Для ресорних сталей застосовують нагрівання, формування потрібної кривизни, гартування і відпуск. Гартування підвищує міцність і твердість сталі, а відпуск зменшує крихкість і формує необхідні пружні властивості. Якщо температура або час витримки підібрані неправильно, лист може стати крихким або, навпаки, недостатньо пружним. Тому в ремонтному виробництві необхідно суворо контролювати температурний режим і не допускати локального перегріву.

Хіміко-термічна обробка передбачає зміну властивостей поверхневого шару за рахунок насичення сталі вуглецем, азотом або іншими елементами. Для ресор такі процеси застосовують обмежено, оскільки надмірне підвищення твердості поверхні може зменшити опір ударним навантаженням. Проте окремі технології поверхневого насичення можуть бути корисними для підвищення зносостійкості та корозійної стійкості деталей кріплення, втулок і пальців.

Ефективним способом підвищення втомної міцності є поверхневе пластичне деформування. Найпоширенішим його різновидом є дробоструминна обробка. Під час такої обробки поверхню листа багаторазово ударяють дрібними частинками. У поверхневому шарі виникають залишкові стискальні напруження, які перешкоджають розкриттю втомних тріщин. За умови правильно підібраного режиму це підвищує довговічність ресори без значної зміни її геометрії.

До методів поверхневого пластичного деформування також належать наклепування, віброударна обробка, обкатування роликами та локальне зміцнення найбільш навантажених ділянок. Такі способи особливо доцільні для зон біля отвору під центровий болт, місць контакту кінців листів і ділянок, де раніше спостерігалося зародження тріщин. Разом з тим надмірне деформування може пошкодити поверхню, тому потрібний контроль режимів і стану листа після зміцнення.

Зменшення міжлистового тертя є ще одним важливим напрямом. У багатолистовій ресорі тертя між листами частково гасить коливання, але водночас викликає зношування. Для зменшення негативного впливу застосовують графітні мастила, пластичні мастила з протизношувальними присадками, полімерні прокладки і захисні покриття. Мастильний матеріал повинен утримуватися на поверхні, не вимиватися водою, не втрачати властивостей при перепадах температури і не накопичувати надмірну кількість пилу.

Міжлистові прокладки виготовляють з полімерних або композиційних матеріалів. Вони зменшують коефіцієнт тертя, знижують шум, захищають поверхню листів від безпосереднього металевого контакту і частково перешкоджають потраплянню абразиву. У сучасних малолистових і параболічних ресорах прокладки є важливим конструктивним елементом. У ремонтній практиці їх застосування доцільне тоді, коли конструкція ресори дозволяє встановити прокладки без порушення геометрії пакета.

Антикорозійний захист передбачає очищення листів, видалення іржі, нанесення ґрунтовки, фарби, мастики або іншого захисного складу. Важливо, щоб покриття наносилося на підготовлену поверхню, інакше під ним може розвиватися підплівкова корозія. Для техніки аграрного підприємства, яка працює у вологому середовищі та контактує з добривами, антикорозійний захист має виконуватися регулярно, особливо перед тривалим зберіганням.

Організаційні методи підвищення надійності не менш важливі, ніж технологічні. До них належать своєчасне технічне обслуговування, контроль моменту затягування драбин, перевірка втулок і пальців, очищення міжлистового простору, заміна пошкоджених болтів, а також ведення журналу дефектів. Якщо в майстерні фіксувати причини відмов і пробіг після ремонту, можна виявити типові слабкі місця і скоригувати технологію відновлення.

Завершальним етапом ремонту повинно бути випробування ресори на стенді. На стенді можна відтворити контрольоване навантаження, визначити

прогин, оцінити залишкову деформацію і порівняти характеристики правої та лівої ресори. Такий контроль особливо важливий після заміни листів, бухтування, термічного впливу або складання пакета з листів різного ступеня зношування. Відсутність випробування підвищує ризик встановлення на автомобіль деталі, яка зовні виглядає придатною, але має недостатню жорсткість або приховані дефекти.

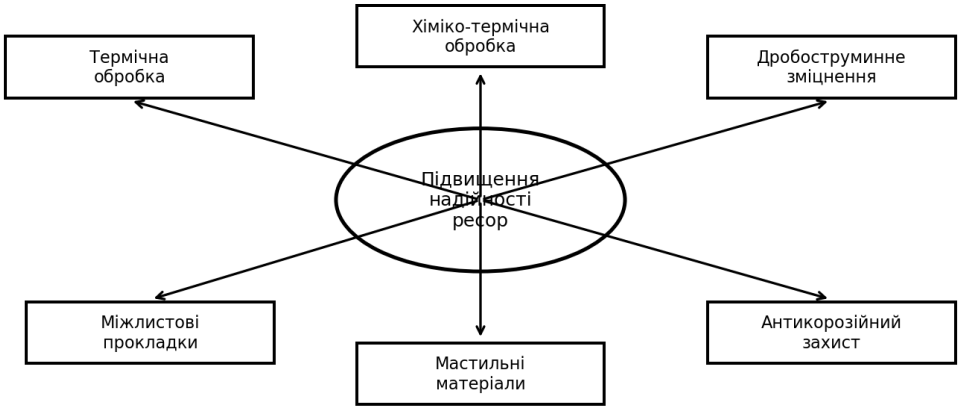


Рис. 2.7. Основні напрями підвищення надійності листових ресор.

Таблиця 2.4 – Порівняльна оцінка методів підвищення надійності ресор.

Метод підвищення надійності	Очікуваний ефект	Умови ефективного застосування
Гартування і відпуск	Формування міцності, пружності та в’язкості	Точний контроль температури, часу витримки і охолодження
Дробоструминна обробка	Підвищення втомної міцності поверхневого шару	Відсутність глибоких тріщин, правильна інтенсивність обробки
Міжлистові прокладки	Зменшення тертя, шуму і абразивного зношування	Сумісність з конструкцією ресори, стійкість матеріалу
Покращені мастила	Зниження зношування та частковий захист від корозії	Регулярне оновлення, очищення поверхонь перед нанесенням
Антикорозійні покриття	Захист від вологи, солей, добрив і бруду	Якісне очищення та знежирення листів
Контроль кріплень	Запобігання зміщенню моста і пакета листів	Дотримання моменту затягування, заміна деформованих деталей
Стендове випробування	Об’єктивна оцінка жорсткості та прогину	Наявність справного стенда, нормоване навантаження і шкала вимірювання

Проведений аналіз показує, що надійність ресор вантажних автомобілів визначається складною взаємодією конструктивних, технологічних та експлуатаційних факторів. Найбільший вплив мають перевантаження, динамічні удари, стан дорожнього покриття, корозійне середовище, абразивне зношування між листами, якість складання і своєчасність технічного обслуговування.

Для умов машинно-тракторного парку аграрного підприємства особливо актуальними є контроль листів після ремонту, перевірка кріплень, застосування якісного мащення та захист від корозії. Відремонтована ресора повинна не лише мати справний зовнішній вигляд, а й відповідати вимогам за пружною характеристикою. Тому в системі технічного сервісу доцільно застосовувати спеціалізований стенд для випробування ресор, який дозволяє підвищити якість ремонту, зменшити повторні відмови і забезпечити безпечну роботу вантажних автомобілів у періоди пікових транспортних навантажень.

РОЗДІЛ 3
КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Обґрунтування конструкції стенда для випробування ресор

Ресора автомобіля працює в умовах багаторазового циклічного навантаження: вона сприймає масу підресореної частини машини, частину ваги вантажу та динамічні удари, які виникають під час руху нерівними дорогами. Через перевантаження транспортного засобу, корозію, втому металу, недостатнє мащення між листами та поганий стан дорожнього покриття найчастіше виникають тріщини листів, просідання пакета, руйнування вушок і послаблення кріпильних елементів. Тому у виробничих умовах МТП доцільно не лише виконувати заміну пошкоджених деталей, а й організовувати контроль після ремонту, щоб підтвердити придатність ресори до подальшої експлуатації.

Після розбирання, очищення, правлення, термічної або механічної обробки листів зібрана ресора повинна пройти контрольне навантаження. Таке випробування дає можливість визначити фактичну стрілу прогину, оцінити пружні властивості пакета листів, перевірити правильність складання та своєчасно виявити залишкову деформацію. Для виконання цієї операції в ремонтній майстерні запропоновано застосувати спеціальний стенд гідравлічного типу.

Стенд складається зі зварної рами, двох опорних візків із змінними перехідними деталями, силового гідроциліндра, хомута з траверсою для прикладання навантаження, гідробака, шестеренного насоса, розподільного крана, електродвигуна, манометра, трубопроводів і шкали для вимірювання прогину. Конструкція передбачає можливість встановлення ресор різних типорозмірів, а навантаження створюється плавно, що зменшує ризик пошкодження відремонтованого вузла під час перевірки.

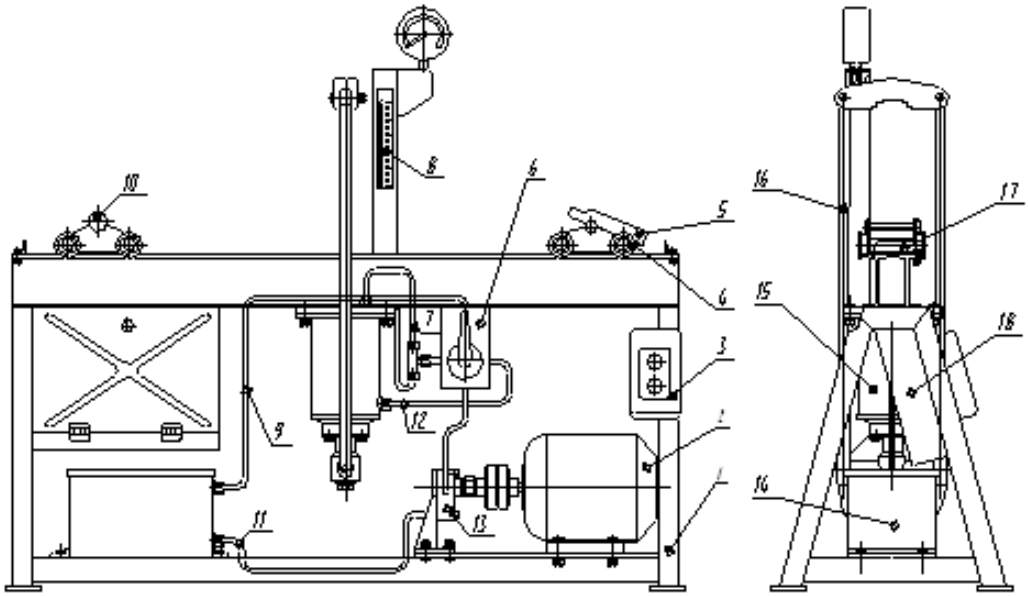


Рис. 3.1. Загальний вигляд стенда для випробування автомобільних ресор.

Принцип роботи стенда полягає у тому, що ресору встановлюють на опорні візки, фіксують її вушка та накладають на пакет листів силовий хомут. Після ввімкнення електродвигуна насос подає робочу рідину з бака до гідроциліндра. Шток циліндра через тягу та траверсу передає зусилля на ресору, а оператор контролює навантаження за манометром і величину прогину за лінійною шкалою. Після завершення вимірювання розподільний кран переводять у положення розвантаження, і ресора звільняється від прикладеного зусилля.

3.1.1. Розрахунок робочого зусилля стенда

Розрахунок починаємо з визначення сили, яку повинен створювати гідроциліндр. За основу приймаємо навантаження, що припадає на задній міст автомобіля, оскільки для вантажних автомобілів воно зазвичай є більшим, ніж навантаження на передній міст. Допустиме навантаження від повної маси автомобіля на дорогу через шини приймаємо Fд = 100000 Н.

$$F = F_д / 2 \qquad (3.1)$$

де Fд – допустиме навантаження автомобіля на дорогу від повної маси через шини, Н.

$$F = 100000 / 2 = 50000 \text{ Н} = 50 \text{ кН}$$

Отже, для перевірки однієї ресори стенд повинен забезпечувати прикладання зусилля не менше 50 кН. Це значення приймаємо як вихідне для подальшого розрахунку гідравлічної та силової частин стенда.

3.1.2. Вибір основних параметрів гідроциліндра

Діаметр поршня гідроциліндра визначаємо з урахуванням робочого тиску рідини та коефіцієнта запасу. Для ремонтної майстерні доцільно застосувати стандартну гідросистему з тиском P = 3,0 МПа. Коефіцієнт запасу приймаємо $K_з$ = 1,2, що враховує втрати у гідроприводі та можливі короткочасні перевантаження.

$$D = \sqrt{((4 \cdot F \cdot Kз) / (\pi \cdot P))} \quad (3.2)$$

де $K_з$ – коефіцієнт запасу; P – тиск робочої рідини, Па.

$$D = \sqrt{((4 \cdot 50000 \cdot 1,2) / (3,14 \cdot 3 \cdot 10^6))} = 0,16 \text{ м}$$

За результатом розрахунку приймаємо гідроциліндр з діаметром поршня 160 мм. Такий розмір забезпечує створення потрібного навантаження при прийнятому тиску та не потребує застосування надмірно потужного насоса.

Діаметр штока визначаємо з умови міцності при стиску. Для розрахунку приймаємо допустиме напруження σст = 120 МПа.

$$d_{шт} = \sqrt{((4 \cdot F \cdot K_з) / (\pi \cdot \sigma_{ст}))} \quad (3.3)$$

$$d_{шт} = \sqrt{((4 \cdot 50000 \cdot 1,2) / (3,14 \cdot 120 \cdot 10^6))} = 0,025 \text{ м}$$

Отже, мінімальний розрахунковий діаметр штока становить 25 мм. Під час остаточного добору гідроциліндра доцільно приймати стандартний типорозмір з найближчим більшим діаметром штока.

Траверса хомута сприймає розтягувальне зусилля, тому її діаметр визначаємо за допустимим напруженням розтягу $\sigma_{роз}$ = 120 МПа. Кількість траверс приймаємо $z_{тр}$ = 2.

$$d_{тр} = \sqrt{((4 \cdot F \cdot Kз) / (z_{тр} \cdot \pi \cdot \sigma_{роз}))} \quad (3.4)$$

$$d_{тр} = \sqrt{((4 \cdot 50000 \cdot 1{,}2) / (2 \cdot 3{,}14 \cdot 120 \cdot 10^6))} = 0{,}018 \text{ м}$$

Розрахунок показує, що діаметр траверси має бути не менше 18 мм. З метою підвищення жорсткості та довговічності хомута допускається застосування стандартного прокату більшого перерізу.

3.1.3. Розрахунок продуктивності насоса та потужності приводу

Подача насоса повинна забезпечувати переміщення штока гідроциліндра на задану величину без надмірного збільшення часу випробування. Для прийнятого стенда хід штока становить h = 25 мм, а час переходу штока з верхнього положення у нижнє приймаємо t = 20 с.

$$Q_н = (6 \cdot 10^4 \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h) / (4 \cdot t) \quad (3.5)$$

$$Q_н = (6 \cdot 10^4 \cdot 3{,}14 \cdot 0{,}16^2 \cdot 0{,}25) / (4 \cdot 20) = 15{,}07 \text{ л/хв}$$

Для гідросистеми приймаємо шестеренний насос з подачею не менше 15 л/хв. Така продуктивність дозволяє виконувати навантаження плавно і водночас не затримує технологічний цикл випробування.

Потужність електродвигуна визначаємо за роботою, яку необхідно виконати для переміщення штока під навантаженням. Механічний коефіцієнт корисної дії приводу приймаємо ηм = 0,8.

$$N_{дв} = (F \cdot h) / (t \cdot \eta_м) \quad (3.6)$$

$$N_{дв} = (50000 \cdot 0{,}25) / (20 \cdot 0{,}8) = 781{,}3 \text{ Вт} \approx 0{,}8 \text{ кВт}$$

За розрахунковою потужністю приймаємо електродвигун АИРС71В4 потужністю 0,8 кВт з частотою обертання n = 1365 об/хв. Його параметри достатні для приводу насоса при заданому режимі роботи стенда.

Крутний момент на валу електродвигуна визначаємо за формулою:

$$M_{дв} = (30 \cdot 10^3 \cdot N_{дв}) / (\pi \cdot n) \quad (3.7)$$

$$M_{дв} = (30 \cdot 10^3 \cdot 0{,}8) / (3{,}14 \cdot 1365) = 5{,}6 \text{ Н·м}$$

Отриманий момент враховується під час добору муфти та інших елементів передачі від електродвигуна до насоса.

3.1.4. Перевірка рами та елементів кріплення

Рама стенда є базовим несучим елементом, тому її переріз підбираємо з умови міцності при згині. Навантаження від гідроциліндра передається на

поздовжні елементи рами, а найбільш небезпечним є переріз у зоні прикладання сили. Для спрощеного розрахунку приймаємо довжину робочої частини установки l = 2 м, допустиме напруження при згині σ_доп = 210 МПа.

$$\sigma_{доп} = M / W_x, \text{ звідки } W_x = M / \sigma_{доп} \quad (3.8)$$

$$W_x = (l \cdot F) / (2 \cdot \sigma_{доп}) \quad (3.9)$$

$$W_x = (2 \cdot 50000) / (2 \cdot 210 \cdot 10^6) = 238 \text{ см}^3$$

За довідковими даними для рами приймаємо два двотаври №16. Застосування двох поздовжніх балок забезпечує необхідну жорсткість, зменшує прогин робочої частини та дає можливість надійно закріпити опорні візки й гідравлічний вузол.

Болти кріплення хомута розраховуємо за умовою зрізу. Кількість болтів приймаємо z = 2, кількість площин зрізу i = 2, допустиме напруження при зрізі $\sigma_{зр}$ = 80 МПа.

$$d_1 = \sqrt{(4 \cdot F / (\pi \cdot \sigma_{зр} \cdot z \cdot i))} \quad (3.10)$$

$$d_1 = \sqrt{(4 \cdot 50000 / (3{,}14 \cdot 80 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 2))} = 0{,}014 \text{ м} = 14 \text{ мм}$$

За результатами розрахунку приймаємо болти з різьбою М14×1,5. Такий типорозмір відповідає розрахунковому діаметру та є зручним для ремонтної майстерні з погляду уніфікації кріпильних деталей.

Стержень, який з’єднує шток гідроциліндра з хомутом, розраховуємо з урахуванням довжини $l_{ст}$ = 0,29 м і допустимого напруження для матеріалу стержня. Для прийнятої схеми навантаження розрахунковий діаметр визначається так:

$$d = \sqrt[3]{((F \cdot l_{ст} \cdot 32) / (4 \cdot \pi \cdot \sigma))} \quad (3.11)$$

$$d = \sqrt[3]{((50000 \cdot 0{,}290 \cdot 32) / (4 \cdot 3{,}14 \cdot 10^6))} = 0{,}056 \text{ м}$$

Отже, для з’єднувального стержня приймаємо діаметр 56 мм. У конструкції необхідно передбачити плавні переходи перерізів і відсутність різких концентраторів напружень у місцях кріплення.

Таблиця 3.1 – Основні розрахункові параметри стенда

№	Параметр	Позначення	Прийняте значення
1	Робоче зусилля на ресору	F	50 кН
2	Робочий тиск у гідросистемі	P	3,0 МПа
3	Діаметр поршня гідроциліндра	D	160 мм
4	Діаметр штока	$d_{шт}$	25 мм
5	Діаметр траверси хомута	$d_{тр}$	18 мм
6	Подача гідронасоса	$Q_н$	15,07 л/хв
7	Потужність електродвигуна	$N_{дв}$	0,8 кВт
8	Частота обертання двигуна	n	1365 об/хв
9	Крутний момент двигуна	$M_{дв}$	5,6 Н·м
10	Профіль поздовжніх елементів рами	-	2 двотаври №16
11	Кріпильні болти хомута	-	М14×1,5
12	Діаметр з’єднувального стержня	d	56 мм

Наведені параметри забезпечують працездатність стенда під час контрольного навантаження ресор після ремонту. Конструкція є відносно простою, придатною для виготовлення в умовах ремонтної майстерні та не потребує застосування складного вимірювального обладнання.

3.2. Технологічний процес ремонту та випробування ресор

Ресори, що надходять у ремонтне відділення, спочатку очищають від бруду, залишків мастила та корозійних нашарувань. Після зовнішнього огляду вузол встановлюють на стелаж або на спеціальне місце для розбирання. Для безпечного демонтажу пакет листів стискають гідроциліндром, після чого знімають стрем’янки, хомути, центральний болт та інші елементи кріплення. Лише після зняття напруження листи дозволяється роз’єднувати.

Під час дефектації перевіряють товщину листів, наявність тріщин, обломів, залишкової деформації, зношення отворів і стан заклепкових з’єднань. Листи з недопустимими тріщинами або значним зносом вибраковують. Деталі, які мають незначні пошкодження, можуть бути використані повторно після правлення, очищення і відновлення геометричної форми. За потреби виконують заміну втулок, підтягування або заміну заклепок, встановлення нових хомутів і відновлення кривизни листів.

Перед складанням робочі поверхні листів змащують графітним мастилом. Це зменшує тертя між листами, захищає їх від корозії та підвищує плавність роботи ресори під навантаженням. Далі листи встановлюють у потрібній послідовності, стискають до щільного прилягання, монтують центральний болт і фіксують хомути. Зібрану ресору направляють на стенд для контрольного випробування.

Метою випробування є визначення прогину від власної ваги та прогину під заданим навантаженням. Якщо після зняття навантаження ресора не відновлює форму або її прогин не відповідає технічним вимогам, вузол повертають на повторну дефектацію чи регулювання. Результати контролю доцільно заносити у журнал випробувань, де зазначають тип ресори, прикладене зусилля, величину прогину та висновок про придатність.

Таблиця 3.2 – Контрольні ознаки під час дефектації та випробування ресор.

Контрольний параметр	Спосіб перевірки	Можливе рішення
Стан листів	Візуальний огляд, перевірка на тріщини та обломи	Заміна або використання придатних листів меншої довжини
Знос за товщиною	Вимірювання штангенциркулем у контрольних точках	Вибракування при недопустимому зменшенні перерізу
Кривизна листів	Порівняння з шаблоном або контроль на стенді	Бухтування або правлення
Стан втулок і вушок	Огляд, перевірка люфтів та овальності отворів	Перепресування втулок або ремонт вушка
Прогин ресори	Вимірювання за шкалою стенда під заданим навантаженням	Придатна, якщо прогин відповідає нормі та відсутня залишкова деформація

3.3. Технологічна карта випробування ресори на стенді

Для забезпечення однакової якості контролю операції випробування необхідно виконувати в установленій послідовності. Нижче наведено технологічну карту роботи зі стендом. Вона може бути використана як інструкція для слюсаря-ремонтника або оператора дільниці технічного сервісу МТП.

Таблиця 3.3 – Послідовність виконання операцій під час випробування ресори

Етап	№	Зміст операції	Контроль і примітки
Підготовча	1	Оглянути стенд, перевірити справність рами, гідроциліндра, манометра, трубопроводів і пускової апаратури.	Підтікання рідини та пошкодження не допускаються.
Підготовча	2	Перевірити рівень робочої рідини у баку та переконатися, що розподільний кран перебуває у нейтральному положенні.	Рівень має відповідати встановленій мітці.
Підготовча	3	Встановити ресору на опорні візки, сумістити її з віссю стенда та зафіксувати вушка пальцями зі стопорними шайбами.	Ресора не повинна мати перекосу.
Підготовча	4	Накласти силовий хомут, установити тягу, вставити болт у отвір хомута, поставити шайбу та затягнути гайку.	Кріплення затягують без перекосу та надмірного зусилля.
Робоча	5	Увімкнути стенд магнітним пускачем і за шкалою визначити прогин ресори від власної ваги.	Показник занести до журналу контролю.
Робоча	6	Перевести важіль розподільного крана у положення навантаження та плавно створити задане зусилля.	Орієнтовне контрольне зусилля для операції – 20 кН або інше значення за картою випробування.
Робоча	7	Після досягнення потрібного тиску перевести важіль у нейтральне положення та виміряти прогин під навантаженням.	Зчитування виконувати після стабілізації показань шкали.
Робоча	8	Порівняти отриманий прогин з технічними вимогами та зробити висновок про придатність ресори.	За невідповідності ресору повертають на повторний ремонт.
Заключна	9	Перевести важіль у положення розвантаження, зняти навантаження з ресори та вимкнути стенд.	Розвантаження виконувати плавно.
Заключна	10	Відкрутити гайку, зняти шайбу, витягнути болт, тягу та хомут.	Деталі скласти у відведене місце.
Заключна	11	Зняти стопорні шайби, витягнути пальці та прибрати ресору з опорних візків.	Не допускати падіння ресори з візків.
Заключна	12	Очистити робоче місце, перевірити стан оснастки, оформити результат випробування.	Записати силу навантаження, прогин і висновок.

Висновки до конструктивного розділу

У конструктивному розділі обґрунтовано застосування гідравлічного стенда для випробування ресор у ремонтній майстерні машинно-тракторного парку. Запропонована конструкція дозволяє виконувати контроль після ремонту, визначати прогин ресори під навантаженням і підвищувати якість відновлення автомобільних вузлів.

Розрахунками встановлено, що стенд повинен створювати зусилля 50 кН, мати гідроциліндр діаметром 160 мм, насос подачею близько 15 л/хв та електродвигун потужністю 0,8 кВт. Для рами прийнято два двотаври №16, а для кріплення хомута – болти М14×1,5. Наведена технологічна карта визначає порядок підготовки, навантаження, вимірювання прогину та зняття ресори зі стенда. Реалізація такого пристрою дає змогу скоротити час контролю, зменшити кількість помилок під час складання ресор і підвищити надійність роботи відремонтованого рухомого складу МТП.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі на тему «Організація технічного сервісу МТП з розробкою стенду для випробування ресор» розглянуто питання підвищення ефективності ремонтно-обслуговувальних робіт у машинно-тракторному парку аграрного підприємства. Актуальність теми зумовлена тим, що вантажні автомобілі є важливою складовою МТП, а їхня надійність значною мірою залежить від технічного стану підвіски, зокрема листових ресор, які працюють в умовах змінних, ударних і корозійно-механічних навантажень.

У першому розділі виконано розрахунок параметрів машинно-ремонтної майстерні для аграрного підприємства площею 3600 га. Підібрано сучасний склад машинно-тракторного парку, визначено річну трудомісткість технічного обслуговування і ремонту, а також складено графік завантаження майстерні. Встановлено, що найбільше навантаження на ремонтну базу припадає на періоди підготовки до весняно-польових робіт, збирання врожаю та після завершення основних сезонних операцій.

Для підвищення ефективності роботи майстерні запропоновано впровадження елементів автоматизації та роботизації ремонтних процесів, зокрема електронного обліку технічного стану машин, цифрового планування ремонтів, комп’ютерної діагностики та автоматизованого контролю витрат запасних частин. Окремо розглянуто можливість застосування 3D-друку для самостійного виготовлення окремих малогабаритних деталей, що дозволяє скоротити час ремонту та зменшити залежність від постачальників.

У другому розділі проведено аналіз надійності ресор вантажних автомобілів. Встановлено, що основними причинами зниження їх ресурсу є перевантаження автомобілів, рух нерівними польовими дорогами, циклічні згинальні навантаження, дія вологи, бруду, абразивних частинок і недостатній рівень технічного обслуговування. Проаналізовано

конструктивні особливості листових ресор, їх класифікацію, характерні пошкодження та причини відмов.

Визначено, що найбільш поширеними несправностями ресор є втомні тріщини, поломки листів, просідання ресорного пакета, корозійно-механічне зношування, знос втулок і пальців, ослаблення центрових болтів та драбин. Оскільки звичайний візуальний огляд не завжди дає змогу об’єктивно оцінити працездатність ресори після ремонту, обґрунтовано необхідність її контрольного випробування під навантаженням.

У конструктивному розділі запропоновано стенд для випробування ресор вантажних автомобілів. Його застосування дає можливість створювати контрольоване навантаження на ресорний пакет, визначати стрілу прогину, перевіряти пружні властивості ресори та оцінювати якість виконаного ремонту перед установленням вузла на автомобіль.

Отже, у роботі обґрунтовано доцільність удосконалення технічного сервісу МТП шляхом раціональної організації роботи машинно-ремонтної майстерні, впровадження сучасних засобів автоматизації та використання спеціального стенду для випробування ресор. Запропоновані рішення сприятимуть підвищенню якості ремонту, зменшенню простоїв техніки, скороченню кількості повторних відмов і підвищенню надійності вантажних автомобілів аграрного підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Болтянська Н. І. Надійність технологічних систем : навчальний посібник. Мелітополь : ТДАТУ, 2018. 165 с.

2. Бойко А. І. Основи надійності та довговічності машин : навчальний посібник. Київ : НУБіП України, 2017. 276 с.

3. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.

4. Гевко Б. М., Павх І. І., Пилипченко А. М. Ремонт машин та обладнання : навчальний посібник. Тернопіль : ТДТУ, 2005. 312 с.

5. 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.

6. Гнатюк О. М., Бойко А. І. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі : навчальний посібник. Київ : Аграрна освіта, 2013. 284 с.

7. Головчук А. Ф., Марченко В. І., Орлов В. Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки : підручник. Київ : Грамота, 2005. 576 с.

8. Борак К. В., Вазінський М. Ю., Дубінін Д. Ю. Особливості технічного обслуговування сучасних дизельних двигунів. Напрями розвитку технологічних систем і логістики в АПВ: матеріали VI Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 22 травня 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 35-39.

9. Борак К. В. Impact of soil moisture on wear intensity of the actuating elements of soil processing machines. Проблеми трибології. 2020. № 2. С 34–41.

10. ДСТУ 7237:2011. Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту. Київ : Держспоживстандарт України, 2011. 10 с.

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

12. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проєктування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 86 с.

13. ДСТУ ISO 9001:2015. Системи управління якістю. Вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 30 с.

14. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигринець А. Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів : підручник. Київ : Вища школа, 1994. 342 с.

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

16. Надикто В. Т. Основи наукових досліджень і технічної творчості : навчальний посібник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. 268 с.

17. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту : наказ Міністерства транспорту України від 30.03.1998 № 102. Київ, 1998.

18. Руденко В. П., Шостак А. В. Ремонт автомобілів : навчальний посібник. Київ : Либідь, 2007. 304 с.

19. Тарасенко Б. Ф., Сидоренко В. М. Технічна експлуатація автомобілів : навчальний посібник. Київ : Арістей, 2008. 432 с.

20. 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.

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

22. Dixon J. C. The Shock Absorber Handbook. 2nd ed. Chichester : John Wiley & Sons, 2007. 432 p.

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

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

25. ISO 18137:2015. Leaf springs. Technical specifications. Geneva : International Organization for Standardization, 2015.

26. ISO 683-14:2004. Heat-treatable steels, alloy steels and free-cutting steels. Part 14: Hot-rolled steels for quenched and tempered springs. Geneva : International Organization for Standardization, 2004.

27. SAE International. Spring Design Manual. Warrendale : SAE International, 1996.

28. SAE J510. Automotive Leaf Springs. Warrendale : SAE International.

29. SAE J788. Manual on Design and Application of Leaf Springs. Warrendale : SAE International.

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

31. Smith W. F., Hashemi J. Foundations of Materials Science and Engineering. 5th ed. New York : McGraw-Hill, 2010. 1070 p.

32. Stone R., Ball J. K. Automotive Engineering Fundamentals. Warrendale : SAE International, 2004. 612 p.